

ПІДТВЕРДЖУВАЛЬНЕ ПОВІДОМЛЕННЯ

**Державне підприємство
«Український науково-дослідний і навчальний центр
проблем стандартизації, сертифікації та якості»
(ДП «УкрНДНЦ»)**

Наказ від 22.08.2016 № 244

EN 60099-4:2014

**Розрядники перенапруг. Частина 4. Металооксидні розрядники перенапруг без
зазорів для змінного струму системи**

прийнято як національний стандарт
методом «підтвердження» за позначенням

**ДСТУ EN 60099-4:2016 (UA)
(EN 60099-4:2014, IDT)**

Переклад на українську мову

**Розрядники. Частина 4. Металооксидні розрядники
без іскрових проміжків для захисту від перенапруг систем змінного струму**

З наданням чинності від 2016-09-01

Відповідає офіційному тексту

З питань придбання офіційного видання звертайтеся
до національного органу стандартизації
(ДП «УкрНДНЦ» <http://uas.org.ua>)

Українська версія з English Version

Обмежувачі перенапруг. Частина 4: Металооксидні розрядники перенапруг без
зазори для а.с. системи
(IEC 60099-4:2014)

Parafoudres - Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique
sans éclateur pour réseaux à courant alternatif
(CEI 60099-4:2014)

Überspannungsableiter - Teil 4: Metalloxidableiter ohne
Funkenstrecken für Wechselspannungsnetze
(IEC 60099-4:2014)

Цей європейський стандарт був затверджений CENELEC 04.08.2014. Члени CENELEC зобов'язані дотримуватися внутрішніх правил CEN/CENELEC, які визначають умови надання цьому європейському стандарту статусу національного без будь-яких змін.

Актуальні списки та бібліографічні посилання щодо таких національних стандартів можна отримати, звернувшись до Центру управління CEN-CENELEC або до будь-якого члена CENELEC.

Цей європейський стандарт існує в трьох офіційних версіях (англійською, французькою, німецькою). Версія будь-якою іншою мовою, зроблена шляхом перекладу під відповідальність члена CENELEC на його рідну мову та повідомлена Центру управління CEN-CENELEC, має той самий статус, що й офіційні версії.

Членами CENELEC є національні електротехнічні комітети Австрії, Бельгії, Болгарії, Хорватії, Кіпру, Чехії, Данії, Естонії, Фінляндії, Колишньої Югославської Республіки Македонії, Франції, Німеччини, Греції, Угорщини, Ісландії, Ірландії, Італії, Латвії, Литва, Люксембург, Мальта, Нідерланди, Норвегія, Польща, Португалія, Румунія, Словаччина, Словенія, Іспанія, Швеція, Швейцарія, Туреччина та Великобританія.

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

© 2014 CENELEC Усі права на використання в будь-якій формі та будь-яким способом у всьому світі зберігаються за членами CENELEC

Ref. No. EN 60099-4:2014 E

Передмова

Текст документа 37/416/FDIS, майбутня редакція 3 стандарту IEC 60099-4, підготовлений IEC/TC 37 "Розрядники перенапруги", був представлений на паралельне голосування IEC-CENELEC і затверджений CENELEC як EN 60099-4:2014.

Зафіксовано такі дати:

- остання дата, до якої документ має бути імплементований на національному рівні шляхом публікації ідентичного національного стандарту або шляхом схвалення (доп) 2015-05-04
- остання дата, до якої національні стандарти, що суперечать документу, повинні бути відкликані Цей документ замінює собою EN 60099-4:2004.

Звертається увага на те, що деякі елементи цього документа можуть бути об'єктом патентних прав. CENELEC [і/або CEN] не несе відповідальності за ідентифікацію будь-яких або всіх таких патентних прав.

Повідомлення про підтвердження

Текст міжнародного стандарту IEC 60099-4:2014 був затверджений CENELEC як європейський стандарт без будь-яких змін.

В офіційній версії для бібліографії слід додати такі примітки для зазначених стандартів:

IEC 60068-2-17 ПРИМІТКА Гармонізовано як EN 60068-2-17.

IEC 60099-1 ПРИМІТКА Гармонізовано як EN 60099-1.

IEC 60099-5:2013 ПРИМІТКА Гармонізовано як EN 60099-5:2013 (без змін).

IEC 60721-3-2 ПРИМІТКА Гармонізовано як EN 60721-3-2.

IEC 62271-202:2006 ПРИМІТКА Гармонізовано як EN 62271-202:2007 (без змін).

ISO 3274 ПРИМІТКА Гармонізовано як EN ISO 3274. EN 60099-4:2014

Додаток ZA

(нормативний)

Нормативні посилання на міжнародні видання з їхніми відповідними європейськими публікаціями

Наступні документи, повністю або частково, є нормативними посиланнями в цьому документі та є необхідними для його застосування. Для датованих посилань застосовується лише цитоване видання. Для недатованих посилань застосовується останнє видання посилання на документ (включаючи будь-які поправки).

ПРИМІТКА 1. Якщо міжнародну публікацію було змінено загальними модифікаціями, позначеними (mod), застосовується відповідний EN/HD.

ПРИМІТКА 2. Актуальна інформація щодо останніх версій європейських стандартів, наведених у цьому додатку, доступна тут: www.cenelec.eu.

Публікація	Рік	Назва	EN/HD	Рік
IEC 60060-1		Методи високовольтних випробувань. Частина 1. Загальні визначення та вимоги до випробувань	EN 60060-1	
IEC 60060-2	-	Методи високовольтних випробувань. Частина 2. Вимірювальні системи	EN 60060-2	-
IEC 60068-2-11	1981	Екологічні випробування - Частина 2: Тести - Тест Ка: Соляний туман	EN 60068-2-11	1999
IEC 60068-2-14	-	Екологічні випробування - Частина 2-14: Тести - Тест N: Зміна температура	EN 60068-2-14	-
IEC 60071-1	-	Узгодження ізоляції - Частина 1: Визначення, принципи та правила	EN 60071-1	-
IEC 60071-2	1996	Координація ізоляції - Частина 2: Посібник із застосування	EN 60071-2	1997
IEC 60270	-	Методи високовольтних випробувань. Вимірювання часткових розрядів	EN 60270	-
IEC 60507	2013	Випробування на штучне забруднення високовольтних керамічних і скляних ізоляторів для використання в мережах змінного струму. системи	EN 60507	2014
IEC 62217		Полімерні високовольтні ізолятори для внутрішнього та зовнішнього використання. Загальні визначення, методи випробувань та критерії прийнятності	EN 62217	
IEC 62271-1	2007	Апаратура розподільна та керуюча високої напруги. Частина 1. Загальні специфікації	EN 62271-1	2008
IEC 62271-200	2011	Апаратура розподільна та керування високою напругою. Частина 200. Апаратура розподільча та керування змінного струму в металевому корпусі для номінальної напруги вище 1 кВ і до 52 кВ включно	EN 62271-200	2012
IEC 62271-203	2011	Апаратура розподільна та керування високою напругою. Частина 203. Розподільні пристрої в металевому корпусі з елегазовою ізоляцією для номінальної напруги понад 52 кВ	EN 62271-203	2012

Публікація	Рік	Назва	EN/HD	Рік
IEC/TS 60815-1	2008	Вибір і визначення розмірів ізоляторів високої напруги, призначених для використання в забруднених умовах. Частина 1. Визначення, інформація та загальні принципи	-	-
IEC/TS 60815-2	2008	Вибір і визначення розмірів ізоляторів високої напруги, призначених для використання в умовах забруднення. Частина 2. Керамічні та скляні ізолятори для змінного струму.	-	-
ISO 4287	-	Екологічні випробування - Частина 2: Тести - Тест Ка: Соляний туман	EN ISO 4287	-
ISO 4892-1	-	Пластмаси. Методи впливу лабораторних джерел світла. Частина 1. Загальні вказівки	EN ISO 4892-1	-
ISO 4892-2	-	Пластмаси. Методи впливу лабораторних джерел світла. Частина 2. Ксенонові дугові лампи	EN ISO 4892-2	-
ISO 4892-3	-	Пластмаси. Методи впливу лабораторних джерел світла. Частина 3. Флуоресцентні ультрафіолетові лампи	EN 60071-2	-
CISPR/TR 18-2	-	Характеристики радіоперешкод повітряних ліній електропередачі та високовольтного обладнання - Частина 2: Методи вимірювання та процедура визначення меж	-	-

Зміст

1 Сфера застосування	15
2 Нормативні посилання	15
3 Терміни та визначення	16
4 Ідентифікація та класифікація	26
4.1 Ідентифікація розрядника	26
4.2 Класифікація розрядників	26
5 Стандартні рейтинги та умови обслуговування	27
5.1 Стандартна номінальна напруга	27
5.2 Стандартні номінальні частоти	27
5.3 Стандартні номінальні струми розряду	27
5.4 Умови обслуговування	27
Нормальні умови експлуатації	27
5.4.1 Нормальні умови експлуатації	27
5.4.2 Ненормальні умови експлуатації	27
6 Вимоги	28
6.1 Стійкість ізоляції	28
6.2 Еталонна напруга	28
6.3 Залишкова напруга	28
6.4 Внутрішні часткові розряди	29
6.5 Швидкість витоку ущільнювача	29
6.6 Розподіл струму в багатоколонковому розряднику	29
6.7 Термічна стабільність	29
6.8 Довготривала стабільність під постійною робочою напругою	29
6.9 Поведінка розсіювання тепла досліджуваного зразка	29
6.10 Стійкість до повторного перенесення заряду	29
6.11 Робочий режим	29
6.12 Залежність напруги промислової частоти від часу розрядника	29
6.13 Ефективність при короткому замиканні	30
6.14 Роз'єднувач	30
6.14.1 Роз'єднувач стійкий	30
6.14.2 Робота роз'єднувача	30
6.15 Вимоги до внутрішніх компонентів оцінювання	30
6.16 Механічні навантаження	31
6.16.1 Загальні положення	31
6.16.2 Згинальний момент	31
6.16.3 Стійкість до впливів навколишнього середовища	31
6.16.4 Ізоляційна основа та монтажний кронштейн	31
6.16.5 Середнє значення розривного навантаження (MBL)	31
6.16.6 Електромагнітна сумісність	31
6.17 Кінець терміну служби	31
6.18 Можливість грозового імпульсного розряду	31
7 Загальна процедура тестування	32
7.1 Вимірювальне обладнання та точність	32
7.2 Вимірювання еталонної напруги	32

7.3 Дослідні зразки	32
7.3.1 Загальні положення	32
7.3.2 Вимоги до розділу розрядника.....	33
8. Типові випробування (проектні випробування).....	34
8.1 Загальні положення.....	34
8.2 Випробування ізоляції.....	35
8.2.1 Загальні положення.....	35
8.2.2 Випробування корпусів окремих блоків.....	36
8.2.3 Випробування повних вузлів розрядника.....	36
8.2.4 Умови навколишнього повітря під час випробувань.....	36
8.2.5 Процедура вологого випробування	36
8.2.6 Випробування імпульсної напруги блискавки.....	37
8.2.7 Випробування імпульсної напруги перемикачів.....	37
8.2.8 Випробування напругою промислової частоти... ..	37
8.3 Випробування залишкової напруги.....	38
8.3.1 Загальні положення.....	38
8.3.2 Випробування залишкової напруги різкого імпульсу струму.	38
8.3.3 Випробування залишкової напруги грозового імпульсу... ..	39
8.3.4 Випробування залишкової напруги комутаційного імпульсу.....	39
8.4 Випробування для перевірки довгострокової стабільності під постійною робочою напругою	39
8.4.1 Загальні положення.....	39
8.4.2 Елементи МО резистора під напругою нижче U_{ref}	40
8.4.3 Процедура випробування елементів МО-резистора під напругою U_{ref} або вище.	41
8.5 Випробування для перевірки рейтингу повторюваного перенесення заряду, Q_{rs}	44
8.5.1 Загальні положення.....	44
8.5.2 Процедура тестування.....	45
8.5.3 Оцінка тесту.....	46
8.5.4 Номінальні значення рейтингу повторюваного перенесення заряду, Q_{rs}	46
8.6 Поведінка розсіювання тепла досліджуваного зразка.. ..	47
8.6.1 Загальні положення.....	47
8.6.2 Вимоги до розділу розрядника.....	47
8.6.3 Процедура перевірки теплової еквівалентності між повним розрядником і секцією розрядника.....	47
8.7 Експлуатаційне випробування.....	47
8.7.1 Загальні положення.....	47
8.7.2 Процедура тестування.....	48
8.7.3 Номінальна теплова енергія та значення заряду, W_{th} і Q_{th}	51
8.8 Випробування залежності напруги промислової частоти від часу.....	52
8.8.1 Загальні положення.....	52
8.8.2 Дослідні зразки.....	53
8.8.3 Початкові вимірювання.....	54
8.8.4 Процедура тестування.....	54
8.8.5 Оцінка тесту.....	55
8.9 Випробування роз'єднувача розрядника	55
8.9.1 Загальні положення.....	55
8.9.2 Випробування на робочу стійкість	55
8.9.3 Робота роз'єднувача.....	56
8.9.4 Механічні випробування.....	57
8.9.5 Температурні цикли та випробування насосом ущільнення.....	58

8.10 Випробування на коротке замикання.....	58
8.10.1 Загальні положення.....	58
8.10.2 Підготовка досліджуваних зразків.....	59
8.10.3 Монтаж досліджуваного зразка.....	63
8.10.4 Випробування короткого замикання сильним струмом.....	64
8.10.5 Випробування на коротке замикання слабким струмом.....	67
8.10.6 Оцінка результатів тестування.....	67
8.11 Перевірка згинального моменту.....	67
8.11.1 Загальні положення.....	67
8.11.2 Огляд.....	67
8.11.3 Підготовка зразка.....	68
8.11.4 Процедура тестування.....	68
8.11.5 Оцінка тесту.....	68
8.11.6 Випробування ізоляційної основи та монтажного кронштейна.....	69
8.12 Екологічні випробування.....	69
8.12.1 Загальні положення.....	69
8.12.2 Підготовка зразка.....	69
8.12.3 Процедура тестування.....	69
8.12.4 Оцінка тесту.....	70
8.13 Перевірка швидкості витoku ущільнення.....	70
8.13.1 Загальне.....	70
8.13.2 Підготовка зразка.....	70
8.13.3 Процедура тестування.....	70
8.13.4 Оцінка тесту.....	70
8.14 Перевірка напруги радіоперешкод (RIV).....	70
8.15 Випробування для перевірки діелектричної стійкості внутрішніх компонентів.....	72
8.15.1 Загальні положення.....	72
8.15.2 Процедура тестування.....	72
8.15.3 Оцінка тесту.....	72
8.16 Перевірка компонентів внутрішньої оцінки.....	72
8.16.1 Випробування для перевірки довготривалої стабільності під постійною робочою напругою.....	72
8.16.2 Термічні циклічні випробування.....	73
9 Регулярні та приймальні випробування.....	74
9.1 Звичайні випробування.....	74
9.2 Приймальні випробування.....	75
9.2.1 Стандартні приймальні випробування.....	75
9.2.2 Спеціальне випробування на термостійкість.....	76
10 Вимоги до випробувань розрядників перенапруг у полімерному корпусі.....	76
10.1 Сфера застосування.....	76
10.2 Нормативні посилання.....	76
10.3 Терміни та визначення.....	76
10.4 Ідентифікація та класифікація.....	76
10.5 Стандартні рейтинги та умови обслуговування.....	76
10.6 Вимоги.....	76
10.7 Загальна процедура тестування.....	77
10.8 Типові випробування (проектні випробування).....	77
10.8.1 Загальні положення.....	77
10.8.2 Випробування на стійкість ізоляції.....	77

10.8.3 Випробування залишкової напруги...	77
10.8.4 Випробування для перевірки довготривалої стабільності під постійною робочою напругою.....	78
10.8.5 Тест для перевірки рейтингу повторюваного перенесення заряду, Q_{rs}	78
10.8.6 Поведінки розсіювання тепла досліджуваного зразка.....	78
10.8.7 Експлуатаційні випробування.....	78
10.8.8 Перевірка напруги промислової частоти в залежності від часу.....	78
10.8.9 Випробування розрядника.....	79
10.8.10 Випробування на коротке замикання.....	79
10.8.11 Перевірка згинального моменту.....	85
10.8.12 Екологічні випробування.....	92
10.8.13 Тест на герметичність ущільнення.....	92
10.8.14 Випробування напруги радіоперешкод (RIV).....	92
10.8.15 Випробування для перевірки діелектричної стійкості внутрішніх компонентів.....	92
10.8.16 Випробування компонентів внутрішньої оцінки.....	92
10.8.17 Випробування на старіння під впливом погодних умов.....	92
10.9 Звичайні випробування.....	94
11 Вимоги до випробувань елегазових розрядників у металевому корпусі (ГІС-розрядників) ...	94
11.1 Сфера застосування ...	94
11.2 Нормативні посилання..	94
11.3 Терміни та визначення..	94
11.4 Ідентифікація та класифікація.....	94
11.5 Стандартні рейтинги та умови обслуговування.....	95
11.6 Вимоги..	95
11.7 Загальні процедури тестування.....	98
11.8 Типові випробування (проектні випробування).....	98
11.8.1 Загальний.....	98
11.8.2 Випробування ізоляції на стійкість	98
11.8.3 Випробування залишкової напруги.	101
11.8.4 Випробування для перевірки довготривалої стабільності під постійною робочою напругою ...	101
11.8.5 Тест для перевірки рейтингу повторюваного перенесення заряду, Q_{rs}	101
11.8.6 Характер розсіювання тепла досліджуваного зразка.....	101
11.8.7 Експлуатаційні випробування	101
11.8.8 Випробування залежності напруги від часу промислової частоти..	101
11.8.9 Випробування розрядника розрядника	101
11.8.10 Випробування короткого замикання	101
11.8.11 Перевірка згинального моменту.....	101
11.8.12 Екологічні випробування.....	102
11.8.13 Випробування на герметичність ущільнення.....	102
11.8.14 Випробування напруги радіоперешкод (RIV).....	102
11.8.15 Випробування для перевірки діелектричної стійкості внутрішніх компонентів	102
11.8.16 Випробування компонентів внутрішньої оцінки.....	102
11.9 Звичайні випробування.....	102
11.10 Випробування після монтажу на місці.....	102
12 Відокремлювані та глухі розрядники.....	102
12.1 Сфера застосування.....	102
12.2 Нормативні посилання.....	103
12.3 Терміни та визначення..	103

12.4 Ідентифікація та класифікація.....	103
12.5 Стандартні рейтинги та умови обслуговування.....	103
12.6 Вимоги.....	103
12.7 Загальна процедура тестування.....	104
12.8 Типові випробування (проектні випробування).....	104
12.8.1 Загальні положення.....	104
12.8.2 Випробування ізоляції на стійкість.....	104
12.8.3 Випробування залишкової напруги.....	106
12.8.4 Випробування для перевірки довготривалої стабільності під постійною робочою напругою.....	106
12.8.5 Тест для перевірки рейтингу повторюваного перенесення заряду, Q_{rs}	107
12.8.6 Характер розсіювання тепла досліджуваного зразка.....	107
12.8.7 Експлуатаційні випробування.....	107
12.8.8 Випробування напруги промислової частоти в залежності від часу.....	108
12.8.9 Випробування роз'єднувача.....	108
12.8.10 Випробування на коротке замикання.....	108
12.8.11 Перевірка згинального моменту.....	109
12.8.12 Екологічні випробування.....	109
12.8.13 Випробування на герметичність ущільнення.....	109
12.8.14 Випробування напруги радіоперешкод (RIV).....	109
12.8.15 Випробування для перевірки діелектричної стійкості внутрішніх компонентів.....	110
12.8.16 Випробування компонентів внутрішньої оцінки.....	110
12.8.17 Перевірка внутрішнього часткового розряду.....	110
12.9 Звичайні та приймальні випробування.....	110
13 Розрядники, занурені в рідину.....	110
13.1 Сфера застосування.....	110
13.2 Нормативні посилання.....	111
13.3 Терміни та визначення.....	111
13.4 Ідентифікація та класифікація.....	111
13.5 Стандартні рейтинги та умови обслуговування.....	111
13.6 Вимоги.....	111
13.7 Загальна процедура тестування.....	112
13.8 Типові випробування (проектні випробування).....	112
Загальне.....	112
13.8.1 Випробування ізоляції на стійкість.....	112
13.8.2 Випробування залишкової напруги.....	112
13.8.3 Випробування для перевірки довготривалої стабільності під постійною робочою напругою.....	113
13.8.4 Випробування для перевірки рейтингу повторюваного перенесення заряду, Q_{rs}	113
13.8.5 Характер розсіювання тепла досліджуваного зразка.....	114
13.8.6 Експлуатаційні випробування.....	114
13.8.7 Випробування залежності напруги від часу промислової частоти.....	114
13.8.8 Випробування розрядника розрядника.....	114
13.8.9 Випробування короткого замикання.....	114
13.8.10 Перевірка згинального моменту.....	116
13.8.11 Екологічні випробування.....	116
13.8.12 Випробування на герметичність ущільнення.....	117
13.8.13 Випробування напруги радіоперешкод (RIV).....	117
13.8.14 Випробування для перевірки діелектричної стійкості внутрішніх компонентів.....	117
13.8.15 Випробування компонентів внутрішньої оцінки.....	117
13.8.16 Випробування компонентів внутрішньої оцінки.....	117

13.9 Звичайні та приймальні випробування.....	117
Додаток А (обов'язковий) Ненормальні умови експлуатації..	118
Додаток В (обов'язковий) Випробування для перевірки теплової еквівалентності між повним розрядником і секцією розрядника.....	119
Додаток С (обов'язковий) Випробування на штучне забруднення щодо термічної напруги багатокомпонентні металооксидні розрядники перенапруг у порцеляновому корпусі....	121
С.1 Глосарій	121
С.1.1 Виміряні величини.....	121
С.1.2 Обчислені величини.....	121
С.2 Загальні положення.....	122
С.3 Класифікація серйозності місця.....	125
С.4 Попереднє випробування нагріванням: вимірювання теплової постійної часу τ і розрахунок β	125
С.5 Перевірка необхідності виконання випробувань на забруднення.....	126
С.6 Загальні вимоги до перевірки забруднення.....	126
С.6.1 Тестовий зразок.....	126
С.6.2 Випробувальний завод.....	127
С.6.3 Вимірювальні пристрої та процедури вимірювання.....	127
С.6.4 Підготовка до тесту.....	129
С.7 Процедури тестування.....	129
С.7.1 Метод суспензії.....	129
С.7.2 Метод соляного туману	131
С.8 Оцінка результатів випробування	132
С.8.1 Розрахунок K_{ie}	132
С.8.2 Розрахунок очікуваного підвищення температури ΔT_z під час експлуатації	133
С.8.3 Підготовка до робочого випробування.....	133
С.9 Приклад.....	133
С.9.1 Попереднє випробування на нагрівання.....	134
С.9.2 Перевірка необхідності виконання випробувань на забруднення.....	134
С.9.3 Випробування соляним туманом	134
С.9.4 Обчислення, виконане після п'яти циклів випробування.....	135
С.9.5 Розрахунок, виконаний після 10 циклів випробувань.....	136
Додаток D (довідковий) Типова інформація, що надається разом із запитами та тендерами ..	137
D.1 Інформація, надана разом із запитом.	137
D.1.1 Системні дані.....	137
D.1.2 Умови експлуатації.....	137
D.1.3 Робота розрядника.....	137
D.1.4 Характеристики розрядника.....	138
D.1.5 Додаткове обладнання та пристосування.....	138
D.1.6 Будь-які особливі ненормальні умови.....	138
D.2 Інформація, надана разом із тендером..	138
Додаток Е (довідковий) Процедура випробування на старіння – Закон Арреніуса – Проблеми з високими температурами.....	139
Додаток F (довідковий) Керівництво з визначення розподілу напруги вздовж металооксидні розрядники.....	141
F.1 Загальні положення.....	141
F.2 Моделювання обмежувача перенапруги.	141
F.3 Моделювання граничних умов.....	142
F.4 Процедура розрахунку.	142

F.4.1 Ємнісне представлення стовпця МО резистора	142
F.4.2 Ємнісне та резистивне представлення колонки МО-резистора	143
F.4.3 Визначення U_{ct}	143
F.5 Приклади розрахунків	143
F.5.1 Моделювання розрядника та граничні умови	144
F.5.2 Резистивні ефекти металооксидних МО-резисторів	144
F.5.3 Результати та висновки з розрахунків електричного поля	144
Додаток G (нормативний) Механічні міркування	149
G.1 Випробування згинального моменту	149
G.2 Сейсмічні випробування.....	150
G.3 Визначення механічних навантажень.. ..	150
G.4 Визначення швидкості витoku ущільнення	151
G.5 Розрахунок згинального моменту вітру.....	152
G.6 Процедури випробування згинального моменту для розрядників з порцеляни/литої смоли та полімерного корпусу	153
Додаток H (обов'язковий) Процедура випробування для визначення імпульсного розряду блискавки здатність	155
H.1 Загальні положення	155
H.2 Відбір тестових зразків	155
H.3 Процедура випробування	156
H.4 Параметри випробувань для випробування здатності до імпульсного розряду блискавки	156
H.5 Вимірювання під час випробування здатності до грозового імпульсного розряду ..	156
H.6 Номінальна здатність до імпульсного розряду блискавки	156
H.7 Перелік номінальних значень енергії.....	157
H.8 Перелік номінальних значень заряду.....	157
Додаток I (обов'язковий) Визначення початкової температури під час випробувань, включаючи перевірку термічної стабільності	158
Додаток J (обов'язковий) Визначення середньої температури багатоблокового розрядника високої напруги.....	159
Додаток K (довідковий) Приклад розрахунку параметрів випробування для випробування робочого режиму (8.7) згідно з вимогами 7.3	161
Додаток L (довідковий) Порівняння старої системи енергетичної класифікації на основі класи розряду лінії та нова система класифікації на основі номінальних показників теплової енергії для робочих випробувань і рейтингів повторного перенесення заряду для повторних енергії окремої події..	162
Бібліографія	168
Рисунок 1 – Ілюстрація втрат потужності в залежності від часу під час довготривалого тесту на стабільність	41
Рисунок 2 – Процедура випробувань для перевірки рейтингу повторюваного перенесення заряду, Q_{rs}	45
Рисунок 3 – Процедура випробувань для перевірки рейтингу теплової енергії, W_{th} , і рейтингу передачі теплового заряду, Q_{th} , відповідно.....	49
Рисунок 4 – Процедура випробування для перевірки характеристики залежності частоти живлення від часу (випробування TOV).....	53
Рисунок 5 – Приклади розрядників.....	62
Рисунок 6 – Приклади розташування проводів запобіжників для розрядників «Дизайн А» ...	62
Рисунок 7 – Приклади розташування проводів запобіжників для розрядників «Дизайн В» ...	63
Рисунок 8 – Установка для випробування короткого замикання для розрядників у порцеляновому корпусі.....	63
Рисунок 9 – Випробувальна установка на коротке замикання для розрядників у полімерному корпусі	82

Рисунок 10 – Приклад випробувальної схеми для повторного застосування ланцюга перед несправністю безпосередньо перед застосуванням випробувального струму короткого замикання	84
Рисунок 11 – Термомеханічне випробування.....	88
Рисунок 12 – Приклад випробувальної схеми для термомеханічного випробування та напрям консольного навантаження	89
Рисунок 13 – Занурення у воду.....	90
Рисунок 14 – Випробувальна установка для випробування на стійкість ізоляції неекраниваних відокремлюваних розрядників	105
Рисунок С.1 – Блок-схема, що показує процедуру визначення попереднього нагріву та тестовий зразок.....	124
Рисунок F.1 – Типова установка трифазного розрядника	145
Рисунок F.2 – Спрощена багатоступінчаста еквівалентна схема розрядника..	146
Рисунок F.3 – Геометрія моделі розрядника	147
Рисунок F.4 – Приклад вольтамперної характеристики МО резисторів при +20 °C в області струму витоку	148
Рисунок F.5 – Розрахована напруга вздовж стовпчика МО резистора у випадку В	148
Рисунок G.1 – Згинальний момент – багатокомпонентний розрядник перенапруг	149
Рисунок G.2 – Визначення механічних навантажень.....	151
Рисунок G.3 – Розрядник перенапруги.....	152
Рисунок G.4 – Розміри ОПН.....	153
Рисунок G.5 – Блок-схема процедур випробування згинального моменту	154
Рисунок J.1 – Визначення середньої температури у випадку розрядників номінальна напруга.....	160
Рисунок J.2 – Визначення середньої температури для розрядників різної номінальної напруги	160
Рисунок L.1 – Питома енергія в кДж на кВ, що залежить від співвідношення залишкової напруги комутаційного імпульсу (U_a) до середньоквадратичного значення значення номінальної напруги U_r розрядника	163
Таблиця 1 – Класифікація розрядника.....	26
Таблиця 2 – Бажані значення номінальної напруги.....	27
Таблиця 3 – Випробування типу розрядника.....	35
Таблиця 4 – Вимоги до імпульсів сильного струму.....	50
Таблиця 5 – Номінальні значення коефіцієнта передачі теплового заряду, Q_{th} ..	52
Таблиця 6 – Вимоги до випробувань порцелянових розрядників.....	61
Таблиця 7 – Необхідні струми для випробувань короткого замикання.....	65
Таблиця 8 – Вимоги до випробувань розрядників у полімерному.....	81
Таблиця 9 – Трифазні розрядники 10 кА та 20 кА – Необхідні витримувані напруги	96
Таблиця 10 – 2,5 кА та 5 кА трифазні – розрядники GIS – Необхідні витримувані напруги.....	97
Таблиця 11 – Витримувана випробувальна напруга ізоляції для неекраниваних відокремлюваних розрядників	105
Таблиця 12 – Витримувана випробувальна напруга ізоляції для глухих розрядників або відокремлюваних розрядників в екранованому/екранованому корпусі.....	106
Таблиця 13 – Значення випробування часткового розряду для відокремлюваних і глухих розрядників	110
Таблиця С.1 – Середній зовнішній заряд для різних ступенів забруднення	125
Таблиця С.2 – Характеристика зразка, використаного для випробування на забруднення.....	127
Таблиця С.3 – Вимоги до пристрою, що використовується для вимірювання заряду	127

Таблиця С.4 – Вимоги до пристрою, який використовується для вимірювання температури	128
Таблиця С.5 – Розраховані значення ΔT_z тах для вибраного прикладу.....	134
Таблиця С.6 – Результати випробування соляним туманом для вибраного прикладу	135
Таблиця С.7 – Розраховані значення ΔT_z і T_{OD} після 5 циклів для вибраного прикладу	136
Таблиця С.8 – Розраховані значення ΔT_z і T_{OD} після 10 циклів для вибраного прикладу.....	136
Таблиця Е.1 – Прогноз мінімального продемонстрованого терміну експлуатації.	139
Таблиця Е.2 – Співвідношення між тривалістю випробування при 115 °С та еквівалентним часом при верхній межі температури навколишнього середовища	139
Таблиця F.1 – Результати прикладів розрахунків.....	145
Таблиця L.1 – Пікові струми для випробування залишкової напруги комутаційного імпульсу	162
Таблиця L.2 – Параметри для випробування лінійного розряду на розрядниках 20 000 А та 10 000 А	163
Таблиця L.3 – Порівняння системи класифікації згідно з IEC 60099-4:2009 (Вид.2.2) та IEC 60099-4:2014 (Вид.3.0)	165

ВСТУП

Ця частина стандарту IEC 60099 представляє мінімальні критерії для вимог і випробувань безщілинних металооксидних розрядників перенапруг, які застосовуються для змінного струму, системи живлення також вище 1 кВ.

Опорні розрядники

Частина 4: Металооксидні розрядники перенапруг без зазорів для а.с. системи

1 Область застосування

Ця частина IEC 60099 поширюється на нелінійні розрядники перенапруг типу металооксидних резисторів без іскрових проміжків, призначені для обмеження стрибків напруги на змінному струмі. силові ланцюги з U_s вище 1 кВ.

2 Нормативні посилання

Наступні документи, повністю або частково, є нормативними посиланнями в цьому документі та є необхідними для його застосування. Для датованих посилань застосовується лише цитоване видання. Для недатованих посилань застосовується останнє видання посилання на документ (включаючи будь-які поправки).

IEC 60060-1 Методи випробувань високою напругою. Частина 1. Загальні визначення та вимоги до випробувань

IEC 60060-2 Методи випробування високою напругою. Частина 2. Вимірювальні системи

IEC 60068-2-11:1981 Тестування навколишнього середовища. Частина 2-11. Випробування. Випробування кА: Соляний туман.

IEC 60068-2-14 Тестування навколишнього середовища. Частина 2-14. Випробування. Випробування N: Зміна температури

IEC 60071-1 Координація ізоляції. Частина 1. Визначення, принципи та правила

IEC 60071-2:1996 Координація ізоляції. Частина 2. Посібник із застосування

IEC 60270 Методи високовольтних випробувань. Вимірювання часткового розряду

IEC 60507:2013 Випробування на штучне забруднення ізоляторів високої напруги для використання в мережах змінного струму системи

IEC TS 60815-1:2008 Вибір і визначення розмірів високовольтних ізоляторів, призначених для використання

у забруднених умовах – Частина 1: Визначення, інформація та загальні принципи

IEC TS 60815-2:2008 Вибір і визначення розмірів високовольтних ізоляторів, призначених для використання

у забруднених умовах – Частина 2: Керамічні та скляні ізолятори для змінного струму. системи

IEC 62217 Полімерні ізолятори для внутрішнього та зовнішнього використання. Загальні визначення, методи випробування та критерії прийнятності

IEC 62271-1:2007 Апаратура розподільна та керування високою напругою. Частина 1. Загальні специфікації

IEC 62271-200:2011 Апаратура розподільна та контрольна високовольтна. Частина 200. Апаратура розподільна та керуюча в металевому корпусі змінного струму для номінальної напруги вище 1 кВ і до 52 кВ включно

IEC 62271-203:2011 Апаратура розподільна та керування високою напругою. Частина 203. Елезоізоляція розподільні пристрої в металевому корпусі на номінальну напругу понад 52 кВ

ISO 4287 Геометричні специфікації продукту (GPS) – Текстура поверхні: Метод профілю – Терміни, визначення та параметри текстури поверхні

ISO 4892-1 Пластмаси. Методи впливу лабораторних джерел світла. Частина 1. Загальні вказівки

ISO 4892-2 Пластмаси. Методи впливу лабораторних джерел світла. Частина 2. Ксенонові дугові лампи

ISO 4892-3 Пластмаси. Методи впливу лабораторних джерел світла. Частина 3. Флуоресцентні ультрафіолетові лампи

CISPR/TR 18-2, Характеристики радіоперешкод повітряних ліній електропередачі та високовольтного обладнання – Частина 2: Методи вимірювання та процедура визначення меж

3 Терміни та визначення

Для цілей цього документа застосовуються такі визначення.

3.1

приймальні випробування

випробування, проведені на розрядниках або репрезентативних зразках після згоди між виробником і користувачем

3.2

розрядник – глухого типу, передній розрядник

розрядник, зібраний в екранованому/екранованому корпусі, що забезпечує ізоляцію системи та провідний заземлюючий екран, призначений для встановлення в корпусі для захисту підземного та встановленого на майданчику розподільного обладнання та ланцюгів

Примітка 1 до запису. Використання глухих розрядників поширене в США. Більшість захисних розрядників є розрядниками навантаження.

Примітка 2 до запису. Розрядники зібрані в ізольованому корпусі з різними рівнями екранування та екранування, як це визначено вимогами безпеки або контакту для встановлення. Відмінності між Описи від одного виробника до іншого щодо екранування, екранування та ступеня цього можуть бути дуже тонкими, але основна увага зосереджена на безпеці та провідності зовнішнього корпусу, щоб дозволити або заборонити працівникам працювати розрядники під напругою та з інструментами під напругою або без них.

3.3

розрядник розрядника

пристрій для від'єднання розрядника від системи у разі несправності розрядника, щоб запобігти постійній несправності в системі та дати видиму індикацію несправного розрядника

Примітка 1 до запису. Усунення струму пошкодження через розрядник під час від'єднання зазвичай не є функцією пристрою.

3.4

розрядник – рідинного типу, рідинний розрядник

розрядник, призначений для занурення в ізоляційну рідину

3.5

розрядник – розбірного типу, відокремлюваний розрядник

розрядник, зібраний в ізольованому або екранованому/екранованому корпусі, що забезпечує ізоляцію системи, призначений для встановлення в корпусі для захисту розподільного обладнання та системи

Примітка 1. Використання відокремлюваних розрядників поширене в Європі. Електричне з'єднання може здійснюватися ковзним контактом або болтовими пристроями; однак усі відокремлювані розрядники є розрядниками.

Примітка 2 до запису. Розрядники зібрані в ізолюваному корпусі з різними рівнями екранування та екранування, як це визначено вимогами безпеки або контакту для встановлення. Відмінності між Описи від одного виробника до іншого щодо екранування, екранування та ступеня цього можуть бути дуже тонкими, але основна увага зосереджена на безпеці та провідності зовнішнього корпусу, щоб дозволити або заборонити працівникам працювати розрядники під напругою та з інструментами під напругою або без них.

3.6

згинальний момент

сила, перпендикулярна до поздовжньої осі розрядника, помножена на вертикальну відстань між основою кріплення (нижнім рівнем фланця) розрядника і точкою прикладання сили

3.7

розривне навантаження

сила, перпендикулярна до поздовжньої осі розрядника з порцеляновим корпусом або литої смоли, що призводить до механічного пошкодження корпусу розрядника

3.8

розрядник із литої смоли

розрядник із використанням корпусу, виготовленого лише з одного матеріалу на органічній основі (наприклад, циклоаліфатичної епоксидної смоли), який руйнується подібно до порцелянового корпусу під механічним надмірним навантаженням

3.9

безперервний струм розрядника

струм, що протікає через розрядник під час напруги при безперервній робочій напрузі

Примітка 1. Безперервний струм, який складається з резистивної та ємнісної складових, може змінюватися залежно від

температура, паразитна ємність і вплив зовнішнього забруднення. Тому безперервний струм тестового зразка може не збігатися з безперервним струмом повного розрядника.

Примітка 2 до запису. Безперервний струм, для цілей порівняння, виражається або його середньоквадратичним значенням, або пікове значення.

3.10

безперервна робоча напруга розрядника U_c

призначене допустиме середньоквадратичне значення напруги промислової частоти, яка може постійно прикладатися між клемми розрядника відповідно до 8.7.

3.11

обмеження пошкоджень (механічні)

найменше значення сили, перпендикулярної до поздовжньої осі розрядника в полімерному корпусі, що призводить до механічного пошкодження корпусу розрядника

3.12

беззахисний розрядник

розрядник, який можна підключати і відключати від кола тільки при знеструмленому ланцюзі

3.13

позначення форми імпульсу

комбінація двох чисел, перше представляє віртуальний передній час (T_1), а друге віртуальний час до половинного значення (T_2)

Примітка 1 до запису: Записується як T_1/T_2 , обидва в мікросекундах, знак «/» не має математичного значення.

3.14

струм розряду розрядника

імпульсний струм, який протікає через розрядник

3.15

розривний розряд

явище, пов'язане з руйнуванням ізоляції під електричним струмом, яке включає а падіння напруги і проходження струму

Примітка 1. Термін застосовується до електричних пробоїв твердих, рідких і газоподібних діелектриків, а також їх комбінацій.

Примітка 2. Проривний розряд у твердому діелектрику спричиняє постійну втрату електричної міцності. У рідкому або газоподібному діелектрику втрата може бути лише тимчасовою.

3.16

розрядник класу розподілу

розрядник, призначений для використання в системах розподілу, як правило, $U_s \leq 52$ кВ, для захисту компонентів головним чином від впливу блискавки

Примітка 1 до запису. Розрядники класу розподілу можуть мати номінальний струм розряду, I_n , 2,5 кА; 5 кА або 10 кА.

Примітка 2 до запису. Розрядники розподілу класифікуються як «розподільні DH», «розподільні DM» і «розподільні DL» (див. таблицю 1).

3.17

електричний блок

частина розрядника, в якій кожен кінець пристрою закінчується електродом, який піддається впливу зовнішнього середовища

Примітка 1. Електрична одиниця може мати більше ніж одну механічну одиницю (див. рисунок 5).

3.18

номінальний струм при відключенні для зануреного в рідину розрядника

рівень струму замикання, вище якого розрядник, як стверджується, перетворюється на розрив ланцюга після відмови

3.19

номінальний струм короткого замикання для рідинного розрядника

рівень струму пошкодження, нижче якого розрядник, як стверджується, може стати коротким замиканням невдача

3.20

індикатор несправності

пристрій, призначений для надання індикації про несправність розрядника та який не від'єднує розрядник від системи

3.21

спалах

руйнівний розряд над твердою поверхнею

3.22

фронт імпульсу

частина імпульсу, яка виникає до піку

3.23

розрядник перенапруг у металевому корпусі з елегазовою ізоляцією ГИС-розрядник

металооксидний розрядник з елегазовою ізоляцією без будь-яких інтегрованих послідовних або паралельних іскрових проміжків, заповнений газом, відмінним від повітря

Примітка 1. Тиск газу зазвичай перевищує 1 бар = 105 Па.

Примітка 2 до запису: розрядник перенапруг, який використовується в розподільних пристроях з елегазовою ізоляцією.

3.24

кільце розрядника

металева частина, як правило, круглої форми, встановлена для електростатичної зміни розподілу напруги вздовж розрядника

3.25

високий імпульс струму розрядника

пікове значення струму розряду, що має форму імпульсу 4/10, яке використовується для перевірки стійкості розрядника при прямих ударах блискавки

3.26

оболонка

зовнішня ізоляційна частина розрядника, яка забезпечує необхідну шлях витоку та захищає внутрішні частини від зовнішнього середовища

Примітка 1. Корпус може складатися з кількох частин, що забезпечують механічну міцність і захист від навколишнє середовище.

Примітка 2 до запису. Якщо визначення корпусу буде відрізнятися від цього для спеціальних типів розрядників (наприклад, для ГІС, розрядників, що відокремлюються та занурених у рідину), альтернативні визначення наведено в розділах, що стосуються цих розрядників (наприклад, розділи 11, 12) і 13).

3.27

імпульс

односпрямована хвиля напруги або струму, яка без помітних коливань швидко зростає до максимального значення і падає, як правило, менш швидко, до нуля з невеликими, якщо такі є, відхиленнями протилежної полярності, де визначальними параметрами є полярність, пікове значення, час фронту та час до пів вартість на закінченні

3.28

ізоляційна основа

короткий ізолятор (або набір ізоляторів), на якому кріпиться розрядник, щоб забезпечити засіб підключення пристрою контролю струму між основою розрядника та землею

3.29

внутрішня система класифікації розрядника

градування імпедансів, зокрема градування конденсаторів, підключених паралельно до одного або до групи нелінійних МО-резисторів, щоб контролювати розподіл напруги вздовж стека МО-резисторів

3.30

внутрішні частини

МО-резистор із опорною конструкцією та внутрішньою системою градування, якщо є

3.31

імпульс струму блискавки

Імпульс струму 8/20 з обмеженнями на налаштування обладнання таким чином, щоб виміряні значення становили від 7 мкс до 9 мкс для часу віртуального фронту та від 18 мкс до 22 мкс для часу до половинного значення на хвості

Примітка 1 до запису. Час до половинного значення на хвості не є критичним і може мати будь-які допуски під час випробувань типу залишкової напруги (див. 8.3).

3.32

грозовий імпульсний розряд

приблизно синусоїдний напівхвильовий імпульс струму тривалістю від 200 до 230 мкс мкс, протягом якого миттєве значення імпульсного струму перевищує 5 % його пікового значення

3.33

рівень захисту від грозового імпульсу LIPL або U_{PI}

максимальна залишкова напруга розрядника для номінального струму розряду

3.34

розрядник навантаження

розрядник, який можна підключати та відключати, коли ланцюг знаходиться під напругою

3.35

довготривалий імпульс струму

прямокутний імпульс струму, який швидко зростає до максимального значення, залишається практично постійним протягом визначеного періоду, а потім швидко падає до нуля, з визначальними параметрами

полярність, пікове значення, віртуальна тривалість піку та віртуальна загальна тривалість.

3.36

середнє розривне навантаження MBL

середнє навантаження на розрив порцелянових або литих розрядників із смолою, визначене в результаті випробувань

3.37

механічний блок

частина розрядника, в якій МО-резистори всередині пристрою механічно обмежені від переміщення в осьовому напрямку

Примітка 1 до запису. Розрядник може містити більше одного механічного блоку в електричному блоку (див. рис. 5).

Примітка 2 до запису. Механічний блок може мати більше ніж один електричний блок (див. рис. 5).

3.38

металооксидний розрядник без зазорів

розрядник з нелінійними МО-резисторами, з'єднаними послідовно та/або паралельно без будь-яких інтегрованих послідовних або паралельних іскрових проміжків, вбудований у корпус з клемми для електричного та механічного з'єднання

Примітка 1. Усюди, де в цьому документі використовується термін «розрядник» або «розрядник перенапруги», цей термін стосується металооксидний розрядник без зазорів.

3.39

монтажний кронштейн

засоби, за допомогою яких розрядник класу розподілу фізично прикріплюється до стовпа або іншої конструкції

Примітка 1. Для розрядників класу розподілу в полімерному корпусі монтажний кронштейн, як правило, складається з ізоляційного матеріалу і зазвичай прикріплюється до нижнього (заземленого) кінця розрядника; для розрядників розподільного класу з порцеляновим корпусом кронштейн, як правило, металевий (часто сталевий) і з'єднаний «червонною стрічкою» навколо порцелянового корпусу на деякій відстані від заземленого кінця розрядника.

3.40

номінальний струм розряду розрядника

в пікове значення імпульсу струму блискавки, яке використовується для класифікації розрядника

3.41

безрозривний лінійний розрядник NGLA

розрядник без внутрішніх або зовнішніх послідовних розривів, призначений для установки в повітряних лініях в паралельно лінійним ізоляторам, щоб запобігти спалаху

3.42

нелінійний металооксидний резистор МО резистор

частина розрядника перенапруги, яка завдяки своїй нелінійній залежності напруги від струму діє як низький опір перенапругам, таким чином обмежуючи напругу на клеммах розрядника, і як високий опір при нормальній напрузі промислової частоти

3.43

пікове (верхнє) значення імпульсу

максимальне значення імпульсу напруги або струму

Примітка 1. Накладені коливання можна не враховувати.

3.44

пікове (вершинне) значення протилежної полярності імпульсу

максимальна амплітуда протилежної полярності, досягнута імпульсом напруги або струму, коли він коливається навколо нуля до досягнення постійного нульового значення

3.45

розрядник перенапруг у полімерному корпусі

розрядник з використанням полімерних і композиційних матеріалів для корпусу

Примітка 1. Можливі конструкції із закритим об'ємом газу. Герметизація може бути виконана за допомогою самого полімерного матеріалу або окремої системи герметизації.

3.46

розрядник перенапруг у порцеляновому корпусі

розрядник, що використовує порцеляну як матеріал корпусу, з фітингами та системами ущільнення

3.47

характеристика залежності напруги промислової частоти від часу розрядника

максимальний час, протягом якого відповідні напруги промислової частоти можуть бути прикладені до розрядників без пошкодження або термічної нестабільності за визначених умов згідно з 6.12.

3.48

пристрій для скидання тиску розрядника

засоби для скидання внутрішнього тиску в розряднику та запобігання сильному руйнуванню корпусу після тривалого проходження струму пошкодження або внутрішнього спалаху розрядника

3.49

очікуваний струм ланцюга

струм, який протікав би в даному місці ланцюга, якби в цьому місці було коротко замкнено ланкою з незначним опором

3.50

захисні характеристики розрядника

комбінація рівня захисту від грозового імпульсу (LIPL), рівня захисту від імпульсного перемикачання (SIPL) і рівень захисту від імпульсів крутого струму (STIPL)

3.51

пробій (поломка)

руйнівний розряд через тверде тіло

3.52

номінальна частота розрядника

частота електромережі, на яку призначений розрядник

3.53

номінальний струм короткого замикання

Є найвищий випробуваний струм промислової частоти, який може розвинути в несправному розряднику як струм короткого замикання, не спричиняючи сильного розбивання корпусу або будь-якого відкритого вогню протягом більше двох хвилин за визначених умов випробування

3.54

номінальна напруга розрядника U_r

максимально допустима частота живлення 10 с, середньоквадратичне значення перенапруги, яка може бути прикладена між

розрядник, як підтверджено під час випробування TOV та випробування робочого режиму

Примітка 1. Номінальна напруга використовується як еталонний параметр для специфікації робочих характеристик.

3.55

опорний струм розрядника

пікове значення (вище пікове значення двох полярностей, якщо струм асиметричний)

резистивна складова струму промислової частоти, яка використовується для визначення опорної напруги розрядника

Примітка 1 до запису. Еталонний струм має бути достатньо високим, щоб вплив паразитних ємностей на вимірювану еталонну напругу блоків розрядника (з розробленою системою градування) був незначним, і його необхідно вказати виробником. Еталонний струм, як правило, буде в діапазоні від 0,05 мА до 1,0 мА на квадрат сантиметр площі диска для одноколонних розрядників.

3.56

опорна напруга розрядника U_{ref}

пікове значення напруги промислової частоти, поділене на $\sqrt{2}$, яке отримується, коли опорний струм протікає через розрядник

Примітка 1 до запису: Еталонна напруга багатоблокового розрядника є сумою еталонних напруг окремих блоків.

Примітка 2 до запису. Вимірювання еталонної напруги необхідне для вибору правильного випробувального зразка під час робочого випробування (див. 8.7).

3.57

рейтинг повторного перенесення заряду Q_{rs}

максимальна специфікована здатність розрядника до передачі заряду у формі однієї події або групи стрибків, які можуть бути передані через розрядник без спричинення механічної несправності або неприпустимої електричної деградації резисторів МО

Примітка 1. Заряд розраховується як абсолютне значення струму, інтегрованого за час. Для цілей цього стандарту це заряд, який накопичується в одній події або групі сплесків, що тривають не більше ніж 2 с і за якими може слідувати наступна подія в інтервалі часу не менше ніж 60 с.

3.58

залишкова напруга розрядника U_{res}

пікове значення напруги, що виникає між клемми розрядника під час проходження розрядного струму

Примітка 1. У деяких країнах використовується термін «напруга розряду».

3.59

рутинні тести

випробування, проведені на кожному розряднику або на частинах і матеріалах, якщо потрібно, щоб переконатися, що продукт відповідає специфікаціям конструкції

3.60

ущільнення (газ/водонепроникність)

здатність розрядника запобігати проникненню речовини, що впливає на електричну та/або механічну поведінку

3.61

секція розрядника (пропорційна секція)

повна, відповідним чином зібрана частина розрядника, необхідна для відображення поведінки повного розрядника щодо певного випробування

Примітка 1 до запису. Секція розрядника не обов'язково є елементом розрядника. Для певних випробувань секцію становить лише МО-резистор.

3.62

корпус

ізоляційна частина, що виступає з корпусу, призначена для збільшення шляху витоку

3.63

задане тривале навантаження SLL

сила, перпендикулярна до поздовжньої осі розрядника, яку можна застосовувати постійно під час експлуатації, не викликаючи механічних пошкоджень розрядника

3.64

задане короткочасне навантаження SSL

найбільша сила, перпендикулярна до поздовжньої осі розрядника, яку можна прикласти під час експлуатації протягом короткого періоду часу та для відносно рідкісних подій (наприклад, навантаження від струму короткого замикання та сильні пориви вітру), не викликаючи будь-яких механічних пошкоджень

розрядник

Примітка 1 до запису: SSL не стосується вимог до механічної міцності для сейсмічних навантажень. Див. G.2.

3.65

клас розрядника станції

розрядники, призначені для використання на станціях для захисту обладнання від перехідних перенапруг, як правило, але не тільки призначені для використання в системах $U_s \geq 72,5$ кВ

Примітка 1 до запису. Розрядники класу станції можуть мати номінальний розрядний струм I_n , 10 кА або 20 кА.

Примітка 2 до запису. Розрядники класу станції класифікуються як «станція SH», «станція SM» і «станція SL» (див. таблицю 1). Примітка 3 до запису. Розрядники класу станції також можуть використовуватися в розподільних системах $U_s \leq 52$ кВ.

3.66

крутий імпульс струму

імпульс струму з віртуальним часом фронту 1 мкс з обмеженнями в налаштуванні обладнання таким чином, що виміряні значення становлять від 0,9 мкс до 1,1 мкс, а віртуальний час до напівзначення на завершені не перевищує 20 мкс

Примітка 1 до запису. Час до половинного значення на хвості не є критичним і може мати будь-які допуски під час випробувань типу залишкової напруги (див. 8.3).

3.67

рівень захисту від імпульсів крутого струму STIPL

максимальна залишкова напруга розрядника для крутого імпульсу струму, величина якого дорівнює величині номінального струму розряду

3.68

імпульс струму комутації розрядника

пікове значення струму розряду, що має час віртуального фронту більше 30 мкс, але менше 100 мкс і віртуальний час до половинного значення на хвості, що приблизно вдвічі перевищує час віртуального фронту

3.69

рівень захисту від комутаційних імпульсів SIPL або U_{ps}

максимальна залишкова напруга розрядника для комутаційного імпульсного струму розряду визначений для свого класу

3.70

хвіст імпульсу

частина імпульсу, яка виникає після піку

3.71

сила кінцевої лінії

сила, перпендикулярна до поздовжньої осі розрядника, виміряна на центральній лінії розрядника

3.72

рейтинг теплопередачі заряду Q_{th}

максимальний визначений заряд, який може бути переданий через розрядник або секцію розрядника протягом 3 хвилин під час випробування на тепловідновлення, не спричиняючи теплового розбігу

Примітка 1 до запису. Цей рейтинг підтверджено випробуванням робочого типу.

3.73

рейтинг теплової енергії W_{th}

максимальна задана енергія, подана в кДж/кВ U_r , яка може бути введена в розрядник або секцію розрядника протягом 3 хвилин під час випробування на відновлення тепла, не спричиняючи теплового розбігу

Примітка 1 до запису. Цей рейтинг підтверджено випробуванням робочого типу.

3.74

тепловий розбіг розрядника

ситуація, коли стійкі втрати потужності розрядника перевищують теплове розсіювання здатність корпусу та з'єднань, що призводить до кумулятивного підвищення температури елементів МО резистора, що завершується несправністю

3.75

термічна стійкість розрядника

стан розрядника, якщо після робочого режиму, що спричиняє підвищення температури, температура МО-резисторів зменшується з часом, коли розрядник знаходиться під напругою при заданій безперервній робочій напрузі та за певних умов навколишнього середовища

3.76

торсійне навантаження

кожна горизонтальна сила у верхній частині вертикально встановленого корпусу розрядника, до якої не прикладається поздовжня вісь розрядника

3.77

типові випробування**проектні випробування**

випробування, які проводяться після завершення розробки нової конструкції розрядника, щоб встановити репрезентативні характеристики та продемонструвати відповідність відповідному стандарту

3.78

однополярний синусоїдальний напівхвильовий імпульс струму

однополярний імпульс струму, що складається з одного півперіоду приблизно синусоїдального струму

3.79

блок розрядника

повністю розміщена частина розрядника, яка може бути з'єднана послідовно та/або паралельно

інші блоки для створення розрядника вищої напруги та/або номінального струму

3.80

віртуальна тривалість піку прямокутного імпульсу

час, протягом якого амплітуда імпульсу перевищує 90 % свого пікового значення

3.81

час віртуального фронту імпульсу струму T1

час у мікросекундах, що дорівнює 1,25, помноженому на час у мікросекундах для збільшення струму від 10 % до 90 % від його пікового значення

Примітка 1 до запису. Якщо коливання присутні на передній частині, контрольні точки на 10 % і 90 % слід взяти на середній кривій, проведеній через коливання

3.82

віртуальне походження імпульсу

точка на графіку залежності напруги від часу або струму від часу, визначена перетином між віссю часу при нульовій напрузі або нульовому струмі та прямою лінією, проведеною через дві опорні точки на фронті імпульсу

Примітка 1 до запису. Для імпульсів струму опорні точки мають становити 10 % та 90 % пікового значення. Примітка 2 до запису. Це визначення застосовується лише тоді, коли масштаби ординат і абсцис є лінійними.

Примітка 3 до запису. Якщо коливання присутні на передній частині, контрольні точки на 10 % і 90 % слід взяти на середній кривій, проведеній через коливання.

3.83

віртуальна крутизна фронту імпульсу

частка пікового значення та часу віртуального фронту імпульсу

3.84

віртуальний час до половинного значення на хвості імпульсу T2

інтервал часу між віртуальним початком і моментом, коли напруга або струм зменшилися до половини свого максимального значення, виражений у мікросекундах

3.85

віртуальна повна тривалість прямокутного імпульсу

час, протягом якого амплітуда імпульсу перевищує 10 % від його пікового значення

Примітка 1 до запису. Якщо на передній частині присутні невеликі коливання, слід накреслити середню криву, щоб визначити час, за який досягається значення 10 %.

4. Ідентифікація та класифікація

4.1 Ідентифікація розрядника

Металооксидні розрядники перенапруги мають ідентифікуватися наступною мінімальною інформацією, яка повинні бути вказані на паспортній табличці, постійно прикріплений до розрядника:

позначення розрядника (див. табл. 1) безперервна робоча напруга;

Номинальна напруга;

номінальна частота, якщо вона відрізняється від однієї зі стандартних частот (див. 5.2);

номінальний струм розряду;

номінальний струм короткого замикання в кілоамперах (кА). Для розрядників, для яких немає рейтингу короткого замикання заявляється, вказується значення «0»;

найменування або торгової марки виробника, тип і ідентифікацію комплектного розрядника;

визначення монтажного положення блоку (тільки для багатоблокових розрядників);

рік виготовлення;

серійний номер (принаймні для розрядників з номінальною напругою понад 60 кВ).

За наявності достатнього місця табличка з іменами також повинна містити рейтинг повторного перенесення заряду, Q_{rs} ;

рівень стійкості до забруднення оболонки (див. IEC TS 60815-1).

4.2 Класифікація розрядників

Станційні та розподільні розрядники класифікуються, як зазначено в таблиці 1, і вони повинні відповідати принаймні вимогам до випробувань і характеристикам, зазначеним у таблиці 3.

Залежно від застосування NGLA може взяти на себе класифікацію будь-якого з розрядників, зазначених у таблиці 1.

Таблиця 1 – Класифікація розрядників

Клас розрядника	Станція			Розподіл		
Позначення	SH	SM	SL	DH	DM	DL
Номінальний струм розряду ^а	20 kA	10 kA	10 kA	10 kA	5 kA	2,5 kA
Перемикання імпульсного струму розряду ^а	2 kA	1 kA	0,5 kA	--	--	--
Qrs (C)	> 2,4	> 1,6	> 1,0	> 0,4	> 0,2	> 0,1
wth (kJ/kV)	>10	> 7	> 4	--	--	--
Qth (C)	--	--	--	> 1,1	> 0,7	> 0,45

^а - За домовленістю між виробником і споживачем можуть бути вказані інші струми.
ПРИМІТКА: Літери «Н», «М» і «L» у позначенні означають «високий», «середній» і «низький» режим відповідно

5. Стандартні рейтинги та умови обслуговування

5.1 Стандартні номінальні напруги

Стандартні значення номінальних напруг для розрядників (у кіловольтах середньоквадратичне значення) наведені в таблиці 2 в однакові кроки напруги в межах заданих діапазонів напруги.

Таблиця 2 – Бажані значення номінальної напруги

Діапазон номінальної напруги кВ середньоквадратичне значення	Кроки номінальної напруги кВ середньоквадратичне значення
3 до 30	1
30 до 54	3
54 до 96	6
96 до 288	12
288 до 396	18
396 до 900	24
Можуть бути прийняті інші значення номінальної напруги.	

5.2 Стандартні номінальні частоти

Стандартні номінальні частоти - 50 Гц та 60 Гц.

5.3 Стандартні номінальні струми розряду

Стандартні номінальні струми розряду 8/20: 20 кА, 10 кА, 5 кА та 2,5 кА.

5.4 Умови обслуговування

5.5 Нормальні умови експлуатації 4.1

Обмежувачі перенапруги, які відповідають цьому стандарту, повинні бути придатними для нормальної роботи за таких нормальних умов експлуатації:

- а) температура навколишнього повітря в діапазоні від -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$;
- б) сонячна радіація;

ПРИМІТКА Вплив максимального сонячного випромінювання ($1,1 \text{ кВт/м}^2$) було враховано при попередньому нагріванні. Випробувальний зразок у типових випробуваннях. Інші джерела тепла, які можуть впливати на застосування розрядника не розглядається за нормальних умов експлуатації.

- в) висота не перевищує 1000 м;

- г) частота змінного струму джерело живлення не менше 48 Гц і не вище 62 Гц;

д) напруга промислової частоти, що постійно прикладається між затискачами розрядника перевищення тривалої робочої напруги;

- е) швидкість вітру $\leq 34 \text{ м/с}$;

- є) вертикальне зведення, не підвісне.

5.4.2 Ненормальні умови експлуатації

Обмежувачі перенапруг, що підлягають застосуванню або умовам експлуатації, відмінним від звичайного, можуть вимагати особливої уваги при проектуванні, виробництві чи застосуванні. Використання цього стандарту у разі ненормальних умов експлуатації є предметом згоди між виробником і користувачем.

Перелік можливих ненормальних умов експлуатації наведено в Додатку А.

6. Вимоги

6.1 Стійкість ізоляції

Розрядник має бути сконструйований таким чином, щоб корпуси були здатні адекватно протистояти напрузі під час проведення грозових і комутаційних імпульсних струмів і під час очікуваного перенапруги максимальної частоти живлення. Здатність витримувати зовнішню ізоляцію корпусів повинна бути продемонстрована випробуваннями відповідно до 8.2, тоді як внутрішня ізоляція здатність витримувати повинна бути продемонстрована випробуваннями згідно з 8.15.

6.2 Еталонна напруга

Еталонна напруга кожного розрядника повинна бути виміряна виробником на місці опорний струм, обраний виробником (див. 7.2). Мінімальна еталонна напруга розрядника при еталонному струмі, що використовується для планових випробувань, повинна бути визначена та опублікована в даних виробника.

6.3 Залишкова напруга

Метою вимірювання залишкової напруги є отримання максимальної залишкової напруги для заданої конструкції для всіх заданих струмів і форм хвилі. Вони отримані з даних типових випробувань і максимальної залишкової напруги при імпульсі струму блискавки використовується для звичайних випробувань, як зазначено та опубліковано виробником.

Максимальна залишкова напруга даної конструкції розрядника для будь-якого струму та форми хвилі становить розраховується із залишкової напруги секцій, випробуваних під час типових випробувань, помноженої на а конкретний масштабний коефіцієнт. Цей масштабний коефіцієнт дорівнює відношенню заявленої максимальної залишкової напруги, перевіреної під час планових випробувань, до виміряної залишкової напруги секцій за однакового струму та форми хвилі.

Для деяких розрядників з номінальною напругою менше ніж 36 кВ (згідно з ПРИМІТКОЮ 1 до 9.1, пункт б) опорна напруга може використовуватися для цього розрахунку замість залишкової напруги.

Література виробника повинна містити наступну залишкову напругу для кожного розрядника

Інформація:

Максимальна залишкова напруга грозового імпульсу для імпульсних струмів не менше 0,5; 1 і 2 номінального струму розряду розрядника (див. 8.3.3)

Максимальна залишкова імпульсна напруга перемикачів для імпульсних струмів, наведена в таблиці 1 (див. 8.3.4)

Максимальна залишкова напруга крутого імпульсу струму, за винятком внеску індуктивної напруги, для імпульсного струму, що має пікове значення, що дорівнює номінальному струму розряду розрядника (див. 8.3.2)

Максимальна залишкова напруга крутого імпульсу струму, включаючи внесок індуктивної напруги для імпульсного струму, що має пікове значення, що дорівнює номінальному струму розряду розрядника.

Ця залишкова напруга має дорівнювати: максимальна залишкова напруга різкого імпульсу струму (див. 8.3.2), за винятком комбінації індуктивної напруги + величини індуктивного падіння напруги, для розрядників AIS.

Величина індуктивного падіння напруги = 2,5; 5; 10 або 20 кВ/м довжини розрядника для розрядників з номінальним струмом розряду 2,5; 5; 10 або 20 кА відповідно або, для GIS і відокремлюваних і глухих розрядників,

Величина індуктивного падіння напруги = 0,75; 1,5; 3 або 6 кВ/м довжини розрядника для розрядників з номінальним струмом розряду 2,5; 5; 10 або 20 кА відповідно

ПРИМІТКА 1 Внесок індуктивного падіння напруги значний лише для крутих імпульсів струму. Це ефективно підвищує рівень захисту розрядника вище крутого імпульсу струму лише для МО резистора визначеного з 8.3.2. Максимальна залишкова напруга крутого імпульсу струму, включаючи вклад індуктивної напруги, надається користувачам, які бажають виконати дослідження координації ізоляції.

ПРИМІТКА 2. Типові максимальні залишкові напруги для різних типів розрядників наведені в додатку F IEC 60099-5: 2013.

6.4 Внутрішні часткові розряди

За нормальних і сухих умов експлуатації внутрішні часткові розряди повинні бути нижче рівня, який може спричинити пошкодження внутрішніх частин. Це має бути продемонстровано звичайним випробуванням згідно з пунктом c) 9.1.

6.5 Швидкість витоку ущільнення

Для розрядників із замкнутим газовим об'ємом та окремою системою ущільнення швидкість витоку ущільнення повинна бути визначена згідно з 8.13 та пунктом d) 9.1.

6.6 Розподіл струму в багатоколонному розряднику

Виробник повинен вказати найбільшу допустиму різницю між струмами в колонках багатоколонний розрядник, див. пункт e) 9.1.

6.7 Термічна стабільність

За погодженням між виробником і користувачем може бути проведено спеціальне випробування на термічну стабільність відповідно до 9.2.2.

6.8 Довгострокова стабільність під постійною робочою напругою

МО-резистори повинні бути піддані прискореному випробуванню на старіння, щоб забезпечити впевненість, що вони демонструватимуть стабільні умови протягом очікуваного терміну служби розрядника (див. 8.4).

6.9 Тепловіддача досліджуваного зразка

Пропорційні секції, які використовуються для випробувань із відновленням тепла, повинні мати термічні властивості, які не призводять до переоцінки продуктивності розрядника. Для підтвердження необхідно провести випробування тепловіддача пропорційних секцій (див. 8.6)

6.10 Стійкість до повторного перенесення заряду

Розрядники повинні витримувати повторювані передачі заряду, як перевірено під час типових випробувань (див. 8.5).

Стійкість до повторюваного перенесення заряду демонструється на окремих МО-резисторах у випробуванні для перевірки номінального значення повторюваного перенесення заряду (див. 8.5.2). ПРИМІТКА. Можуть існувати спеціальні програми, де одночасне перенесення заряду спричиняє розсіювання енергії, що перевищує номінальну теплову енергію.

6.11 Операційний режим

Розрядники повинні бути здатними поглинати енергію від подій перемикання або передавати заряд від подій блискавки та згодом термічно відновлюватись за прикладеної тимчасової перенапруги та наступних умов постійної робочої напруги. Цю здатність демонструє випробування робочого режиму (див. 8.7).

6.12 Залежність напруги промислової частоти від часу розрядника

Виробник повинен надати дані про допустиму тривалість напруги промислової частоти і відповідне значення напруги, яке може бути прикладене до розрядника після того, як розрядник був попередньо нагрітий до початкової температури згідно з 8.7.2.3 без пошкодження або теплового розбіжності.

Дані повинні надаватися без попереднього навантаження на енергію або заряд і – у випадку $I_n \geq 10$ кА – з попереднім навантаженням, що відповідає рейтингу теплової енергії W_{th} або рейтингу теплового заряду Q_{th} .

Ця інформація повинна бути представлена у вигляді кривих залежності напруги промислової частоти від часу (кривих TOV) із зазначенням навантаження на енергію або заряд до цього застосування напруги промислової частоти на вищезгаданій кривій.

Характеристика TOV демонструється на термічно пропорційних ділянках у випробуванні для перевірки характеристика залежності напруги промислової частоти від часу (випробування TOV) (див. 8.8).

6.13 Характеристики при короткому замиканні

Виробник повинен задекларувати номінальний струм короткого замикання для кожного сімейства розрядників. Тільки для застосувань з очікуваними струмами короткого замикання нижче 1 кА номінальне значення «нуль» може бути стверджувало. У цьому випадку на заводській табличці вказується «0». У будь-якому випадку розрядник повинен бути підданий випробуванню на коротке замикання згідно з 8.10, щоб показати, що він не вийде з ладу таким чином, який спричинить сильне руйнування корпусу, і що само згасання відкритого вогню (якщо є) відбувається протягом визначеного періоду часу.

6.14 Роз'єднувач

6.14.1 Витримка роз'єднувача

Якщо розрядник встановлений або пов'язаний з роз'єднувачем, цей пристрій повинен витримувати без роботи кожне з наступних випробувань:

Для розрядників класу розподілу:

- випробування для перевірки рейтингу повторного перенесення заряду, Q_{rs} (див. 8.5.2);
- робоче випробування з номінальними значеннями теплового заряду, Q_{th} (див. 8.7.2);
- механічні випробування за погодженням між виробником і користувачем (див. ПРИМІТКИ 1 та 2 з 8.9.4.1)

- температурні цикли та випробування насосом ущільнення (див. 8.9.5)

Для лінійних розрядників без зазору (NGLA):

- тест для перевірки рейтингу повторного перенесення заряду, Q_{rs} з імпульсом блискавки розряди згідно з Додатком Н або довготривалої струми (див. 8.5.2);
- робоче випробування з номінальними значеннями номінальної теплової енергії, Вт (див. 8.7.2);
- випробування згинального моменту (див. 8.9.4.2);
- випробування на розтяг (див. 8.9.4.3);
- випробування на навантаження на кручення (див. 8.9.4.4);
- температурні цикли та випробування насосом ущільнення (див. 8.9.5)

6.14.2 Витримку часу спрацьовування роз'єднувача визначають для трьох значень струму згідно з 8.9.3. Повинні бути чіткі докази ефективного та постійного відключення пристрою.

6.15 Вимоги до компонентів внутрішньої оцінки

Внутрішні градіруючі компоненти, якщо вони використовуються в розряднику, повинні бути здатні протистояти комбінації напруг, що виникають під час експлуатації, та опору градіуючих компонентів також має демонструвати достатню стабільність протягом терміну служби.

Це має бути продемонстровано випробуванням робочого режиму (див. 8.7) і випробуванням TOV (див. 8.8), які виконуються з внутрішньою оцінкою. Компоненти, що входять до тестових розділів.

Крім того, компоненти повинні витримувати прискорене старіння та циклічні випробування, як зазначено в 8.16.

6.16 Механічні навантаження

6.16.1 Загальні положення

Виробник повинен вказати максимально допустимі навантаження на клеми, що стосуються монтажу та обслуговування, наприклад навантаження на консоль, крутний момент і навантаження на розтяг.

6.16.2 Згинальний момент

Розрядник повинен витримувати заявлені виробником значення навантажень на вигин (див. 8.11).

Визначаючи механічне навантаження, прикладене до розрядника перенапруг, користувач повинен враховувати, наприклад, вітер, ожеледицю та електромагнітні сили, які можуть вплинути на установку.

Обмежувачі перенапруги, що входять до комплекту, повинні витримувати транспортні навантаження, визначені користувачем відповідно до IEC 60721-3-2, але не менше, ніж клас 2M1.

ПРИМІТКА. На відміну від розрядників у порцеляновому корпусі, розрядники в полімерному корпусі можуть мати механічні деформації під час експлуатації.

6.16.3 Стійкість до впливів зовнішнього середовища

Розрядник повинен бути здатний витримувати вплив навколишнього середовища, як визначено в 8.12.

6.16.4 Ізоляційна основа та монтажний кронштейн

Якщо ізоляційна основа та/або монтажний кронштейн постачається з розрядником, основу та/або кронштейн необхідно піддавати механічним випробуванням окремо від розрядника (див. 8.11.6).

6.16.5 Середнє значення розривного навантаження (MBL)

Для розрядників із порцеляни та литої смоли MBL має бути $\geq 1,2$ рази вище зазначеного короткочасне навантаження (SSL). Це має бути продемонстровано у випробуванні на згинальний момент згідно з 8.11.

6.16.6 Електромагнітна сумісність

Розрядники не чутливі до електромагнітних перешкод, тому перевірка на стійкість не потрібна.

У нормальних сухих умовах експлуатації розрядники перенапруги не повинні створювати значних перешкод. Для розрядники, призначені для використання в системах $U_s \geq 72,5$ кВ, це повинно бути продемонстровано радіо випробування напругою перешкод (RIV) згідно з 8.14.

6.17 Кінець терміну служби

На вимогу користувачів кожен виробник повинен надати достатню інформацію, щоб усі компоненти розрядника могли бути знищені та/або перероблені відповідно до міжнародних і національних норм.

6.18 Здатність до імпульсного розряду блискавки

Для розрядників NGLA, які встановлюються на повітряних лініях із системною напругою понад 52 кВ, здатність до імпульсного розряду блискавки повинна бути продемонстрована випробуваннями та процедурами Додатку Н.

7. Загальна процедура тестування

7.1 Вимірювальне обладнання та точність

Вимірювальне обладнання має відповідати вимогам IEC 60060-2. Отримані значення повинні вважатися точними з метою відповідності відповідним пунктам тестування. Якщо інше не зазначено, усі випробування напругою промислової частоти повинні проводитися за допомогою змінна напруга з частотою між межами 48 Гц і 62 Гц і приблизно синусоїдальною формою хвилі.

7.2 Вимірювання опорної напруги

Еталонна напруга розрядника вимірюється при еталонному струмі на секціях і вузлах, коли це необхідно. Вимірювання проводиться за температури навколишнього середовища $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$, і ця температура повинна бути записана.

Як прийнятне наближення пікове значення резистивної складової струму може бути прийняте таким, що відповідає поточному значенню струму в момент піку напруги.

7.3 Дослідні зразки

7.3.1 Загальні положення

Якщо не зазначено інше, всі випробування повинні проводитися на тих самих розрядниках, секціях розрядника або блоках розрядника. Вони повинні бути новими, чистими, повністю зібраними (наприклад, з сортувальними кільцями, якщо є) і розташованими так, щоб якомога точніше імітувати умови експлуатації.

Для випробувань, що передбачають перевірку термічної стабільності, секції повинні містити найбільшу кількість паралельних стовпчиків МО-резисторів, зібраних в одному корпусі розрядника для фактичної конструкції.

Коли випробування проводяться на секціях, необхідно, щоб секції відображали поведінку всіх можливих розрядників у межах допусків виробника щодо конкретного випробування.

ПРИМІТКА. Через зазвичай дуже складну внутрішню конструкцію розрядників GIS може бути непрактичним проводити випробування на тестових зразках із багатьма стовпчиками МО резисторів паралельно. З іншого боку, досягти теплової еквівалентності з одноколонними секціями більш реалістично в розрядниках GIS, ніж в розрядниках AIS, через їхню кращу характеристики охолодження. Таким чином, для розрядників GIS приймаються одноколонні секції, якщо можна підтвердити теплову еквівалентність згідно з Додатком В.

Загалом, зразки повинні охоплювати найвищу залишкову напругу та найнижчу опорну напругу типу МО-резисторів, що використовуються в розряднику. Якщо рейтинг передачі теплового заряду вказано під час робочого випробування та для випробування TOV (див. 8.7 та 8.8), зразки повинні мають найвищий рівень захисту від грозових імпульсів U_{pl} на одиницю довжини конструкції. Якщо тепла енергія вказана під час робочого випробування, випробувальні зразки повинні мати посилення значення напруги на нижній межі діапазону зміни, заявленого виробником. У випадку багатоколонних розрядників слід враховувати найбільше значення нерівномірного розподілу струму. в для виконання цих вимог необхідно виконати наступне:

а) Співвідношення між номінальною напругою повного розрядника до номінальної напруги розділ визначається як n . Обсяг елементів МО резисторів, що використовуються як дослідні зразки не повинен перевищувати мінімальний об'єм усіх елементів МО резисторів, що використовуються в повний розрядник ділиться на n .

б) Еталонна напруга випробувальної ділянки має дорівнювати $k U_{r/n}$, де k - відношення між мінімальною опорною напругою розрядника та його номінальною напругою. Якщо $U_{ref} \geq k U_{r/n}$ для доступного досліджуваного зразка, коефіцієнт n необхідно зменшити відповідно. (якщо $U_{ref} < k U_{r/n}$, розрядник може поглинати занадто багато енергії. Наприклад розділ можна використовувати лише після згоди з виробником)

в) Для багатоколонних розрядників розподіл струму між колонами має бути виміряний при імпульсному струмі для випробування на розподіл струму (див. пункт е) 9.1). Найвище значення струму не повинно перевищувати верхню межу, визначену виробник. Крім того, для тестів, які необхідно виконати на тестових ділянках з кількома стовпчиками енергія розряду має бути збільшена на коефіцієнт β_g/β_a , де β_g — гарантований коефіцієнт розподілу струму, а β_a — фактичний коефіцієнт розподілу струму для тестового розділу. Якщо випробування проводиться на окремих колонах, енергія повинна бути збільшується на коефіцієнт β_g .

г) Зразки у випробуванні для перевірки рейтингу повторюваного перенесення заряду повинні бути найбільша довжина резисторів МО, що використовуються в конструкції, і повинна мати 10 кА залишкова напруга не менше $0,97 \times (U_{10 \text{ кА на мм резистора МО довжина}})_{\text{тах}}$, де $(U_{10 \text{ кА на мм довжини МО резистора}})_{\text{тах}}$ є найвищим 10 кА залишкова напруга, задана виробником для будь-якої довжини типу МО резистори, що використовуються в розряднику. Якщо лише зразки з меншою залишковою напругою 10 кА доступні, необхідний переданий заряд повинен бути збільшений для випробування на фактор $(U_{10 \text{ кА на мм довжини МО резистора}})_{\text{макс}} / (U_{10 \text{ кА на мм довжини МО резистора}})_{\text{фактично}}$

е) Безперервна робоча напруга, застосована під час випробувань із відновленням тепла, має відповідати наступна вимога: відношення постійної робочої напруги до номінальної напруга секції повинна бути не менше максимального коефіцієнта, заявленого для типу розрядника

7.3.2 Вимоги до секції розрядника

7.3.2.1 Теплопропорційна секція

Секція розрядника для випробувань на тепловідновлення має представляти термічний розрядник, що моделюється. Теплова еквівалентність повинна бути перевірена згідно з процедурою, зазначеною в додатку В. Номінальна напруга пропорційної секції повинна бути щонайменше 3 кВ.

Для досягнення теплової еквівалентності може знадобитися введення компонентів, які зазвичай не є частиною конструкції. Потрібно бути впевненим, що ці заходи не впливають на діелектрична міцність зразка під час інжекції енергії або заряду.

Теплопропорційна секція також може бути справжнім розрядником або розрядником конструкції.

У разі конструкцій з двома або більше паралельними колонами МО термічно пропорційна секція повинна містити таку саму кількість паралельних колон, що й фактичний розрядник.

За погодженням між виробником і користувачем секція багатоколонного розрядника може містити лише одну колону, якщо досягнуто теплової еквівалентності. Для розрядників ГІС багатоколонної конструкції секція з термічною пропорцією може містити лише одну колону, якщо досягнута термічна еквівалентність.

Додаткові вимоги не застосовуються, особливо щодо конструкції пропорційної секції. Тому термічно пропорційна секція не обов'язково повинна бути розрізаною частиною розрядника і не повинна містити тільки той же матеріал, що і в розряднику. Він може мати дизайн, відмінний від дизайну змодельований розрядник, доки забезпечується теплова еквівалентність і достатня діелектрична міцність для інжекції енергії та заряду відповідно.

7.3.2.2 Діелектрично-пропорційна ділянка

Секція розрядника для випробувань внутрішньої електричної міцності повинна являти собою розрізану частину розрядник, що моделюється, включаючи МО-резистори, корпус і опорну конструкцію.

Номинальна напруга повинна бути не менше 3 кВ.

Секція повинна відповідати наступним вимогам: вона повинна бути точною копією справжнього розрядника щодо діаметрів, матеріалів тощо. Повинна бути включена механічна опорна конструкція. Елементи, які розташовані лише в розподілених місцях розрядника моделі, такі як дистанційні тримачі та розпірки, повинні бути присутніми в моделі. Активна частина повинна мати таке ж навколишнє середовище, як і в справжньому розряднику.

Діелектрично пропорційна секція також може бути справжнім розрядником або розрядником конструкції.

Точний малюнок моделі діелектрика повинен бути опублікований у звіті про випробування.

7.3.2.3 Секція для випробувань залишкової напруги

Секція розрядника для випробувань на залишкову напругу повинна являти собою повний блок розрядника, пакет послідовно з'єднаних МО-резисторів або окремий МО-резистор у нерухомому повітрі. Для багатоколонних розрядників секція може складатися з фактичної кількості МО резисторів або резисторних колонок паралельно або тільки одного МО резистора або резисторної колонки відповідно.

7.3.2.4 Секція для перевірки рейтингу повторюваного перенесення заряду, Q_{rs}

Секція розрядника для випробування для перевірки рейтингу повторюваного перенесення заряду, Q_{rs} , повинна бути індивідуальний МО-резистор або в нерухомому повітрі, або в навколишньому середовищі конструкції. Вибір залишається на розсуд виробника.

8 Типові випробування (проектні випробування)

8.1 Загальні положення

Типові випробування, визначені в цьому розділі, застосовуються до розрядників у порцеляновому корпусі. Випробування також застосовуються до інших типів розрядників (у полімерному корпусі, GIS, глухий фронт і відокремлюються, і занурений у рідину), якщо інше не зазначено в 10.8 для полімерних розрядників, 11.8 для GIS розрядників, 12.8 для глухого фронту та відокремлюваних розрядників, або 13.8 для рідинних розрядників.

Типові випробування необхідно проводити, як зазначено в таблиці 3.

Таблиця 3 - Випробування типу розрядника

Клас розрядника	Станція	Станція	Розподіл
Номінальний струм розряду	20 kA 10 kA	20 kA 10 kA	10 kA 5 kA 2,5 kA
Типове U_s (кВ), середньоквадратичне значення	> 245	< 245	< 52
1 Випробування ізоляції корпусу розрядника			
а) Імпульс блискавки	8.2.6	8.2.6	8.2.6
б) Імпульс перемикавання	8.2.7	Не вимагається	Не вимагається
в) Промислова частота	Не вимагається	8.2.8	8.2.8
2 Перевірка залишкової напруги			
а) Миттєвий струм	8.3.2	8.3.2	8.3.2
б) Імпульс блискавки	8.3.3	8.3.3	8.3.3
в) Імпульс перемикавання	8.3.4	8.3.4	Не вимагається
3 Випробування для перевірки тривалої стабільності під постійною робочою напругою	8.4	8.4	8.4
4 Стійкість до повторного перенесення заряду	8.5	8.5	8.5
5 Перевірка поведінки розсіювання тепла тестового зразка	8.6	8.6	8.6
6 Робочі випробування	8.7	8.7	8.7
7 Залежність напруги промислової частоти від часу	8.8	8.8	8.8
8 Роз'єднувач розрядника/індикатор несправності (якщо встановлено)	8.9	8.9	8.9
9 Випробування на коротке замикання	8.10	8.10	8.10
10 Згинальний момент	8.11	8.11	8.11
11 Екологічні випробування	8.12	8.12	8.12
12 Швидкість витоку ущільнення	8.13	8.13	8.13
13 Напруга радіоперешкод (RIV)	8.14	8.14	Не вимагається
14 Випробування для перевірки діелектричної стійкості внутрішніх компонентів розрядника	8.15	8.15	8.15
15 Перевірка компонентів внутрішньої оцінки	8.16	8.16	8.16
16 Тест на забруднення корпусу	Додаток С	Додаток С	Додаток С
Номери в рядках 1-16 стосуються пунктів і підпунктів цього стандарту			
ПРИМІТКА Типові випробування для інших типів розрядників (у полімерному корпусі, ГІС, з мертвою передньою частиною та відокремлюваними та зануреними в рідину) визначено в 10.8, 11.8, 12.8 та 13.8.			

Необхідна кількість зразків та їх умови вказуються в окремих пунктах. Розрядники, що відрізняються лише способами кріплення або розташуванням несучої конструкції, і які в іншому випадку базуються на тих самих компонентах і схожій конструкції, що призводить до однакові робочі характеристики, включаючи умови розсіювання тепла та внутрішню атмосферу, вважаються однаковими за конструкцією.

8.2 Випробування ізоляції на стійкість

8. Загальні положення 2.1

Випробування на витримку напруги демонструють здатність витримувати напругу зовнішньої ізоляції корпусу розрядника. Для інших конструкцій випробування повинні бути узгоджені між виробником і користувачем

Випробування проводяться в умовах і з напругою, зазначеними нижче. Зовнішню поверхню ізоляційних частин слід ретельно очистити, а внутрішні частини видалити або виведено з ладу для проведення цих випробувань.

Якщо будь-яка з умов, пов'язаних із відстанню сухої дуги до випробувальної напруги, як описано в 8.2.6, 8.2.7 або 8.2.8, тоді відповідне випробування, зазначене в 8.2.6, 8.2.7 або 8.2.8, проводити не потрібно, оскільки за цих умов витримувана напруга ізоляції розрядника за своєю суттю відповідатиме мінімальним вимогам.

8.2.2 Випробування корпусів окремих блоків

Для розрядників, призначених для використання в системах $U_s \leq 245$ кВ, випробування напругою грозового імпульсу згідно з 8.2.6 і випробування напругою промислової частоти згідно з 8.2.8 повинні проводитися на окремих корпусах блоків. Відповідні випробування проводять на найдовшому корпусі розрядника. Якщо це не відповідає найвищій питомій напрузі на одиницю довжини, необхідно провести додаткові випробування корпус блоку, що має найвищу питому напругу. Для випробування МО-резистори необхідно витягти з корпусу або замінити ізоляторами.

8.2.3 Випробування комплектних розрядників

Для розрядників, призначених для використання в системах $U_s > 245$ кВ, випробування напругою грозового імпульсу згідно з 8.2.6 та випробування імпульсною напругою перемикачів згідно з 8.2.7 на комплектні розрядники.

Перемикальні імпульсні випробування для розрядників, призначених для зовнішнього використання, повинні проводитися у вологих умовах з розрядником, розміщеним на підставці. Деталі використаного постаменту мають бути вказані в протоколі випробувань. Перемикальні імпульсні випробування для розрядників, призначених для використання всередині приміщень, слід проводити в сухих умовах.

Корпус повинен бути оснащений повною зовнішньою системою оцінки. МО-резистори повинні бути замінені резисторами, конденсаторами або МО-резисторами з більшим опором, щоб отримати приблизно таку саму градацію напруги розрядника під час розрядів сильного струму, яку б забезпечували фактичні МО-резистори, що використовуються в розряднику. При використанні МО резисторів, резистори повинні мати захисну характеристику, яка призведе до принаймні 1 А пікового значення під час випробування на стійкість ізоляції.

ПРИМІТКА. Використання МО-резисторів з більшим опором є альтернативою для випробувань грозовою та комутаційною імпульсною напругою, але не для випробування напругою промислової частоти через нездатність розрядника витримувати протягом 1 хв при прикладеній напругі промислової частоти для струму 1 А.

8.2.4 Умови навколишнього повітря під час випробувань

Напруга, яка повинна бути прикладена під час випробування на витримку, визначається множенням зазначеної витримуваної напруги на поправочний коефіцієнт, що враховує щільність і вологість (див. IEC 60060-1).

Поправку на вологість не слід застосовувати для випробувань у вологому стані.

8.2.5 Процедура мокрого випробування

Зовнішня ізоляція зовнішніх розрядників повинна бути піддана випробуванням на стійкість до вологи згідно з процедурою випробування, наведеною в IEC 60060-1.

8.2.6 Випробування імпульсної напруги блискавки

Розрядник повинен бути підданий стандартному сухому випробуванню напругою імпульсу блискавки відповідно до IEC 60060-1. Випробувальна напруга повинна принаймні в 1,3 рази перевищувати максимальну залишкову напругу розрядника при номінальному струмі розряду.

ПРИМІТКА Коефіцієнт 1,3 отримано з $1,15 \times e^{1000/8150}$, що відображає 15% коефіцієнт координації, який потрібно взяти до враховують розрядні струми, вищі за номінальні, і статистичну природу витримуваної напруги ізоляції, а також 13 % запас для врахування зміни тиску повітря від рівня моря до нормальних робочих висот, що не перевищують 1000 м.

П'ятнадцять послідовних імпульсів при випробувальному значенні напруги повинні бути застосовані для кожної полярності. Розрядник вважається таким, що пройшов випробування, якщо не відбувається внутрішніх розривних розрядів і якщо кількість зовнішніх розривних розрядів не перевищує двох у кожній серії з 15 імпульсів. Випробувальна напруга повинна дорівнювати рівню захисту від грозового імпульсу розрядника, помноженому на 1,3.

Якщо відстань сухої дуги або сума часткових відстаней сухої дуги в м більша за випробувальна напруга в кВ поділена на 500 кВ/м, це випробування не вимагається.

8.2.7 Перевірка імпульсної напруги

Розрядники класу станції згідно з таблицею 1, призначені для використання в системах $U_s > 245$ кВ, повинні бути піддані стандартному випробуванню комутаційною імпульсною напругою згідно з IEC 60060-1. Розрядники для зовнішнього використання повинні бути випробувані у вологих умовах, розрядники для внутрішнього використання в сухих умовах.

Випробувальна напруга повинна бути принаймні максимальною залишковою напругою комутаційного імпульсу розрядників, помноженою на $1,1 \times e_m \times 1000/8150$, де

- для розрядників, призначених для використання в системах $U_s \leq 800$ кВ, $m = 1$
- для розрядників, призначених для використання в системах $U_s > 800$ кВ, m

береться з IEC 60071-2:1996, малюнок 9, ізоляція фаза-земля, де значення на осі абсцис має бути в 1,1 рази більше рівня захисту від перемикачів розрядника

ПРИМІТКА 1. Коефіцієнт $1,1 \times e_m \times 1000/8150$ відображає 10 % коефіцієнт координації для врахування розряду струми вище норми та статистичний характер витримуваної напруги ізоляції, а 13 % запас для врахування коливань атмосферного тиску від рівня моря до нормальної робочої висоти, що не перевищує 1000 м.

При вимогах до ізоляції розрядників, призначених для використання в системах $U_s > 800$ кВ розраховані на основі вищевикладеного все ще вищі, ніж вибрані для захищеного обладнання рівні ізоляції також повинні застосовуватися до розрядників.

П'ятнадцять послідовних імпульсів при випробувальному значенні напруги повинні бути застосовані для кожної полярності. Розрядник вважається таким, що пройшов випробування, якщо не відбувається внутрішніх розривних розрядів і якщо кількість зовнішніх розривних розрядів не перевищує двох у кожній серії з 15 імпульсів.

Якщо відстань сухої дуги або сума часткових відстаней сухої дуги більша, ніж задано рівнянням $d = 2,2 \times [e(U/1069) - 1]$, де d — відстань у м, а U — випробувальна напруга в кВ, це випробування не вимагається.

ПРИМІТКА 2. Рівняння отримано з формули G.3 IEC 60071-2:1996, де U_{50} подається як $k \times 1080 \times I_n(0,46 \times d + 1)$, k — коефіцієнт розриву, d — відстань. Для цілей цього стандарту коефіцієнт розриву k є приймається рівним 1,1, а для досягнення витримуваної напруги враховуються два стандартних відхилення по 0,05 кожне.

8.2.8 Випробування напругою промислової частоти

Корпуси розрядників, призначених для зовнішнього використання, повинні бути випробувані у вологих умовах, і корпуси розрядників, призначених для використання всередині приміщень, випробовують у сухих умовах.

Корпуси розрядників класу розподілу згідно з таблицею 1 повинні витримувати напругу промислової частоти з піковим значенням, що дорівнює рівню захисту від грозового імпульсу, помноженому на 0,88, протягом 1 хв.

ПРИМІТКА 1 Коефіцієнт 0,88 враховує запас надійності 1,15 для імпульсних струмів блискавки вище ніж номінальний струм розряду, коефіцієнт корекції висоти 1,13 для висоти установки 1000 м, коефіцієнт 0,8 як типове співвідношення між рівнем захисту від перемикачів та імпульсу блискавки та тестовий коефіцієнт перетворення $0,6 \times \sqrt{2}$ для перетворення від напруги перемикачів імпульсу до пікового значення напруги промислової частоти згідно з таблицею 2 IEC 60071-2:1996.

Корпуси розрядників станційного класу згідно з таблицею 1, призначені для застосування в системах $U_s \leq 245$ кВ, повинні витримувати напругу промислової частоти з піковим значенням, рівним рівню захисту від комутаційного імпульсу, помножений на 1,06 протягом 1 хв.

ПРИМІТКА 2. Коефіцієнт 1,06 враховує запас надійності 1,1 для вищих імпульсних струмів перемикачів, коефіцієнт корекції висоти 1,13 для висоти установки 1000 м і коефіцієнт перетворення випробування $0,6 \times \sqrt{2}$ відповідно до до таблиці 2 IEC 60071-2:1996.

Якщо відстань сухої дуги або сума часткових відстаней сухої дуги більша, ніж задано рівнянням $d = [1,82 \times (e^{(U/859)} - 1)]^{0,833}$, де d — відстань у м, а U є піком значення випробувальної напруги промислової частоти в кВ, це випробування не вимагається.

ПРИМІТКА 3. Рівняння отримано з формули G.1 IEC 60071-2:1996, де пікове значення U_{50} задано як $750 \times \sqrt{2} \times I_n(1 + 0,55 \times d^{1,2})$, d є відстанню. Згідно з рекомендаціями, наданими в IEC 60071-2, для цілей цього стандарту коефіцієнт зазору k вважається рівним 1, напруга, що витримується, становить 90 % від U_{50} , і передбачається зниження U_{50} на 10 % для вологі умови порівняно з сухими.

8.3 Випробування залишкової напруги

8.3.1 Загальні положення

Метою випробування типу залишкової напруги є отримання даних, необхідних для отримання максимальну залишкову напругу, як пояснюється в 6.3. Він включає розрахунок співвідношення між напруги при заданих імпульсних струмах і рівень напруги, перевірений під час звичайних випробувань. Остання напруга може бути або еталонною напругою, або залишковою напругою при відповідному імпульсі струму блискавки в діапазоні від 0,01 до 2 номінальних струмів розряду залежно від вибору виробником процедури рутинного випробування.

Максимальна залишкова напруга при імпульсі струму блискавки, що використовується для планових випробувань, повинна бути визначена та опублікована в даних виробника. Максимальні залишкові напруги конструкції для всіх заданих струмів і форм хвилі отримують шляхом множення виміряних залишкових напруг тестових ділянок на відношення заявленої максимальної залишкової напруги при поточному випробувальному струмі до виміряної залишкової напруги для ділянки при однаковий струм.

Для розрядників з номінальною напругою нижче 36 кВ (див. пункт b) 9.1) виробник може вибрати перевірку лише еталонної напруги шляхом планового випробування. Максимальна опорна напруга потім уточнюється. Виміряні залишкові напруги випробувальних ділянок множаться на відношення цієї максимальної опорної напруги розрядника до виміряної еталонної напруги випробувальних ділянок, щоб отримати максимальні залишкові напруги для всіх заданих струмів і форм хвилі.

Усі випробування на залишкову напругу слід проводити на тих самих трьох зразках комплектних розрядників або секцій розрядників. Час між розрядами повинен бути достатнім, щоб дозволити взяти проби повернутися приблизно до температури навколишнього середовища. Для багатоколонних розрядників випробування можна проводити на ділянках, виготовлених лише з однієї колони; потім вимірюються залишкові напруги для струмів, отриманих із сумарних струмів у повному розряднику, поділених на кількість стовпців.

8.3.2 Випробування залишкової напруги різкого імпульсу струму

Один крутий імпульс струму з піковим значенням, що дорівнює номінальному розрядному струму розрядника ± 5 %, прикладається до кожного з трьох зразків. Пікове значення та форму імпульсу напруги, що виникає на трьох зразках, повинні бути записані та, якщо необхідно, з поправкою на індуктивні ефекти схеми вимірювання напруги, а також на геометрію тестовий зразок і тестову схему.

Щоб визначити, чи потрібна індуктивна корекція, слід використовувати наступну процедуру:

- Різкий імпульс струму, як описано вище, повинен бути застосований до блоку з кольорового металу мають ті самі розміри, що й зразки МО резисторів, що тестуються. Пікове значення і має бути записана форма напруги, що виникає на металевому блоці.
- Якщо пікова напруга на металевому блоці становить менше 2 % від пікової напруги МО зразки резисторів, індуктивна корекція вимірювань МО-резистора не потрібна.
- Якщо пікова напруга на металевому блоці становить від 2 % до 20 % від пікової напруги на Зразок резистора МО, тоді форму імпульсу напруги металевому блоку слід відняти від форми імпульсу кожного з напруг МО резистора та пікових значень результуючі форми імпульсів повинні бути записані як скориговані напруги МО резистора.
- Якщо пікова напруга на металевому блоці перевищує 20 % пікової напруги на МО зразки резисторів, то тестова схема та схема вимірювання напруги повинні бути вдосконалені і тестування повторюється.

ПРИМІТКА 1. Можливим способом досягнення однакових форм хвиль струму під час усіх вимірювань є їх виконання як тестовий зразок, так і металевий блок, з'єднані послідовно в тестову схему. Тільки їх положення відносно кожного іншого потрібно замінити для вимірювання падіння напруги на металевому блоці або на тестовому зразку.

Найвища з трьох виміряних залишкових напруг, скоригована, якщо необхідно, як зазначено вище, і помножена на масштабний коефіцієнт (див. 7.3) визначається як захист від крутого струму. Рівень розрядника без урахування внеску індуктивної напруги розрядника.

Крім того, максимальна залишкова напруга крутого струму, включаючи внесок індуктивної напруги, повинна бути розрахована, як зазначено в 6.3.

ПРИМІТКА 2 Підключення проводів для підключення розрядника до системи живлення призведе до додаткового індуктивного падіння напруги для крутих імпульсних струмів.

8.3.3 Випробування залишкової напруги грозового імпульсу

Один імпульс струму блискавки прикладається до кожного з трьох зразків для кожного з них після трьох пікових значень приблизно 0,5, 1 і 2 номінального струму розряду розрядника. Час віртуального фронту має бути в межах від 7 мкс до 9 мкс, тоді як час напівзначення (що не є критичним) може мати будь-який допуск. Залишкові напруги визначаються згідно з 6.3. Максимальні значення визначених залишкових напруг повинні бути зображені на кривій залежності залишкової напруги від струму розряду. Залишкова напруга, зчитана на такій кривій, що відповідає номінальному струму розряду, визначається як захист від імпульсу блискавки рівень розрядника.

Якщо повне звичайне випробування розрядника не може бути проведено при одному з вищезазначених струмів, тоді додаткові типові випробування повинні бути проведені при струмі в діапазоні від 0,01 до 0,25 номінального струму розряду для порівняння з повним розрядником.

8.3.4 Випробування імпульсної залишкової напруги комутації

Один імпульс струму перемикачів прикладається до кожного з трьох зразків з піковими значеннями згідно з таблицею 1 з допуском $\pm 5\%$. Залишкові напруги визначаються відповідно до 6.3. Найвища з цих трьох напруг визначається як залишкова напруга комутаційного імпульсу розрядника.

8.4 Випробування для перевірки тривалої стабільності під постійною робочою напругою

8.4.1 Загальні положення

Як правило, за нормальної роботи розрядник перенапруги напружується при напрузі, нижчій за його опорну напругу U_{ref} . Випробування для перевірки довгострокової стабільності для таких випадків наведено в 8.4.2.

Однак для деяких конструкцій розрядників нормальна робоча напруга може бути на рівні або навіть вище U_{ref} , у цьому випадку може бути неможливо виконати випробування таким же чином, і альтернативне випробування для цього випадку наведено в 8.4.3.

8.4.2 Елементи резистора МО під напругою нижче U_{ref}

8.4.2.1 Процедура

Це випробування необхідно виконати на трьох нових зразках МО-резисторів з еталонною напругою, яка відповідає вимогам 7.3. Напруга промислової частоти має відповідати вимогам, викладеним для випробування робочого режиму (див. 8.7.1). Весь матеріал (твердий або рідкий), що безпосередньо контактує з МО-резисторами в розряднику, повинен бути присутнім під час випробування на старіння з тією ж конструкцією, що використовується в повному розряднику.

Під час випробування МО-резистори повинні бути поміщені в духовку з контрольованою температурою в тому ж навколишньому середовищі, яке використовується в розряднику. Об'єм камери печі повинен бути не менше ніж вдвічі більше об'єму МО резистора, а щільність середовища в камері повинна бути не менше щільності середовища в розряднику.

ПРИМІТКА 1. Середовище, що оточує МО-резистор у розряднику, може зазнавати змін протягом нормального терміну служби розрядника через внутрішні часткові розряди. Можлива зміна середовища, що оточує МО резистор, в полі може значно збільшити втрати потужності.

Розглядається відповідна процедура тестування з урахуванням таких модифікацій. Протягом цього часу альтернативна процедура полягає у виконанні випробування в N_2 або SF_6 (для GIS-розрядників) з низькою концентрацією кисню (менше 0,1 % за об'ємом). Це гарантує, що навіть за повної відсутності кисню розрядник не старіє.

Якщо виробник може довести, що тест, проведений на відкритому повітрі, еквівалентний тесту, проведеному в реальному середовищі, процедуру старіння можна проводити на відкритому повітрі.

МО-резистори повинні бути нагріті до $115\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4\text{ K}$, а втрати потужності МО-резистора P_{start} повинні бути виміряні при скоригованій максимальній безперервній робочій напрузі U_{ct} (див. нижче) через 3 години ± 15 хвилин після подачі напруги. Зразки витримують при цій напрузі протягом 1000 годин, протягом яких температуру печі слід контролювати, щоб підтримувати температуру поверхні МО-резистора на рівні $115\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4\text{ K}$. Втрати потужності МО резистора повинні вимірюватися при U_{ct} з інтервалами не більше 100 год. Після першого вимірювання, а остаточне вимірювання, P_{end} , повинно бути зроблено після 1000^{+100} год. старіння. Найменші втрати потужності, досягнуті протягом періоду випробування, позначаються як P_{min} (див. малюнок 1).

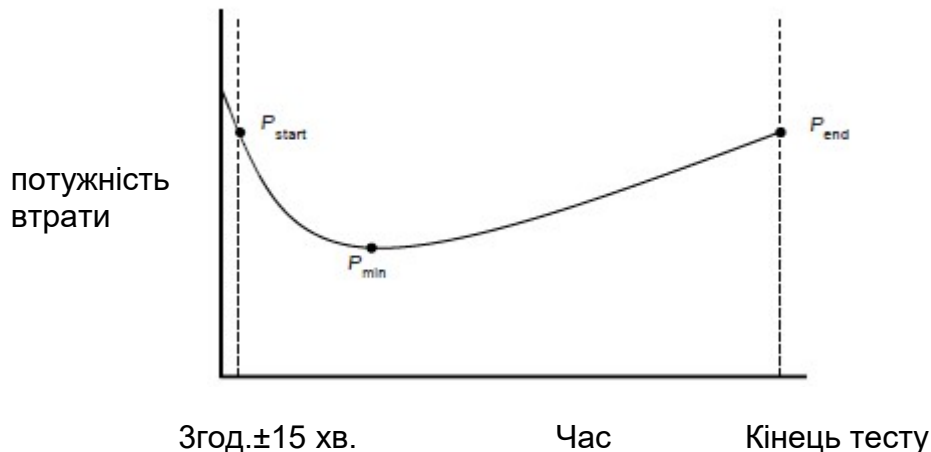


Рисунок 1 – Ілюстрація втрат потужності в залежності від часу під час довготривалого тесту на стабільність

Допускається випадкове проміжне знеструмлення дослідних зразків, що не перевищує загальну тривалість 24 години протягом періоду випробування. Перерва не буде зарахована в тривалість тесту. Остаточне вимірювання слід проводити не менше ніж через 100 годин безперервної подачі напруги. У межах дозволеного температурного діапазону всі вимірювання повинні проводитись за однієї температури ± 1 К. Релевантною напругою для цієї процедури є скоригований максимальний тривалий режим роботи напруги (U_{ct}), яку підтримують МО резистори в розряднику, включаючи дисбаланс напруги ефекти. Ця напруга повинна визначатися вимірюваннями або обчисленнями розподілу напруги.

ПРИМІТКА 2 Інформація щодо процедур розрахунку розподілу напруги наведена в Додатку F.

Для розрядників довжиною H менше 1 м, за винятком розрядників із струмопровідним заземленим корпусом, таких як розрядники GIS, занурені в рідину, глухі фронтальні або екрановані /екранованих роздільних розрядників, напруга може бути визначена за такою формулою:

$$U_{ct} = U_c (1 + 0,15 H)$$

Де H - загальна довжина розрядника (м).

8.4.2.2 Оцінювання

Випробування вважається пройденим, якщо для всіх трьох МО резисторів відповідають наступним критеріям:

- будь-яке збільшення втрат потужності від P_{min} не перевищує 1,3 рази P_{min} протягом тестовий період, що залишився усі вимірювання втрат потужності протягом періоду витримки, включаючи остаточне вимірювання, P_{end} , не перевищують $1,1 P_{start}$.

Процедура випробування елементів МО-резистора під напругою U_{ref} або вище 8.4.3

8.4.3.1 Загальні положення

Якщо U_{ct} є близьким або вищим за еталонну напругу, можливо, буде неможливо виконати прискорене випробування на старіння при U_{ct} через надзвичайну залежність від напруги для втрат потужності та стабільності доступного джерела напруги.

Якщо $U_{ct} \geq 0,95 \times U_{ref}$ і якщо це неможливо виконати

випробування на прискорене старіння згідно з 8.4.2.1, застосовується ця альтернативна процедура випробування та замінює 8.4.2.1 та 8.4.2.2

Кроки, необхідні для процедури, такі:

- 1) Розрахувати втрати потужності, P_{ct} , для найбільш напруженого МО резистора в розряднику (при $T_a = 40\text{ °C}$ і $U = U_c$).
- 2) Визначте температуру стаціонарного режиму, T_{st} , для найбільш напруженої частини розрядника за допомогою однієї з трьох альтернативних процедур 8.4.3.2.
- 3) За напруги U_{ct} визначте відношення, k_x , втрат потужності при 115 °C до втрат потужності при T_{st} для тип використовуваних МО резисторів.
- 4) Виконайте тест на прискорене старіння при постійних втратах потужності $k_x \times P_{ct}$.
- 5) Перервати тест на короткий час і провести вимірювання втрат потужності через 100 год інтервали.
- 6) Якщо $T_{st} > 60\text{ °C}$, збільште температуру випробування або тривалість випробування.
- 7) Оцініть втрати потужності кроку 5) відповідно до 8.4.3.4

8.4.3.2 Визначення параметрів тестування

Розрахувати втрати потужності, P_{ct} , при максимальній температурі навколишнього середовища 40 °C з розрядник під напругою U_c , для резистора МО під найвищою напругою згідно з Додатком F, включаючи вплив резистивного струму.

ПРИМІТКА 1. Максимальні температури навколишнього середовища для розрядників із глухим фронтом і занурених у рідину 65 °C і 95 °C відповідно. Виберіть одну з трьох наведених нижче процедур випробування, щоб визначити температуру сталого режиму, T_{st} , найбільш напруженої частини розрядника при максимальній температурі навколишнього середовища.

ПРИМІТКА 2. Процедури випробувань вважаються консервативними в порядку зростання від 1 до 3.

1) При температурі навколишнього середовища $25\text{ °C} \pm 10\text{ K}$ подайте напругу на весь розрядник із заявленою U_c , доки не буде досягнуто стабільних температурних умов. Температура повинна бути вимірюється на МО-резисторах у п'яти точках, максимально рівномірно розташованих сильно напружена частина 20 % довжини кожної колони розрядника. Якщо ці 20% частина містить менше п'яти МО резисторів, кількість точок вимірювання може бути обмежується однією точкою на кожному МО-резисторі. Підвищення середньої температури вище температури навколишнього повітря резисторні елементи МО повинні бути додані до максимальної температури навколишнього середовища для отримання температури T_{ct} .

2) При максимальній температурі навколишнього середовища увімкніть пропорційно нагріваючи секцію репрезентативний для типу розрядника на рівні напруги, що призводить до тієї самої потужності втрати на МО резистор, як визначено вище. Підтримуйте втрати потужності постійними шляхом регулювання напруги, якщо необхідно. Виміряйте температуру резисторів МО в усталеному режимі умови і розрахувати середню усталену температуру, яка встановлюється рівною T_{ct} .

3) При температурі навколишнього середовища $25\text{ °C} \pm 10\text{ K}$ увімкніть пропорційно теплову секцію репрезентативний для типу розрядника на рівні напруги, що призводить до тієї самої потужності втрати на МО резистор, як визначено вище. Підтримуйте втрати потужності постійними шляхом регулювання напруги, якщо необхідно. Виміряйте температуру резисторів МО в усталеному режимі умови та розрахувати середнє підвищення стабільної температури, ΔT_{st} , вище навколишнього середовища. Визначте температуру T_{st} , додавши ΔT_{st} до максимальної температури навколишнього середовища. Теплопропорційна секція повинна відповідати 7.3.2.1.

За напруги U_{ct} визначте відношення, k_x , втрат потужності при 115 °C до втрат потужності при T_{st} для використовуваного типу МО-резисторів. Для цього випробування джерело напруги повинно відповідати вимогам згідно з 8.7.1.

8.4.3.3 Процедура

Випробування проводять на трьох типових зразках МО-резисторів з еталонною напругою, яка відповідає вимогам 7.3. Три зразки МО-резисторів піддаються постійним втратам потужності, рівним $k_x \times P_{ct}$ (допуск $0 +30\%$) за 1000 год. Під час випробування температура необхідно контролювати, щоб підтримувати температуру поверхні МО-резистора на рівні необхідної температури випробування $T_t \pm 4\text{ K}$. Прикладена випробувальна напруга на початку випробування має бути не менше $0,95 \times U_{ct}$. Якщо температура T_{st} дорівнює або нижча за $60\text{ }^\circ\text{C}$, T_t має бути $115\text{ }^\circ\text{C}$. Якщо T_{st} перевищує $60\text{ }^\circ\text{C}$, або температуру випробування, або тривалість випробування необхідно збільшити наступним чином.

Підвищення температури випробування

$$T_t = 115 + (T_{st} - T_{a,max} - \Delta T_n)$$

Де T_t - температура випробування в $^\circ\text{C}$;
 T_{st} - стаціонарна температура МО резисторів у $^\circ\text{C}$;
 $T_{a,max}$ - максимальна температура навколишнього середовища в $^\circ\text{C}$;
 $\Delta T_n = 20\text{ K}$.

ПРИМІТКА 1. Для рідинних розрядників $\Delta T_n = 25\text{ K}$, що є результатом вимоги, щоб робочий режим Початкова температура випробування для цих розрядників ($120\text{ }^\circ\text{C}$) на 25 K вище максимальної температури навколишнього середовища ($95\text{ }^\circ\text{C}$), тоді як для інших розрядників різниця між початковою температурою робочого режиму випробування та максимальною температурою навколишнього середовища становить 20 K .

Збільшення часу тестування

$$t = t_0 \times 2,5\Delta T/10$$

де t - час випробування в год;
 $t_0 = 1000\text{ год}$;
 ΔT - температура вище $60\text{ }^\circ\text{C}$.

ПРИМІТКА 2. Для розрядників із глухим фронтом і занурених у рідину t_0 становить 2000 год і 7000 год відповідно, а ΔT є температура вище $85\text{ }^\circ\text{C}$ і $120\text{ }^\circ\text{C}$ відповідно.

Через одну-дві години після подачі напруги напруга регулюється до напруги в діапазоні від $0,95 \times U_{ct}$ до U_{ct} і вимірюються втрати потужності P_{start} . Це вимірювання повторюється один раз приблизно кожні 100 годин після першого вимірювання та під час остаточного тестування 0^{+100} год . старіння вимірюють остаточні втрати потужності, P_{end} .

Весь матеріал (твердий або рідкий), що безпосередньо контактує з МО-резисторами в розряднику, повинен бути присутнім під час випробування на старіння з тією ж конструкцією, що використовується в повному розряднику.

Під час випробування МО-резистори повинні бути поміщені в духовку з контрольованою температурою в тому ж навколишньому середовищі, яке використовується в розряднику. Об'єм камери печі повинен бути не менше ніж вдвічі більше об'єму МО резистора, а щільність середовища в камері повинна бути не менше щільності середовища в розряднику.

ПРИМІТКА 3. Середовище, що оточує МО-резистор у розряднику, може зазнавати змін протягом нормального терміну служби розрядника через внутрішні часткові розряди. Можлива зміна середовища, що оточує МО резистор, в полі може значно збільшити втрати потужності.

Розглядається відповідна процедура тестування з урахуванням таких модифікацій. Протягом цього часу, альтернативна процедура полягає у виконанні тесту в N_2 або SF_6 (для GIS-розрядників) з низьким вмістом кисню.

концентрація (менше 0,1 % за об'ємом). Це гарантує, що навіть за повної відсутності кисню розрядник не старіє.

Якщо виробник може довести, що тест, проведений на відкритому повітрі, еквівалентний тесту, проведеному в реальному середовищі, процедуру старіння можна проводити на відкритому повітрі.

Допускається випадкове проміжне знеструмлення дослідних зразків, що не перевищує загальну тривалість 24 години протягом періоду випробування. Перерва не буде зарахована в тривалість тесту. Остаточне вимірювання слід проводити не менше ніж через 100 годин безперервної подачі напруги. Усі вимірювання мають бути в межах допустимого температурного діапазону виготовлені при тій же температурі ± 1 К.

8.4.3.4 Оцінювання

Випробування вважається пройденим, якщо для всіх трьох МО резисторів відповідають наступним критеріям:

будь-яке збільшення втрат потужності від $P_{\min}$ не перевищує 1,3 рази $P_{\min}$ протягом тестового періоду, що залишився усі вимірювання втрат потужності протягом періоду витримки, включаючи остаточне вимірювання, P_{end} , не перевищують 1,1 P_{start} .

8.5 Випробування для перевірки рейтингу повторного перенесення заряду, Q_{rs}

8.5.1 Загальні положення

Метою цього випробування є перевірка рейтингу повторного перенесення заряду, Q_{rs} , розрядника.

Можливість повторного перенесення заряду вказується як напруга імпульсного струму, яка може бути витримав МО резисторів розрядника двадцять разів без механічних або неприпустимих електричних пошкоджень. Вважається, що напруга одного імпульсного струму представляє подію перенесення заряду, яка може відбутися в реальних умовах системи. Рейтинг повторюваного перенесення заряду пов'язаний з певною дуже низькою ймовірністю відмови і, таким чином, є не детерміністичним, а статистичним значенням. Випробування проводять на окремих МО-резисторах із значенням заряду в діапазоні від 1,1 до 1,2 номінального значення, вибраного зі списку в 8.5.4. За допомогою цього підходу передбачається, що продуктивність окремих МО резисторів також може бути призначена повному розряднику, побудованому з цих МО резисторів, на основі вимог випробування та вибраного статистичного підходу.

З метою кращого порівняння в якості тестової основи було обрано плату МО резистори різних марок.

Для цього випробування необхідно застосовувати довготривалі імпульсні струми або однополярні синусоїдні напівхвильові імпульси струму однакової тривалості. Тільки для МО резисторів, які призначені для використання в розрядники класу розподілу та в NGLA, імпульсні струми блискавки 8/20 мкс або блискавка можна використовувати імпульсні розряди згідно з 3.32. Вибір залишається на розсуд виробник.

Розряднику має бути присвоєно значення Q_{rs} зі списку, наведеного в 8.5.4.

Першу послідовність випробувань необхідно виконати на 10 зразках МО-резисторів, відібраних відповідно до 7.3.1 г). Якщо виходить з ладу не більше одного МО-резистора, весь тест вважається успішним. Якщо два МО резистори невдало, друга послідовність, ідентична першій, повинна бути виконана на додаткових 10 зразках. Повне випробування має бути успішно пройдено, якщо під час цієї другої послідовності не виходить з ладу МО резистор. Якщо більше ніж два МО-резистори виходять з ладу в першій послідовності випробувань або будь-який МО-резистор виходить з ладу в другій послідовності випробувань, весь тест вважається невдалим.

8. 5.2 Процедура випробувань

На рисунку 2 наведено огляд процедури тестування.

Початкові випробування • Перевірка залишкової напруги при номінальному струмі розряду • Випробування еталонної напруги при заданому еталонному струмі
Застосування 1,1 рази Qrs • 1-ша послідовність: 20 імпульсів на вибірку (10 проб) • якщо протягом 1-ї послідовності виявилось не більше ніж один збій зразка: тест пройдено • якщо протягом 1-ї послідовності не більше двох проб невдало: проведіть 2-у послідовність з 10 зразками, 20 імпульсів на вибірку • якщо більше двох невдалих зразків у 1-й послідовності або будь-яка невдача зразків у 2-й послідовність: тест не вдалося
Тестове оцінювання: перевірка на • відсутність механічних пошкоджень при візуальному огляді • зміна опорної напруги в межах $\pm 5\%$ • зміна залишкової напруги при номінальному струмі розряду в межах $\pm 5\%$ • здатність витримувати один імпульс струму 8/20 принаймні 0,5 кА/см2 пік щільність струму або 2 In, залежно від того, що менше

Рисунок 2 – Процедура випробувань для перевірки рейтингу повторного перенесення заряду, Qrs

Десять пробних зразків повинні бути випробувані в першій послідовності. Залежно від результатів, це може бути необхідно перевірити додаткові десять зразків у другій послідовності. Зразки повинні відповідати вимогам 7.3.

Слід дотримуватися такої процедури:

Кожен зразок повинен бути підданий випробуванню на залишкову напругу при номінальному розрядному струмі та випробуванню еталонною напругою при заданому еталонному струмі до та після випробування. Для МО резисторів у багатоколонних розрядниках номінальний струм розряду, застосований у випробуванні, є найвищим номінальним струмом розряду, який використовується для типу МО резисторів у будь-якій конструкції. Кожен зразок повинен бути підданий двадцяти імпульсам струму, розподіленим у десять груп по два імпульси, з часом між імпульсами в межах групи від 50 до 60 с і часом між групами, достатнім для охолодження до температури навколишнього середовища. Форма хвилі та тривалість імпульсів струму мають бути такими:

- а) для розрядників, не призначених для застосування в повітряних мережах передачі або розподілу лінії (тобто призначені для використання на станціях): довготривалі (прямокутні) імпульси 2 мс до 4 мс віртуальна загальна тривалість або однополярні синусоїдні напівхвилеві імпульси від 2 мс до 4 мс загальна тривалість мс;
- б) для NGLA: грозові імпульсні розряди згідно з Додатком Н;
- в) для розрядників класу розподілу: 8/20 імпульсів блискавки.

Вміст заряду кожного імпульсу має бути таким:

- а) для одноколонкових розрядників: щонайменше дорівнює заявленому повторюваному перенесенню заряду рейтинг (вибраний зі списку, наведеного в 8.5.4), помножений на 1,1;

- б) для багатоколонкових розрядників: принаймні дорівнює заявленому повторюваному перенесенню заряду рейтинг (вибраний зі списку, наведеного в 8.5.4), помножений на 1,1, потім поділений на кількість стовпців, а потім помножити на поточний коефіцієнт спільного використання β_g (див. п в) із 7.3).

ПРИМІТКА 1. Вважається, що вимога випробування, щонайменше в 1,1 раз перевищує номінальне значення заряду, дає достатню впевненість у тому, що характеристики окремих МО резисторів також можуть бути призначені повні розрядники, побудовані з цього типу МО резисторів.

ПРИМІТКА 2. Якщо МО-резистори, випробувані зі значеннями заряду для одноколонкових розрядників, використовуються в багатоколонковому розряднику і не проводяться нові випробування, рейтинг повторного перенесення заряду для повного багатоколонкового розрядника розрядник є наступним нижчим або рівним значенням (у списку, наведеному в 8.5.4) номіналу повторного перенесення заряду резисторів МО, помноженого на кількість стовпців і поділеного на коефіцієнт розподілу струму.

8.5.3 Оцінка тесту

Повний тест вважається пройденим, якщо будь-яке з них

- не більше однієї вибірки вийшло з ладу протягом першої послідовності, або
- не більше двох зразків вийшли з ладу протягом двох послідовностей.

В іншому випадку випробування вважається невдалим, і має бути обраний нижчий рівень заряду, Q_{rs} , зі списку, наведеного в 8.5.4, і випробування слід повторити для цього нижчого рівня заряду після процедуру, наведену в 8.5.2.

ПРИМІТКА 1. Якщо під час першої послідовності трапиться лише один збій, і це станеться, у гіршому випадку, під час найпершої подачі імпульсу, наприкінці буде застосовано 180 імпульсів без збою, що дасть ймовірність збою макс. $1/181 = 0,0056$ або $0,56\%$ для повного тесту. Якщо під час першої послідовності виникнуть два збої, і це станеться, знову як найгірший випадок, під час найперших застосувань до двох зразків, 360 імпульсів без збою буде застосовано в кінці обох послідовностей, що знову дає ймовірність збою макс. $2/362 = 0,0056$ або $0,56\%$ для повного тесту.

Вважається, що кожен окремий зразок витримав повну серію імпульсів, якщо відповідають усім наступним критеріям:

- відсутні ознаки механічних пошкоджень (проколів, спалахів або тріщин);
- будь-яка зміна еталонної напруги до і після випробування, виміряна при цьому температура $\pm 3\text{ K}$, в межах $\pm 5\%$;
- будь-яка зміна залишкової напруги при номінальному струмі розряду до і після випробування знаходиться в межах $\pm 5\%$;
- остаточне застосування імпульсу струму $8/20\text{ мкс}$ амплітуди, що призводить до струму щільність щонайменше $0,5\text{ кА/см}^2$ або в 2 рази I_n , залежно від того, що менше, пропускається без механічних пошкоджень.

ПРИМІТКА 2. Пошкодження металізації горінням або дугою не вважається механічним пошкодженням, якщо всі інші критерії проходження відповідають.

Номінальні значення рейтингу повторного перенесення заряду, 8. Q_{rs} 5.4

Номінальні значення повторюваного перенесення заряду беруться з наступного списку:

- від $0,1\text{ C}$ до $1,2\text{ C}$ з кроком $0,1\text{ C}$
- від $1,2\text{ C}$ до $4,4\text{ C}$ з кроком $0,4\text{ C}$
- від $4,4\text{ C}$ до $10,0\text{ C}$ з кроком $0,8\text{ C}$
- від 10 C до 20 C з кроком 2 C
- від 20 C вгору з кроком 4 C

ПРИМІТКА Наступні фактори для розрахунку відповідних амплітуд імпульсного струму на основі значень заряду:

дається для ознайомлення:

- Довготривалий струм, 2 мс : $i / A \approx 500 \times Q_{rs} / C$
- Довготривалий струм, 4 мс : $i / A \approx 250 \times Q_{rs} / C$
- Однополярна синусоїда напівхвилі, 2 мс : $i / A \approx 786 \times Q_{rs} / C$
- Однополярна синусоїда напівхвилі, 4 мс : $i / A \approx 393 \times Q_{rs} / C$
- Імпульс струму блискавки $8/20$: $i / \text{кА} \approx 62 \times Q_{rs} / C$
- Імпульсний розряд блискавки відповідно до 3.32: $i / \text{кА} \approx 8 \times Q_{rs} / C$

Отримані амплітуди струму є інформативними та є приблизними значеннями, розрахованими в припущенні ідеальної прямокутної форми імпульсного струму у випадку довготривалих імпульсів струму, ідеального імпульсу струму блискавки $8/20\text{ мкс}$ та ідеальної синусоїдальної напівхвилі струму базового часу 200 мкс у випадку блискавки

імпульсні розряди. Оскільки фактична форма струму буде відрізнятися від ідеальної форми, фактичні амплітуди, необхідні для досягнення номінальних значень заряду, можуть відрізнятися від наведених тут значень.

8.6 Характер розсіювання тепла досліджуваного зразка

8.6.1 Загальні положення

Під час випробування робочого режиму (8.7) і випробування напруги промислової частоти від часу (8.8). Поведінка досліджуваного зразка значною мірою залежить від здатності зразка розсіювати тепло, тобто охолоджуватися після впливу розряду.

Отже, досліджувані зразки повинні мати перехідний і постійний режим розсіювання тепла здатність і теплоємність, еквівалентні повному розряднику, якщо правильну інформацію потрібно отримати в результаті випробування. За однакових умов навколишнього середовища МО-резистори у зразку та в повному розряднику повинні досягати однакової температури при однаковій напрузі.

Для демонстрації цієї еквівалентності необхідно провести випробування (див. 8.6.3).

8.6.2 Вимоги до секції розрядника

Вимоги вказані в 7.3.2.1.

8.6.3 Процедура перевірки теплової еквівалентності між повним розрядником і секцією розрядника

Термічна еквівалентність між повним розрядником і секцією розрядника повинна бути продемонстрована згідно з процедурою Додатку В

8.7 Робочі випробування

8.7.1 Загальні положення

Метою цього випробування є перевірка здатності розрядника до термічного відновлення після введення номінальної теплової енергії, W_{th} , або передачі номінального теплового заряду, Q_{th} , відповідно, за прикладеної тимчасової перенапруги та наступних умов постійної робочої напруги. Випробування проводять на трьох зразках.

ПРИМІТКА 1. Хоча термічна стабільність в основному не має статистичного характеру, визначено три досліджувані зразки. Це компенсує такі статистичні фактори, як неправильне регулювання напруги, мінливість характеристики втрати потужності, допуск під час введення енергії тощо.

Зразки повинні відповідати вимогам 7.3.

Кожній конструкції розрядника має бути присвоєно або рейтинг теплової енергії, W_{th} , або рейтинг теплового заряду, Q_{th} , залежно від його застосування:

- для розрядників класу станції: W_{th} зі списку в 8.7.3
- для розрядників класу розподілу: Q_{th} з табл. 5

ПРИМІТКА 2. Вимоги до NGLA наразі залишаються незмінними. Таким чином, застосовуються значення енергії, значення заряду та процедура випробування згідно з Додатком Н.

Частину випробування (8.7.2.2), що стосується визначення характеристик і кондиціонування, можна виконувати при температурі навколишнього середовища $20\text{ °C} \pm 15\text{ K}$ на МО-резисторах у нерухомому повітрі або на діелектрично-пропорційній ділянці відповідно до 7.3.2.2.

Частину цього випробування (8.7.2.3), яка стосується рекуперації тепла, необхідно виконувати на ділянках із пропорційною температурою відповідно до 7.3.2.1. Необхідно продемонструвати адекватними методами, що вимога щодо початкової температури виконується на початку частини випробування, пов'язаної з відновленням температури.

Відносна невизначеність між вимірюваннями прикладеної напруги не повинна перевищувати $\pm 1\%$. Цього можна досягти будь-яким придатним засобом, напр. за допомогою ідентичних установок вимірювання або шляхом калібрування всіх використаних установок вимірювання до $\pm 1\%$. Пікове значення напруги не повинно змінюватися більш ніж на 1% від стану холостого ходу до стану повного навантаження. Відношення пікової напруги до середньоквадратичного значення не повинно відхилятися від $\sqrt{2}$ більш ніж на 2% . Під час випробувань напруга промислової частоти не повинна відхилятися від заданих значень більш ніж на $\pm 1\%$.

8. 7.2 Процедура випробування

8.7.2.1 Загальні положення

На рисунку 3 наведено огляд процедури тестування.

Попередні випробування
• Перевірка термічної еквівалентності термічно пропорційної секції
Початкові випробування для характеристики зразка
• Перевірка залишкової напруги при номінальному струмі розряду
• Випробування еталонної напруги при заданому еталонному струмі
• Перевірте правильність розподілу струму у випадку конструкції розрядника з кількома колонками
Визначення безперервної робочої напруги та номінальної напруги, за необхідності скоригованої згідно з 7.3
Кондиціонування
Розрядники класу станції:
• Два імпульси сильного струму (згідно з таблицею 4)
Розрядники класу розподілу:
• Один імпульс сильного струму (згідно з таблицею 4)
Зберігайте для використання в майбутньому
Попереднє нагрівання до початкової температури згідно з 8.7.2.3.
Розрядники класу станції:
• Номінальна інжекція теплової енергії, W_{th} , протягом трьох хвилин одним або більше довготривалими імпульсами струму або уніполярними синусоїдальними напівхвильовими імпульсами струму або, у випадку NGLA, грозовими імпульсними розрядами згідно з 8.7.3
Розрядники класу розподілу:
• Номінальна передача теплового заряду, Q_{th} , протягом однієї хвилини двома струмами блискавки імпульси 8/20 мкс згідно з 8.7.3
Застосування U_r протягом 10 с (протягом 100 мс після введення енергії або заряду)
Застосування U_c протягом щонайменше 30 хвилин (доки не стане очевидним відповідність або невідповідність)
Оцінка тесту
• Термічна рекуперація
• Відсутність фізичних пошкоджень
• Зміна залишкової напруги при номінальному струмі розряду в межах $\pm 5\%$

Рисунок 3 – Процедура випробування для перевірки рейтингу теплової енергії, W_{th} , і рейтингу передачі теплового заряду, Q_{th} , відповідно

Для розрядників, призначених для застосування в системах $U_s \leq 800$ кВ, початкова температура, ϑ_{start} , частини випробування, пов'язаної з рекуперацією тепла, має становити $\vartheta_{start} \pm 3$ К. Для розрядників, призначених для застосування в системах $U_s > 800$ кВ, початкову температуру слід визначати згідно з Додатком І. 8.7.2.2 Характеристика та кондиціонування для характеристики та кондиціонування слід застосовувати наступну процедуру:

Кожен зразок повинен бути підданий випробуванню на залишкову напругу при номінальному розрядному струмі до та після випробування та випробуванню еталонної напруги при визначеному еталонному струмі лише перед випробуванням. Випробування опорної напруги необхідно для розрахунку безперервної роботи

напруги та номінальної напруги. Для багатоколонних розрядників розподіл струму між колонами повинен вимірюватися при імпульсному струмі для випробування на розподіл струму (див. пункт е) 9.1). Як альтернатива, якщо розподіл струму зразка під напругою імпульсного струму безпосередньо не вимірюється, введена енергія повинна бути збільшена на коефіцієнт β_g (тобто тоді припускається, що $\beta_a = 1$). Найбільше значення струму не повинно перевищувати а верхня межа, визначена виробником.

З метою кондиціонування зразки повинні піддаватися імпульсам сильного струму, як зазначено в таблиці 4.

а) Розрядники класу станції: зразки повинні піддаватися двом високим струмам. Імпульси кондиціонування може бути виконано в діелектрично пропорційній секції, і перше застосування імпульсу сильного струму може вважатися тестом для перевірки діелектричний опір внутрішніх компонентів розрядника (див. 8.15), якщо всі інші вимоги 8.15 також виконуються. Між і повинно бути достатньо часу після імпульсів, щоб забезпечити охолодження до температури навколишнього середовища.

б) Розрядники класу розподілу: Зразки повинні бути піддані одному сильному струму імпульс.

Імпульси мають бути однакової полярності, а їхня полярність має бути такою ж, як і у імпульси струму для інжекції енергії та перенесення заряду, відповідно, у частині випробування з відновленням тепла.

Після застосування імпульсів сильного струму зразки повинні зберігатися при кімнатній температурі. Якщо кондиціонування було виконано на діелектрично пропорційній ділянці, то МО-резистори перед зберіганням виймають із секції. Зразки не повинні згодом отримувати напругу від будь-якої напруги чи струму до виконання випробування на відновлення температури.

ПРИМІТКА. Нагрівання зразків протягом тривалого часу при дуже високих температурах, застосування змінної напруги або застосування імпульсних струмів протилежної полярності може призвести до відновлення можливих ефектів електричного старіння, тому не дозволяється.

Таблиця 4 – Вимоги до високих імпульсів струму

Розрядник класифікація	Піковий струм 4/10 кА
20 кА та 10 кА	100
5 кА	65
2,5 кА	25

Допуски на регулювання обладнання повинні бути такими, щоб виміряні значення імпульсів струму були в таких межах:

- а) від 90 % до 110 % зазначеного пікового значення;
- б) від 3,5 мкс до 4,5 мкс для часу віртуального фронту;
- в) від 9 мкс до 11 мкс для віртуального часу до половинного значення на хвості;
- г) пікове значення будь-якої хвилі струму протилежної полярності повинно бути менше ніж 20 % від піку величина струму;
- д) малі коливання на імпульсі допустимі за умови їх амплітуди поблизу піку імпульс становить менше 5 % від пікового значення. За цих умов з метою вимірювання, для визначення пікового значення приймається середня крива.

8.7.2.3 Тест на відновлення тепла

Наступна процедура повинна бути застосована для частини випробування, пов'язаної з відновленням температури:

Повні випробувальні зразки попередньо нагріваються до температури, щонайменше, початкової температури, ϑ_{start} , наступним чином:

– для розрядників для $U_s \leq 800$ кВ: ϑ_{start} = вище 60°C або вище визначене значення останнім абзацом додатку В.

– для розрядників для $U_s > 800$ кВ: початкова температура, визначена процедурою Додаток І

Попередній нагрів займає не більше двадцяти годин.

Температура МО-резисторів повинна бути принаймні початковою температурою безпосередньо перед подачею енергії або передачею заряду.

Кожен зразок повинен бути підданий інжекції енергії або передачі заряду протягом трьох хвилин таким чином:

а) для розрядників, не призначених для застосування в повітряних мережах передачі або розподілу лінії (тобто призначені для використання на станціях): енергія, що подається у формі довготривалих (прямокутних) імпульсів від 2 мс до 4 мс віртуальної загальної тривалості або одно полярних напівсинусоїдальних імпульсів загальною тривалістю від 2 мс до 4 мс протягом часу трьох хвилин. Вибір кількості імпульсів надається виробником імпульси подаються протягом зазначеного 3-хвилинного періоду. Поточний амплітуди і кількості імпульсів не критичні, за умови накопиченого енергія принаймні дорівнює наступному:

– для одноколонних розрядників: від 1,0 до 1,1 рази вище заявленої теплоенергії (вибрано зі списку, наведеного в 8.7.3);

– для багатоколонних розрядників: від 1,0 до 1,1 рази до заявленої теплоенергетики (вибрано зі списку, наведеного в 8.7.3), помноженого на поточний коефіцієнт спільного використання β_g/β_a (див. пункт с) 7.3).

ПРИМІТКА. Додаток К надає приклад того, як визначити фактичну енергію, яку потрібно ввести, на основі заявленої W_{th} і характеристик пропорційної секції.

б) для NGLA: грозові імпульсні розряди згідно з Додатком Н.

в) для розрядників класу розподілу: заряд вводять у вигляді двох 8/20 імпульси струму блискавки протягом однієї хвилини, що мають достатню величину, що накопичений заряд принаймні дорівнює заявленій оцінці передачі теплового заряду обрані зі списку, наведеного в таблиці 5.

• Протягом 100 мс від подачі енергії або заряду напруга дорівнює номінальній напруга U_r прикладається протягом 10 с, а потім напруга, рівна безперервній робоча напруга U_c (за потреби додатково відкоригована згідно з 7.3) повинна застосовуватися для мінімум 30 хвилин для демонстрації термічної стабільності. Резистивний компонент в струм або розсіювана потужність або температура або будь-яка їх комбінація контролюється до тих пір, поки виміряне значення помітно не зменшиться (успіх), але принаймні 30 хвилин, або очевидний стан термічного розгону (відмова).

8.7.2.4 Оцінка тесту

Тест вважається пройденим, якщо виконано всі наступні критерії:

- продемонстровано термічне відновлення;
- відсутність фізичних ушкоджень;
- будь-яка зміна залишкової напруги при номінальному струмі розряду до і після випробування знаходиться в межах $\pm 5\%$.

Номінальні значення теплової енергії та заряду, W_{th} і Q_{th} 8.7.3

Для розрядників класу станції значення номінальної теплової енергії, W_{th} , наведені в кДж/кВ номінальна напруга U_r , має відповідати вимогам таблиці 1 і брати з наступного список:

- від 1 кДж/кВ до 5 кДж/кВ з кроком 0,5 кДж/кВ

- від 5 кДж/кВ до 16 кДж/кВ з кроком 1 кДж/кВ
- від 16 кДж/кВ до 30 кДж/кВ з кроком 2 кДж/кВ
- від 30 кДж/кВ з кроком 6 кДж/кВ

Для розподільних розрядників слід приймати значення номінального теплового заряду, Q_{th} , наведені в С з таблиці 5.

Таблиця 5 – Номінальні значення коефіцієнта передачі теплового заряду, Q_{th}

Номінальний струм розряду (кА)	Q-й рейтинг (С)	Q_{th} за імпульс (С)	Відповідні 8/20 мкс амплітуда струму (кА) (приблизно) (інформативно)
2,5	0,45	0,23 ($\pm 10\%$)	14
5	0,7	0,35 ($\pm 10\%$)	22
10	1,1	0,55 ($\pm 10\%$)	34

8.8 Випробування залежності напруги промислової частоти від часу

8.8.1 Загальні положення 8.1

Метою цього випробування є продемонструвати здатність розрядника витримувати TOV (тимчасову перенапругу). У цьому тесті TOV є суто перенапругою промислової частоти протягом періодів часу від 0,1 с до 3600 с.

Опубліковані виробниками дані повинні включати криві з абсцисою, масштабованою за часом, і ординатою в одиниці U_r . Крім того, виробник повинен опублікувати таблицю значень TOV, перерахованих у на одиницю U_r до трьох значущих цифр, для моментів часу 0,1 с, 1 с, 10 с, 100 с та 1000 с. Табличні значення беруться з кривих і включають дані «без попереднього мита» та «з попереднім митом». Опублікована крива та таблиця повинні вказувати діапазон номіналів розрядників, для яких вони застосовуються. Значення TOV «з попереднім навантаженням» і тривалість часу 10 с повинні бути щонайменше рівними U_r .

На рисунку 4 наведено огляд процедури тестування.

Початкові випробування • Перевірка залишкової напруги при номінальному струмі розряду • Випробування еталонної напруги при заданому еталонному струмі • Перевірте правильність розподілу струму у випадку конструкції розрядника з кількома колонками
Визначення безперервної робочої напруги та номінальної напруги, за необхідності скоригованої згідно з 7.3
Попереднє нагрівання до початкової температури згідно з 8.7.2.3
3 попереднім обслуговуванням (4 нові зразки) (тільки для розрядників $I_n \geq 10$ кА) • Розрядники станційного класу: Номінальна інжекція теплової енергії, W_{th}, протягом трьох хвилин одним або кількома довготривалими імпульсами струму або однополярними синусоїдальними напівхвильовими імпульсами струму або, у випадку NGLA, імпульсними розрядами блискавки згідно з 8.7.3 • Розрядники класу розподілу: Номінальна передача теплового заряду, Q_{th}, протягом однієї хвилини двома блискавками імпульси струму 8/20 мкс згідно з 8.7.3 • Застосування випробувальної напруги та тривалості відповідно до кривої TOV (в межах 100 PC) • Застосування U_c протягом щонайменше 30 хвилин (доки не стане очевидним відповідність або невідповідність)
Без попереднього мита (2 нові зразки) • Застосування випробувальної напруги та тривалості відповідно до кривої TOV • Застосування U_c протягом щонайменше 30 хвилин (доки не стане очевидним відповідність або невідповідність)
Оцінка тесту • Термічна рекуперація • Відсутність фізичних пошкоджень • Зміна залишкової напруги при номінальному струмі розряду в межах $\pm 5\%$

Рисунок 4 – Процедура випробування для перевірки характеристики залежності частоти живлення від часу (випробування TOV)

8.8.2 Дослідні зразки

Випробувальні зразки мають відповідати вимогам 7.3.

Випробувальні зразки повинні бути термічно пропорційними секціями згідно з 7.3.2.1. Номінальна напруга пропорційних секцій має бути не менше 3 кВ, але не повинно перевищувати 12 кВ. В якості альтернативи можна використовувати повні розрядники з номінальною напругою від 9 кВ до 12 кВ за умови, що швидкість охолодження розрядника представляє найнижчу швидкість охолодження для всіх номінальних параметрів конструкції.

Всього шість зразків повинні бути випробувані таким чином:

«з попереднім обов'язком» – один зразок у кожному з чотирьох діапазонів, перелічених у 8.8.4.2

«без попереднього мита» – один зразок у кожному з двох діапазонів, вибраних зі списку в 8.8.4.2.

Для даного типу та конструкції розрядника, коли використовуються МО-резистори різного розміру, МО-резистори, вибрані для випробувальної секції TOV, повинні мати мінімальний об'єм матеріалу на U_c .

8.8.3 Початкові вимірювання

Повинні бути виконані такі первинні вимірювання:

- Перевірка залишкової напруги при номінальному струмі розряду.
- Випробування еталонної напруги при заданому еталонному струмі. Випробування опорної напруги є необхідні для розрахунку тривалої робочої напруги та номінальної напруги.

- Для багатоколонних розрядників розподіл струму між колонами має бути виміряний при імпульсному струмі для випробування на розподіл струму (див. пункт е) 9.1). Найвище значення струму не повинно перевищувати верхню межу, визначену виробником.

Процедура випробування 8. 8.4

8.8.4.1 Загальні положення

Випробуваний зразок підключають до джерела живлення з частотою в діапазоні від 48 Гц до 62 Гц. Номінальна випробувальна частота (50 Гц або 60 Гц) повинна бути вказана разом з опублікованими даними. Пікові значення напруги промислової частоти повинні вимірюватися на клеммах розрядника під час перенапруги. Мінімальне виміряне пікове значення, поділене на $\sqrt{2}$, є значенням на одиницю, яке має використовуватися для відображення даних із посиланням на U_r .

Необхідно бути обережним у випадку джерела слабкої напруги. Викривлення напруги (плоский пік) під сильним нелінійним струмовим навантаженням може призвести до значно більшої інжекції енергії при заданому піковому рівні напруги порівняно з ситуацією для ідеальної синусоїдальної форми напруги. Тому рекомендується використовувати джерело напруги зі струмом короткого замикання не менше 3 кА щоб уникнути інжекції нереально високої енергії в зразок при заданому піковому рівні напруги.

Випробування проводяться в нерухомому повітрі за температури $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ K}$ на ділянках із пропорційною температурою. Зразки повинні бути нагріті протягом часу, достатнього для досягнення теплової рівноваги, а МО резистори повинні мати температуру щонайменше ϑ_{Start} (визначення ϑ_{Start} відповідно до 8.7.2). Необхідно продемонструвати адекватними методами, що вимога щодо початкової температури виконується на початку частин випробування, пов'язаних із відновленням температури.

8.8.4.2 Тест «З попереднім чергуванням».

Це випробування застосовується лише до розрядників $I_n \geq 10\text{ кА}$. Чотири нових дослідних зразки будуть випробувані «з попереднім чергуванням». Кожен зразок повинен бути перевірений у діапазонах (у секундах), наведених нижче:

- 1) 0,1 до 1
- 2) від 1,1 до 10
- 3) від 10,1 до 100
- 4) від 101 до 3600

Виробник повинен опублікувати дані TOV для умов «з попереднім обов'язком» для кожного з чотирьох перерахованих періодів часу. Попередній обов'язок складається з введення теплової енергії W_{th} або передачі номінального теплового заряду Q_{th} , у випадку багатоколонних конструкцій, скоригованих на коефіцієнт β_g/β_a .

Процедура випробування повинна відповідати процедурі, наведеній у 8.7.2.3, де номінальна напруга U_r замінено на вказане TOV. Введена енергія (в кДж/кВ U_r) або заряд (в Кл), відповідно, повинні бути виміряні та зазначені з відповідними опублікованими попередніми даними TOV.

8.8.4.3 Тест «Без попереднього чергування».

Це випробування застосовується до розрядників усіх номінальних струмів розряду. Два нових дослідних зразки підлягають випробуванню «без попереднього збору».

Виробник повинен опублікувати дані TOV для умов «без попереднього збору» за два з чотирьох періодів часу, перелічених у 8.8.4.2. Один новий зразок у кожному з двох несуміжних часових діапазонів, вибраних із цього списку, повинен бути перевірений.

Відразу після

перенапруги, безперервна робоча напруга U_c (за необхідності додатково регулюється згідно з 7.3)

наноситься мінімум на 30 хв. Температуру МО резистора, резистивну складову струму або розсіювану потужність необхідно контролювати, доки виміряне значення помітно не зменшиться (успішно) або не стане очевидним умова термічного розбігу (відмова).

8. 8.5 Оцінка тесту

Зразок вважається прийнятним, якщо відповідають усім наступним критеріям:

- продемонстровано термічне відновлення;
- відсутність фізичних ушкоджень;
- будь-яка зміна залишкової напруги при номінальному струмі розряду до і після випробування знаходиться в межах $\pm 5\%$.

Опублікована виробником крива була перевірена, коли всі шість зразків були випробувані при напрузі TOV і відповідній тривалості, які дорівнюють або перевищують значення, вказані на кривій, і всі зразки пройшли критерії оцінки. Усі контрольні точки повинні бути відображені на кривій.

8.9 Випробування розрядника

8.9.1 Загальні положення

Метою випробування роз'єднувача є перевірка того, що роз'єднувач розрядника може витримувати всі навантаження, пов'язані з їх застосуванням у розрядниках без роботи. Випробування також демонструє, що роз'єднувач працюватиме відповідно до характеристик часу та струму, опублікованих виробником. Крім того, водонепроникність і механічна міцність роз'єднувача необхідно перевірити (див. 6.14).

Ці випробування проводяться на розрядниках, які оснащені роз'єднувачами розрядників, або на одному роз'єднувачі, якщо його конструкція така, що нагрівання суміжних частин розрядника не впливає на його нормальне встановлене положення. Випробуваний зразок повинен бути монтуються відповідно до опублікованих рекомендацій виробника за допомогою максимальний рекомендований розмір і жорсткість, а також найкоротша рекомендована довжина з'єднувального кабелю. За відсутності опублікованих рекомендацій провідник повинен бути оголеним мідним провідником діаметром приблизно 5 мм і довжиною 30 см, розташованим так, щоб забезпечити свободу руху роз'єднувача/індикатора несправності під час його роботи.

8.9.2 Випробування на експлуатаційну стійкість

8.9.2.1 Загальні положення

Для роз'єднувачів, призначених для приєднання до розрядника або для вставлення в лінію або заземлюючий провід як допоміжне обладнання, необхідно провести випробування на перенесення заряду та випробування на робочий режим. або окремо, або в поєднанні з випробуваннями зразків розрядників. Для розрядників з вбудованим роз'єднувачі, випробування повинні проводитися одночасно з випробуваннями розрядників. Роз'єднувачі повинні витримувати випробування без спрацювання.

8.9.2.2 Випробування для перевірки рейтингу повторюваного перенесення заряду

Q_{rs}

Це випробування повинно бути виконано відповідно до 8.5 із значеннями перенесення заряду, що відповідають найвища класифікація розрядників, з якими призначений роз'єднувач. Для розрядників класу розподілу випробування повинні проводитися імпульсними струмами блискавки 8/20 мкс. Для лінійних розрядників без проміжків (NGLA) випробування слід проводити з грозовими імпульсними розрядами відповідно до 3.32 або з довготривалими струмами залежно від застосування. Випробування проводять на трьох зразках із таким же зарядом, як і для розрядника (див. 8.5.4). з'єднувача розрядника

8.9.2.3 Робочі випробування

Це випробування слід проводити відповідно до 8.7 із зразком роз'єднувача, включеного послідовно з а ділянка випробувального зразка конструкції розрядника, що має найвищий опорний струм з усіх розрядників, з якими він призначений для використання. Випробування проводиться на трьох зразках з такий самий тепловий заряд або номінальна тепла енергія, як зазначено для розрядника.

ПРИМІТКА. На даний момент немає відомостей про NGLA, де включені роз'єднувачі.

8.9.2.4 Оцінка тесту

Випробування вважаються пройденими, якщо під час випробувань згідно з 8.9.2.2 і 8.9.2.3 жодний зразок не працює.

або

– опір або ємність грабуючих елементів не змінилися більше ніж 20 %

або

– якщо кожен із зразків, використаних для випробувань за 8.9.2.2 та 8.9.2.3, успішно пройшов спрацьовує під час наступного випробування роботи при проведенні струму 20 А середньоквадратичного значення симетричний

8. .3 Робота роз'єднувача

8.9.3.1 Залежність часу від струму

Для визначення вольт-часової характеристики роз'єднувачів розрядників необхідно провести перевірку роботи; тобто співвідношення між часом у секундах і струмом у середньоквадратичних симетричних амперах, необхідних для спрацювання роз'єднувача. Це допустимо для фактичне спрацювання роз'єднувача має відбуватися після припинення струму. Для розрядників класу розподілу дані для кривої залежності часу від струму повинні бути отримані на трьох різних симетрично ініційовані рівні струму з п'ятьма зразками кожен - 20 А, 200 А і 800 А середньоквадратичне значення $\pm 10\%$ – протікання через роз'єднувачі тестового зразка з розрядниками або без них вимагається 8.9.1. Якщо заявлені нижчі струми, їх необхідно перевірити (наприклад, 5 А). Для тестів на роз'єднувачі, на які впливає внутрішній нагрів пов'язаних розрядників, МО резисторів в розрядник повинен бути обведений оголеним мідним дротом діаметром від 0,08 мм до 0,13 мм, щоб для запуску внутрішньої дуги.

Для NGLA випробувальні струми повинні бути визначені за домовленістю між користувачем і виробником.

Для випробувань роз'єднувачів, на які не впливає робота пов'язаного розрядника, розрядник, якщо він використовується для монтажу роз'єднувача, повинен мати свій грабуючий елемент (резистор / конденсатор), зашунтований або замінений провідником достатнього розміру, щоб гарантувати, що він не буде бути розплавленим під час випробування.

Випробувальна напруга може мати будь-яке зручне значення, за умови, що воно є достатнім для підтримки повного струму в дузі через елементи розрядника та достатнім для виникнення та підтримки дугового розряду будь-яких проміжків, від яких може залежати робота роз'єднувача. Випробувальна напруга не повинна перевищувати номінальна напруга найнижчого номінального розрядника, на який розрахований роз'єднувач використовується.

Оскільки роз'єднувач не є пристроєм для усунення несправностей, випробувальні схеми повинні включати пристрої з можливістю переривання. Розмикаючий пристрій, такий як запобіжник або вимикач, може бути використаний для регулювання тривалості струму через досліджуваний зразок.

ПРИМІТКА. Один із методів підготовки випробувального кола полягає в тому, щоб спочатку налаштувати параметри випробувального ланцюга з випробуванням зразком, тимчасово шунтованим ланкою з незначним опором для отримання необхідного значення струму. Закриття

перемикача може бути синхронізований для замикання ланцюга протягом часу, що відповідає декільком градусам вершини напруги, щоб створити приблизно симетричний струм.

Середньоквадратичне значення струму через зразок і тривалість до першого руху роз'єднувача повинні бути нанесені на графік для всіх випробуваних зразків. Крива залежності часу від струму роз'єднувача повинна бути намальована як гладка крива через точки, що представляють максимальну тривалість.

Залежно від налаштування випробування та амплітуди випробувального струму дуга не розрізнятиметься після роботи роз'єднувача. У цьому випадку необхідно провести випробування кривої залежності часу від струму шляхом піддавання тестових зразків дії струму з контрольованою тривалістю, щоб визначити мінімальну тривалість для кожного з трьох рівнів струму, яка послідовно призведе до успішної роботи роз'єднувача. Для точок, які будуть використані для кривої залежності часу від струму, успішна робота роз'єднувача повинна відбутися в п'яти випробуваннях з п'яти випробувань, або, якщо відбудеться одне невдале випробування, результатом будуть п'ять додаткових випробувань на тому самому рівні струму та тривалості. в успішних операціях.

8.9.3.2 Оцінка роботи роз'єднувача

Повинні бути чіткі докази ефективного та постійного відключення пристроєм. Якщо там немає чітких доказів ефективного та постійного відключення пристроєм, напруга промислової частоти, що дорівнює 1,2 номінальної напруги найвищого номінального розрядника, з яким роз'єднувач призначений для використання, повинен бути застосований протягом 1 хв без проходження струму перевищення 1 мА середньоквадратичного значення. При кожному значенні струму встановлена характеристична крива повинна мати значення часу, яке дорівнює або є нижчим від зазначеного в опублікованих даних виробника.

8.9.4 Механічні випробування

8.9.4.1 Загальні положення

На роз'єднувачах, що використовуються з NGLA, необхідно проводити випробування згинального моменту, навантаження на розтяг і навантаження на кручення. Для розрядників, відмінних від NGLA, ці випробування можуть проводитися за домовленістю між користувачем і виробником.

ПРИМІТКА. Як правило, роз'єднувачі, що використовуються на розрядниках класу розподілу, піддаються дуже малому навантаженню до ваги з'єднувальних проводів, тому не підлягає цьому випробуванню. Однак роз'єднувачі можуть бути піддаються крутому моменту або іншим навантаженням під час монтажу, навіть якщо механічне навантаження під час експлуатації є незначним.

8.9.4.2 Випробування згинального моменту

Випробування проводиться на п'яти нових зразках. На кожному зразку навантаження на вигин має плавно збільшуватися, поки не відбудеться розрив протягом 30-90 с. Випробування вважається успішним, якщо значення розривного навантаження перевищують значення, вказане виробником. Якщо один зразок не досягне вказане значення руйнування, п'ять додаткових зразків повинні бути успішно випробувані.

8.9.4.3 Випробування навантаження на розтяг

Випробування проводиться на п'яти нових зразках. Для кожного зразка навантаження на розтягування має становити плавно збільшується, поки не відбудеться руйнування протягом 30-90 с. Випробування вважається успішним, якщо значення розривного навантаження перевищують значення, вказане виробником. Якщо один зразок не досягне вказане значення руйнування, п'ять додаткових зразків повинні бути успішно випробувані.

8.9.4.4 Випробування на скручування

Випробування проводиться на п'яти нових зразках. Для кожного зразка навантаження на кручення має становити плавно збільшується, поки не відбудеться руйнування протягом 30-90 с. Випробування вважається успішним, якщо значення розривного навантаження перевищують значення, вказане виробником. Якщо один зразок не досягне вказане значення руйнування, п'ять додаткових зразків повинні бути успішно випробувані.

8.9.5 Температурний цикл і випробування накачування ущільнення

Випробування на зміну температури необхідно провести на 10 нових зразках відповідно до 8.12.3.1, з наступним випробуванням ущільнення на кожному зразку. Під час випробування накачуванням ущільнення зразки повинні бути рівномірно нагріті до $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ та витримують при цій температурі не менше 1 години. Потім зразки повинні бути поміщені в холодну водяну баню з температурою $4\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом мінімум 2 годин. Час передачі між гарячим і холодним середовищем не повинен перевищувати 5 хв. Випробувальний цикл має бути виконується 10 разів. Ванна з холодною водою повинна мати вагу води, щонайменше в 10 разів перевищує вагу досліджуваних зразків.

Протягом 24 годин після досягнення температури навколишнього середовища необхідно виміряти опір або ємність градуюючого елемента кожного зразка, і зразки повинні бути відкриті для візуального огляду. Роз'єднувачі повинні пройти випробування, якщо всередині не виявлено вологи досліджувані зразки після візуального огляду внутрішніх частин і поверхонь і якщо опір або ємність градуюючого елемента не змінилися більш ніж на 20 %.

8.10 Випробування на коротке замикання

8.10.1 Загальний

Усі розрядники випробовують згідно з 8.10. Тест повинен бути виконаний щоб показати, що відмова розрядника не призводить до сильного руйнування корпусу розрядника, і що самозгасання відкритого вогню (якщо таке є) відбувається протягом визначеного періоду часу. Кожен тип розрядника перевіряється до чотирьох значень струмів короткого замикання. Якщо розрядник обладнаний іншим пристроєм замість звичайного пристрою скидання тиску, це пристосування повинно бути включено до випробування.

Частота подачі випробувального струму короткого замикання має бути від 48 Гц до 62 Гц.

Щодо характеристик струму короткого замикання, важливо розрізняти дві конструкції розрядників перенапруги.

Розрядники «Дизайн А» мають конструкцію, в якій газовий канал проходить по всій довжині блоку розрядника і заповнює $\geq 50\%$ внутрішнього об'єму, не зайнятого внутрішніми активними частинами.

Розрядники «Дизайн В» мають суцільну конструкцію без замкнутого об'єму газу або мають заповнення внутрішнього об'єму газу $< 50\%$ внутрішнього об'єму, не зайнятого внутрішніми активними частинами.

ПРИМІТКА 1. Як правило, розрядники «Дизайн А» — це розрядники в порцеляновому корпусі або розрядники в полімерному корпусі з композитним порожнистим ізолятором, які оснащені або пристроями для скидання тиску, або зі збірними слабкими місцями в композитному корпусі, які лопаються або відкриваються при заданий тиск, тим самим зменшуючи внутрішній тиск.

Як правило, розрядники «Дизайн В» не мають жодних пристроїв для скидання тиску і є суцільними без замкнутого об'єму газу. Якщо МО-резистори виходять з електричної несправності, в розряднику виникає дуга. Ця дуга спричиняє сильне випаровування та, можливо, спалювання корпусу та/або внутрішнього матеріалу. Ефективність цих розрядників при короткому замиканні визначається їхньою здатністю контролювати розтріскування або розрив корпусу внаслідок дії дуги, таким чином уникаючи сильного руйнування.

ПРИМІТКА 2 «Активні частини» в цьому контексті — це МО-резистори та будь-які металеві прокладки, безпосередньо з'єднані з ними послідовно.

ПРИМІТКА 3. Після узгодження між виробником і користувачем процедура випробувань може бути змінена, щоб включити, наприклад, ряд операцій повторного вмикання, при цьому процедура та критерії прийнятності за погодженням між виробником і користувачем.

8.10.2 Підготовка досліджуваних зразків

8.10.2.1 Загальні положення

Залежно від типу розрядника та випробувальної напруги застосовуються різні вимоги щодо кількості випробувальних зразків, початку струму короткого замикання та амплітуди першого піку струму короткого замикання. Таблиця 6 показує зведення цих вимог, які додатково пояснюються в наступних підпунктах. Для випробувань сильним струмом випробувальними зразками має бути найдовший розрядник, що використовується для конструкції з найвищою номінальною напругою цього пристрою, що використовується для кожної окремої конструкції розрядника. Для випробування слабким струмом дослідним зразком має бути розрядник будь-якої довжини з найвищою номінальною напругою цього пристрою, що використовується для кожної іншої конструкції розрядника. На рисунку 5 показані різні приклади розрядників.

8.10.2.2 Розрядники «Дизайн А».

Зразки повинні бути підготовлені із засобами для проведення необхідного струму короткого замикання за допомогою плавкого дроту. Дріт запобіжника має перебувати в прямому контакті з МО-резисторами та розташовуватися всередині газового каналу або якомога ближче до нього та замикає весь внутрішньої активної частини, як показано на малюнку 6 для різних можливих конструкцій розрядників конструкції А. Фактичне розташування дроту запобіжника під час випробування повинно бути зазначено в протоколі випробування. Матеріал і розмір дроту запобіжника слід вибирати таким чином, щоб для високого та зменшеного короткого замикання - випробувань струму в ланцюзі, дріт розплавиться протягом перших 30 електричних градусів після початку випробувального струму. Для тесту на низький струм короткого замикання немає обмежень на час розплавлення. Щоб провести розплавлення дроту запобіжника протягом зазначеного терміну та створити відповідні умови для запалювання дуги, зазвичай рекомендується дріт запобіжника з низьким опором використовувати матеріал (наприклад, мідь, алюміній або срібло) діаметром приблизно від 0,2 мм до 0,5 мм. Більші поперечні перерізи запобіжників застосовні до блоків розрядників перенапруг, підготовлених для більш високих випробувальних струмів короткого замикання. У разі виникнення проблем із запалюванням дуги можна використовувати дріт запобіжника більшого розміру, але діаметром не більше 1,5 мм, оскільки це допоможе увімкнути дугу. У таких випадках спеціально готується дріт запобіжника, що має більший перетин уздовж більшої частини висоти розрядника з короткою тоншою секцією посередині, також може допомогти.

Розрядники «Дизайн А» з полімерними навісами, які застосовані до основного корпусу з порцеляни або іншого порожнистого ізолятора, який є таким же крихким, як кераміка, повинні розглядатися та випробовуватися як розрядники в порцеляновому корпусі. Випробувальні зразки повинні бути заповнені навколишнім середовищем (газом), що використовується в розрядниках.

8.10.2.3 Розрядники «Дизайн В».

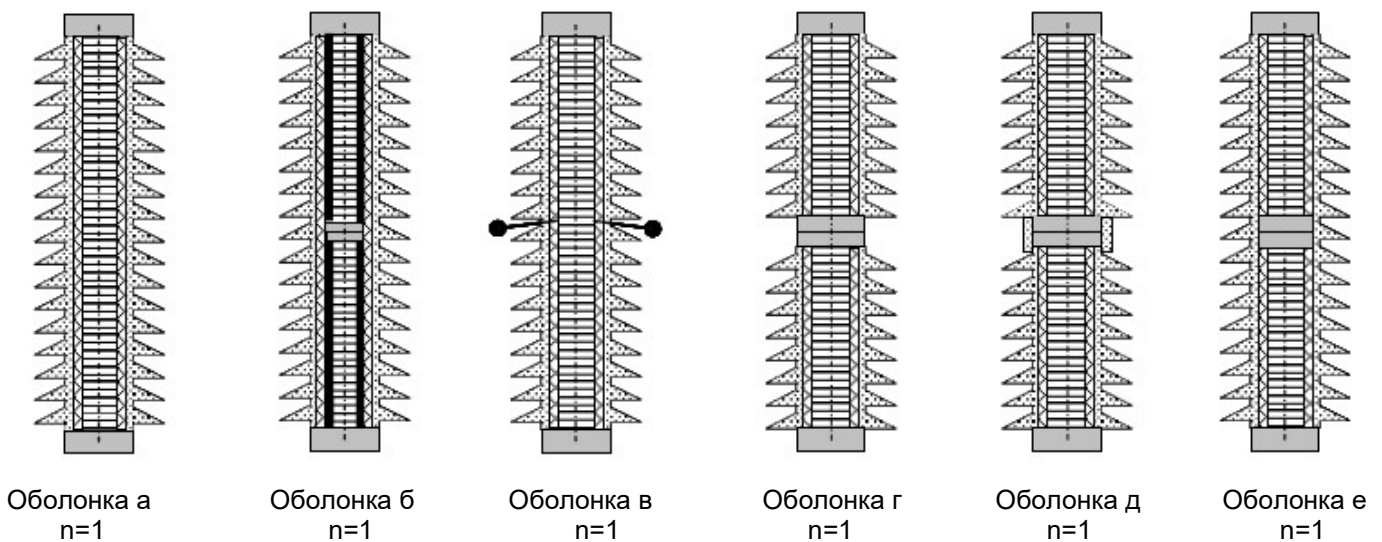
Зразки повинні бути підготовлені із засобами для проведення необхідного струму короткого замикання за допомогою плавкого дроту. Дріт запобіжника має бути в прямому контакті з резисторами МО і бути розташованим якомога далі від газового каналу та замикає всю внутрішню активну частину, як показано на малюнку 7 для різних можливих конструкцій розрядників конструкції В. Фактичне розташування дроту запобіжника під час випробування повинно бути зазначено в протоколі випробування. Матеріал і розмір дроту запобіжника слід вибирати таким чином, щоб для випробувань на високий і знижений струм короткого замикання дріт розплавився протягом перших 30 електричних градусів після початку випробувального струму. Для тесту на низький струм короткого замикання немає обмежень на час розплавлення. Для того, щоб розплавити дріт запобіжника протягом зазначеного терміну та створити відповідні умови для запалювання дуги, зазвичай рекомендується використовувати дріт запобіжника з низьким опором використовувати матеріал (наприклад, мідь, алюміній або срібло) діаметром приблизно від 0,2 мм до 0,5 мм.

Більші поперечні перерізи запобіжників застосовуються до розрядників перенапруг, підготовлених для більших випробувальних струмів короткого замикання. У разі виникнення проблем із запалюванням дуги можна використовувати дріт запобіжника більшого розміру, але діаметром не більше 1,5 мм, оскільки це допоможе увімкнути дугу. У таких випадках спеціально готується дріт запобіжника, що має більший перетин уздовж більшої частини висоти розрядника з короткою тоншою секцією посередині, також може допомогти.

У випадку внутрішнього газового об'єму дослідні зразки повинні бути заповнені навколишнім середовищем (газом), що використовується в розрядниках.

Таблиця 6 – Вимоги до випробувань порцелянових розрядників

вимагається номер тесту зразки	Ініціювання струму короткого замикання	Ініціювання струму короткого замикання	Відношення першого пікового значення струму до середньоквадратичного значення необхідного струму короткого замикання взято з табл.7			
			Випробувальна напруга: від 77 % до 107 % U_r			
			Номінальний струм короткого замикання	Знижений струм короткого замикання	Низький струм короткого замикання	Випробувальна напруга: < 77 % U_r
"Дизайн А"	4	Дріт запобіжника уздовж поверхні МО резисторів; в межах або якомога ближче до, газового каналу	Перспективний: $\geq 2,5$ Фактично: немає вимог	Перспективний: $\geq \sqrt{2}$ Фактично: немає вимог	Фактичний: $\geq \sqrt{2}$	Фактичний: $\geq \sqrt{2}$
"Дизайн Б"	4	Дріт запобіжника уздовж поверхні МО резисторів; розташований якомога далі з газового каналу	Перспективний: $\geq \sqrt{2}$ Фактично: немає вимог	Перспективний: $\geq \sqrt{2}$ Фактично: немає вимог	Фактичний: $\geq \sqrt{2}$	Фактичний: $\geq \sqrt{2}$



Оболонка а) Один механічний і електричний блок

Оболонка б) Дві механічні внутрішні вузли, закриті одним загальним корпусом, що забезпечує кінцеву механічну міцність

Оболонка в) Один механічний блок, закритий корпусом із проміжним елементом градуювання потенціалу

Оболонка г) Два механічні блоки, кожен з яких закритий окремими корпусами та зібраний пізніше

Оболонка д) Два механічні блоки кінцевої механічної міцності, проміжні фланці, покриті м'яким ізоляційним матеріалом після складання

Оболонка е) Два механічні блоки, покриті окремими корпусами кожен і зібрані пізніше

n ... кількість одиниць

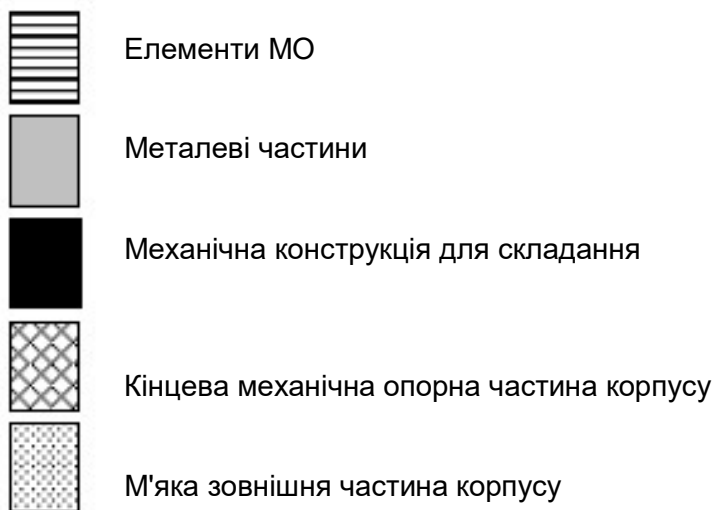


Рисунок 5 – Приклади розрядників

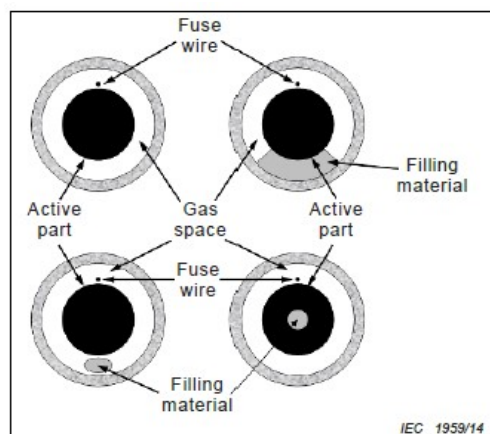


Рисунок 6 – Приклади розташування проводів запобіжників для розрядників «Дизайн А».

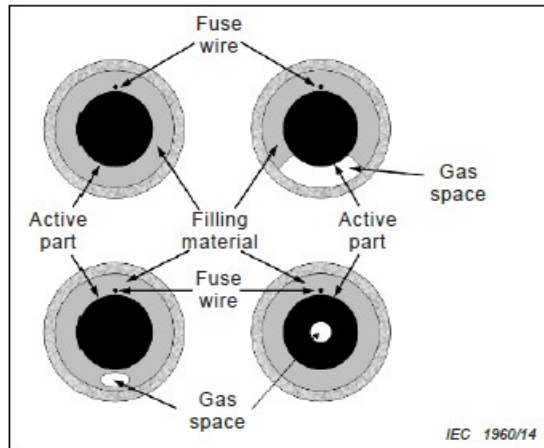
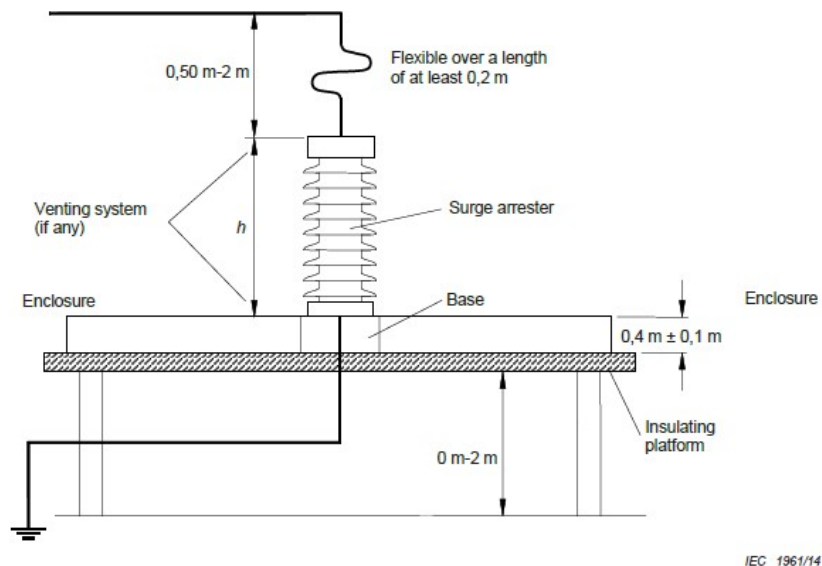


Рисунок 7 – Приклади розташування проводів запобіжників для розрядників «Дизайн В».

8. Монтаж досліджуваного зразка 10.3

Для розрядника, встановленого на основі, схема монтажу показана на малюнку 8. Відстань до заземлення від ізоляційної платформи та провідників має бути таким, як зазначено на цьому малюнку.



ПРИМІТКА. Усі проводи та вентиляційні системи в одній площині.

Рисунок 8 – Установка для випробування короткого замикання для розрядників у порцеляновому корпусі

Для розрядників, що не встановлюються на основі (наприклад, розрядників, що встановлюються на стовпі), тестовий зразок повинен бути встановлений на неметалевій опорі за допомогою монтажних кронштейнів і обладнання, яке зазвичай використовується для встановлення в реальних умовах. З метою випробування слід враховувати монтажний кронштейн у складі основи розрядника. У випадках, коли вищевикладене суперечить інструкціям виробника, розрядник повинен бути встановлений відповідно до рекомендацій виробника щодо встановлення. Весь провід між основою та датчиком струму повинен бути ізольований принаймні на 1000 В. Верхній кінець випробувального зразка повинен бути встановлений з базовим вузлом такої ж конструкції розрядника або з верхнім ковпачком.

Для розрядників, встановлених на основі, нижній торцевий фітинг випробного зразка повинен бути встановлений на випробовуваній основі, яка знаходиться на тій самій висоті, що й оточуючий круглий або квадратний корпус. Випробувальна основа має бути з ізоляційного матеріалу або може бути з електропровідного матеріалу, якщо розміри його поверхні менші за розміри поверхні нижнього кінця розрядника. Тестова база і Корпус повинен бути розміщений на ізоляційній платформі, як показано на малюнку 8. Для неосновних встановлені розрядники, такі ж вимоги ставляться до нижньої частини розрядника. Відстань дуги між верхньою торцевою кришкою та будь-яким іншим металевим об'єктом (плаваючим або заземленим), за винятком основи розрядника, має становити принаймні 1,6 висоти зразка розрядника, але не менше 0,9 м. Корпус повинен бути виготовлений з неметалічного матеріалу та розташовуватися симетрично відносно осі випробного зразка. Висота камери повинна становити $40 \text{ см} \pm 10 \text{ см}$, а її діаметр (або сторона, у випадку квадратної камери) має дорівнювати більшому з 1,8 м або D у рівнянні (1) нижче. Корпус не повинен відкриватися або рухатися під час випробування.

$$D = 1,2 \times (2 \times H + D_{\text{arr}}) \quad (1)$$

де

H - висота випробуваного розрядника;

D_{arr} – діаметр випробуваного розрядника.

Випробувальні зразки повинні бути встановлені вертикально, якщо інше не домовлено між виробником і користувачем. У випадку, якщо обмеження фізичного простору лабораторії не дозволяють встановити корпус зазначеного розміру, виробник може вибрати використання корпусу меншого діаметру.

Монтаж розрядника під час випробування на коротке замикання і, зокрема, прокладка провідників має представляти найбільш несприятливий стан експлуатації.

ПРИМІТКА Маршрутизація, показана на малюнку 8, є найбільш несприятливою для використання під час початкової фази тесту до відбувається вентиляція (особливо у випадку розрядника перенапруги, оснащеного пристроєм скидання тиску). Позиціонування зразок, як показано на малюнку 8, з вентиляційними отворами в напрямку джерела тесту, може спричинити Зовнішню дугу слід охоплювати ближче до корпусу розрядника. Як наслідок, ефект термічного удару може спричинити надмірне відколювання та розбиття порцелянових навісів порівняно з іншими можливими орієнтаціями вентиляційних отворів. Високий-8. струмові випробування короткого замикання 10.4

8.10.4.1 Загальні положення

Загалом три зразки повинні бути випробувані на струми на основі вибору номінального струму короткого замикання, вибраного з таблиці 7. Усі три зразки повинні бути підготовлені відповідно до 8.10.2 та монтується згідно з 8.10.3.

Випробування проводяться в однофазному випробувальному ланцюзі, переважно з випробувальною напругою розімкнутого ланцюга від 77 % до 107 % від номінальної напруги випробувального зразка, як зазначено в 8.10.4.2. Проте це очікується, що випробування розрядників високої напруги доведеться проводити в лабораторіях, які може не мати достатньої потужності короткого замикання для проведення цих тестів при 77 % або більше номінальної напруги тестового зразка. Відповідно, альтернативна процедура виготовлення випробування сильним струмом, коротким замиканням за зниженої напруги наведено в 8.10.4.3.

Таблиця 7 – Необхідні струми для випробувань короткого замикання

Клас розрядника = номінальний струм розряду	Оцінений коротко- струм кола I_s	Зменшені струми короткого замикання $\pm 10\%$		Низький струм короткого замикання з тривалістю 1 с ^a
kA	kA	kA		A
20 or 10	80	50	25	600 $\pm$ 200
20 or 10	63	25	12	600 $\pm$ 200
20 or 10	50	25	12	600 $\pm$ 200
20 or 10	40	25	12	600 $\pm$ 200
20 or 10	31,5	12	6	600 $\pm$ 200
20, 10 or 5	20	12	6	600 $\pm$ 200
10 or 5	16	6	3	600 $\pm$ 200
10, 5, or 2,5	10	6	3	600 $\pm$ 200
10, 5, or 2,5	5	3	1,5	600 $\pm$ 200
10, 5 or 2,5	2,5 kA	-	-	600 $\pm$ 200
10, 5 or 2,5	1 kA	-	-	Амплітуда і час на угода між користувачем і виробником
10, 5 or 2,5	< 1 kA ^b	-	-	Амплітуда і час за погодженням між користувачем і виробником

^a Для розрядників перенапруги, які встановлюються в резонансно заземлену або незаземлену нейтралі, збільшення випробування тривалістю понад 1 с, до 30 хв, може бути дозволена за погодженням між виробником і користувачем. У цьому випадку низький струм короткого замикання повинен бути зменшений до 50 A $\pm$ 20 A, а випробувальний зразок і критерії прийнятності повинні бути узгоджені між виробником і користувачем.

^b У цьому випадку випробування сильним струмом не потрібні.

ПРИМІТКА. Якщо наявний розрядник кваліфікований для одного з номінальних струмів короткого замикання в цій таблиці, він вважається таким, що пройшов випробування для будь-якого значення номінального струму, нижчого за це.

Якщо існуючий тип розрядника, який уже кваліфікований для одного з номінальних струмів у цій таблиці, кваліфікується для вищого номінального значення струму, доступного в таблиці, його слід перевіряти лише за новим номінальним значенням. Будь-яка екстраполяція може бути розширена лише двома кроками номінального струму короткого замикання.

Якщо новий тип розрядника має бути кваліфікований для більш високого номінального значення струму, ніж доступне в цій таблиці, його необхідно перевірити при запропонованому номінальному струмі, 50 % і 25 % цього номінального значення. поточний.

8.10.4.2 Випробування сильним струмом при повній напрузі (від 77 % до 107 % номінального значення)

Очікуваний струм спочатку слід виміряти, виконавши випробування з короткозамкненим розрядником або заміною суцільною ланкою з незначним повним опором. Тривалість такого випробування може бути обмежена мінімальним часом, необхідним для вимірювання пікового та симетричного компонентів форми хвилі струму. Для розрядників «Дизайн А», випробуваних за номінального струму короткого замикання, пікове значення першого напівперіоду очікуваного струму має бути принаймні в 2,5 рази більше середньоквадратичного значення номінального. Струм короткого замикання, вибраний з таблиці 7. Наступне середньоквадратичне значення симетричної складової повинно дорівнювати номінальному струму короткого замикання або вище.

Пікове значення очікуваного струму, поділене на 2,5, зазначається як випробувальний струм, незважаючи на те, що середньоквадратичне значення симетричної складової передбачуваного струму може бути вищим. Через вищий очікуваний струм, розрядник зразка може бути підданий більш суворому режиму роботи, тому випробування при співвідношенні X/R нижче 15 повинні проводитися лише за згодою виробника.

Для розрядників «Дизайн В», випробуваних при номінальному струмі короткого замикання, пікове значення першої половини циклу очікуваного струму має бути принаймні $\sqrt{2}$, помножене на середньоквадратичне значення значення номінального струму короткого замикання. Для всіх приведених струмів короткого замикання середньоквадратичне значення має відповідати таблиці 7 а пікове значення першого напівперіоду очікуваного струму повинно бути принаймні $\sqrt{2}$, помножене на середньоквадратичне значення значення цього струму. Суцільне замикання слід видалити після перевірки очікуваного струму та зразки розрядника повинні бути випробувані з тими ж параметрами схеми.

ПРИМІТКА Опір обмеженої дуги всередині розрядника може зменшити середньоквадратичне значення симетричної складової пікове значення виміряного струму. Це не робить випробування недейсним, оскільки випробування проводиться принаймні за нормальної робочої напруги, а вплив на випробувальний струм такий самий, як і під час несправності в обслуговування.

Співвідношення X/R імпедансу випробувального кола без підключеного розрядника бажано має становити щонайменше 15. У випадках, коли відношення імпедансу випробувального кола X/R менше 15, випробувальну напругу можна збільшити або імпеданс зменшено таким чином, що, для номінального струму короткого замикання, пікове значення першого півперіоду очікуваного струму дорівнює або перевищує в 2,5 рази необхідний рівень випробувального струму; для випробувань на знижений рівень струму дотримуються допуски в таблиці 7.

8.10.4.3 Випробування сильним струмом при менш ніж 77 % номінальної напруги

Коли випробування проводяться з напругою випробувального кола $<77\%$ від номінальної напруги випробувальних зразків, параметри випробувального кола повинні бути відрегульовані таким чином, щоб середньоквадратичне значення симетричної складової фактичного випробувального струму розрядника має дорівнювати або перевищувати необхідний випробувальний струм, вибраний з таблиці 7. Для розрядників «Дизайн А», випробуваних за номінального струму короткого замикання, пікове значення першого півперіоду фактичний випробувальний струм розрядника повинен принаймні в 2,5 рази перевищувати середньоквадратичне значення номінальний струм короткого замикання, вибраний з таблиці 7. Наступне середньоквадратичне значення симетричної складової повинно дорівнювати номінальному струму короткого замикання або вище. Пікове значення фактичного випробувального струму розрядника, поділене на 2,5, зазначається як випробувальний струм, незважаючи на те, що середньоквадратичне значення симетричної складової фактичного випробувального струму розрядника може бути вищим.

Для розрядників «Дизайн В», випробуваних при номінальному струмі короткого замикання, пікове значення першої половини циклу фактичного випробувального струму розрядника має бути принаймні $\sqrt{2}$, помножене на середньоквадратичне значення значення номінального струму короткого замикання. Для всіх приведених струмів короткого замикання середньоквадратичне значення має відповідати таблиці 7 а пікове значення першого напівперіоду фактичного випробувального струму розрядника повинно бути принаймні $\sqrt{2}$, помножене на середньоквадратичне значення значення цього струму. Особливо для високих розрядників, які випробовуються при низькому відсотку їх номінальної напруги, першого асиметричного пікового струму 2,5 нелегко досягти, якщо немає спеціальних можливостей для тестування.

Таким чином, можна збільшити тестову середньоквадратичну напругу або зменшити імпеданс що для номінального струму короткого замикання пікове значення першого напівперіоду випробувального струму дорівнює або перевищує 2,5 рази необхідного рівня випробувального струму. У разі тестування з а генератора, перший пік у 2,5 рази більше необхідного тестового струму також може бути досягнутий зміною збудження генератора. Потім струм слід зменшити не менше ніж через 2,5 циклу після ініціювання до необхідного симетричного значення. Фактичне пікове значення випробувального струму, поділене на 2,5, слід зазначати як випробувальний струм, незважаючи на те, що середньоквадратичне значення симетричної складової фактичного випробувального струму розрядника може бути вищим. Через вищий випробувальний струм розрядник зразка може бути підданий більш суворому режиму роботи, тому випробування при співвідношенні X/R нижче 15 слід проводити лише за згодою виробника.

8.10.5 Тест короткого замикання слабким струмом Тест короткого замикання струмом

Випробування проводиться з використанням будь-якого випробувального кола, яке вироблятиме струм через випробний зразок середньоквадратичним значенням $600\text{ A} \pm 200\text{ A}$, виміряним приблизно через 0,1 с після початку протікання струму короткого замикання. Струм має протікати принаймні 1 с після розплавлення дроту запобіжника або, для розрядників «Дизайн А», доки не відбудеться вентиляція. Зверніться до 8.10.6 щодо поводження з розрядником, який не випускає повітря.

Оцінка результатів тестування 8. 10.6

Тест вважається успішним, якщо виконано наступні три критерії.

а) Без сильного розбивання. Структурна поломка зразка допускається, якщо критерії б) і в) виконуються.

б) Жодні частини досліджуваного зразка не повинні знаходитися поза корпусом, за винятком фрагментів, менш ніж 60 г кожен, керамічного матеріалу, такого як МО резистори або порцеляна;

– вентиляційні кришки та діафрагми скидання тиску;
– м'які частини з полімерних матеріалів.

с) Розрядник повинен бути здатний самостійно гасити відкрите полум'я протягом 2 хвилин після закінчення тест. Будь-яка викинута частина (всередину або з корпусу) також повинна самозгасати у відкритому стані полум'я протягом 2 хв. Менша тривалість самозатухання відкритого вогню для викинутої частини можуть бути узгоджені між виробником і користувачем. Якщо наприкінці випробування розрядник видимо не вентилявався, слід бути обережним, оскільки корпус може залишатися під тиском після випробування. Це стосується всіх рівнів випробувального струму, але особливо актуально для випробувань слабого струму та короткого замикання.

Для розрядників, які використовуються там, де потрібна механічна цілісність і міцність після невдачі між ними можуть бути встановлені різні процедури тестування та оцінки виробник і користувач (як приклад, може знадобитися, щоб після випробувань розрядник все ще можна було підняти та зняти за верхній кінець).

8.11 Випробування згинального моменту

8.11.1 Загальні положення

Цей тест застосовується до порцелянових і литих розрядників для $U_s > 52\text{ кВ}$. Це також стосується порцелянових і литих розрядників для $U_s \leq 52\text{ кВ}$, для яких виробник заявляє про консольну міцність. Випробування проводять на розряднику без ізоляційної основи або монтажного кронштейна.

Повна процедура випробування показана на блок-схемі в Додатку G. Огляд 8. 11.2 Цей тест демонструє здатність розрядника витримувати заявлені виробником значення навантажень на вигин. Зазвичай розрядник не розрахований на крутильні навантаження.

Якщо розрядник піддається торсійним навантаженням, за домовленістю між виробником і користувачем може знадобитися спеціальне випробування.

Випробування проводять на повних блоках розрядників без ізоляційної основи або кріплення кронштейн і без внутрішнього надлишкового тиску. Для одноблокових конструкцій розрядників випробування проводять на найдовшій одиниці конструкції. Якщо розрядник містить більше одного блоку або якщо розрядник має різні встановлені згинальні моменти на обох кінцях, випробування має бути виконується на найдовшій одиниці кожного різного заданого згинального моменту з навантаженнями визначається відповідно до G.1.

Тест повинен бути виконаний у дві частини, які можуть бути виконані в будь-якому порядку: випробування згинального моменту для визначення середнього значення розривного навантаження (MBL); випробування на статичний згинальний момент із випробувальним навантаженням, що дорівнює встановленому короткочасному навантаженню (SSL), тобто 100 % значенню G.3.

8.11.3 Пробопідготовка

Один кінець зразка повинен бути міцно закріплений на жорсткій монтажній поверхні випробувального обладнання, а навантаження має бути прикладене до іншого (вільного) кінця зразка для отримання необхідного згинального моменту на закріпленому кінці. Напрямок навантаження повинен проходити через і бути перпендикулярно до поздовжньої осі розрядника. Якщо розрядник не є осесиметричним щодо своєї міцності на вигин, виробник повинен надати інформацію щодо цієї несиметричної міцності, а навантаження має бути прикладене в кутовому напрямку, що піддає найслабшу частину розрядника максимальному згинальному моменту.

8.11.4 Процедура випробування

8.11.4.1 Процедура випробування для визначення середнього значення розривного навантаження (MBL)

Випробовують три зразки. Якщо спочатку виконується тест для перевірки SSL (див. 8.11.4.2), тоді зразки з цього тесту можна використовувати для визначення MBL. Випробувальні зразки не обов'язково містять внутрішні частини. На кожному зразку навантаження на вигин має плавно збільшуватися, поки не відбудеться розрив протягом 30-90 с. «Поломка» включає руйнування корпусу та пошкодження, які можуть виникнути у фіксуючому пристрої або кінцевих фітингах. Середнє розривне навантаження, MBL, розраховується як середнє значення розривних навантажень для пробні зразки. ПРИМІТКА Корпус розрядника може розколотися під час навантаження, що може становити небезпеку при користуванні.

8.11.4.2 Процедура тестування для перевірки заданого короткочасного навантаження (SSL)

Випробовують три зразки. Випробувальні зразки повинні містити внутрішні частини. До початку випробувань, кожен тестовий зразок повинен бути підданий перевірці на витік (див. пункт г) 9.1) і випробування внутрішнього часткового розряду (див. пункт с) 9.1). Якщо ці тести проводилися як звичайні тести, їх не потрібно повторювати на даний момент. На кожному зразку навантаження на вигин має бути плавно збільшено до SSL, допуск % ⁺⁵, від 30 до 90 с. Після досягнення випробувального навантаження його необхідно підтримувати від 60 до 90 с. Протягом цього часу необхідно виміряти прогин. Потім вантаж повинен плавно відпускатися, і залишковий прогин повинен бути зафіксований. Залишковий прогин слід вимірювати в інтервалі від 1 хв до 10 хв після зняття навантаження.

ПРИМІТКА Корпус розрядника може розколотися під час навантаження, що може становити небезпеку при користуванні.

8.11.5 Тестове оцінювання

Розрядник повинен пройти випробування, якщо

середнє значення розривного навантаження, MBL, становить $\geq 1,2 \times \text{SSL}$;

для перевірки SSL

– немає видимих механічних пошкоджень;

– залишився постійний прогин становить ≤ 3 мм або ≤ 10 % від максимального прогину під час тесту, залежно від того, що більше;

– дослідні зразки пройшли випробування на герметичність згідно з пунктом г) 9.1;

– рівень внутрішнього часткового розряду досліджуваних зразків не перевищує значення зазначено в 9.1 с).

8.11.6 Випробування ізоляційної основи та монтажного кронштейна

Якщо розрядник постачається з ізолюючою основою та/або монтажним кронштейном, основу та/або кронштейн необхідно піддати випробуванню на вигин. Випробовують три зразки кожного. На кожному зразка, навантаження на вигин має плавно збільшуватися до навантаження, еквівалентного навантаженню розрядника SSL від 30 до 90 с. Після досягнення випробувального навантаження його необхідно підтримувати від 60 до 90 с. Потім вантаж повинен плавно відпускатися.

Зразки витримали випробування, якщо немає видимих механічних пошкоджень.

8.12 Екологічні випробування

8.12.1 Загальні положення

Ці випробування застосовуються до порцелянових і литих розрядників із смолою. Випробування навколишнього середовища демонструють за допомогою прискорених процедур тестування, що механізм ущільнення та піддається впливу металеві комбінації розрядника не піддаються впливу умов навколишнього середовища. Випробування проводять на комплектних блоках розрядників будь-якої довжини. Для розрядників із закритим газовим об'ємом і окремою системою ущільнення внутрішні частини можуть бути опущені.

Розрядники, блоки яких відрізняються лише довжиною, і які в іншому випадку засновані на тій же конструкції та матеріалі, і мають однакову систему ущільнення в кожному блоку, вважаються одним типом розрядника.

8.12.2 Пробопідготовка

Перед початком випробувань дослідний зразок повинен бути підданий перевірці на герметичність згідно з пунктом г) 9.1.

8.12.3 Процедура випробування

Випробування, зазначені нижче, проводяться на одному зразку в наведеній послідовності.

8.12.3.1 Випробування на зміну температури

Випробування проводять відповідно до випробування Nb IEC 60068-2-14.

Жаркий період має бути при температурі не нижче $+40$ °C, але не вище $+70$ °C. Холодний період повинен бути принаймні на 85 K нижчим від значення, яке фактично застосовується в жаркий період; однак найнижча температура в холодний період не повинна бути нижче -50 °C:

градієнт зміни температури: 1 K/хв;

тривалість кожного рівня температури: 3 години;

кількість циклів: 10.

8.12.3.2 Випробування сольовим туманом

Випробування слід виконувати згідно з розділом 4 і підрозділом 7.6, якщо це застосовно, IEC 60068-2-11:1981:

концентрація розчину солі: 5 % $\pm$ 1 % за вагою;

тривалість тесту: 96 год.

8.12.4 Тестове оцінювання

Розрядник повинен пройти випробування, якщо зразок пройшов перевірку на герметичність згідно з пунктом г) 9.1.

8.13 Перевірка швидкості витоку ущільнення

8.13.1 Загальні положення

Це випробування застосовується до розрядників із замкнутим об'ємом газу та окремою системою ущільнення.

Тест демонструє газо/водонепроникність усієї системи.

Якщо звичайне випробування на швидкість витоку ущільнення (див. пункт d) 9.1) виконується з критеріями прийнятності, принаймні такими ж суворими, як зазначено в цьому розділі, тоді типове випробування не потрібне. В іншому випадку, а типові випробування повинні бути виконані на одному повному розряднику. Внутрішні частини можуть бути опущені. Якщо розрядник містить блоки з відмінностями в їх системі ущільнення, випробування слід проводити на кожному з них, що представляє кожен різну систему ущільнення.

8.13.2 Пробопідготовка

Випробуваний зразок повинен бути новим і чистим.

8.13.3 Процедура тестування

Виробник може використовувати будь-який чутливий метод, придатний для вимірювання зазначеної швидкості витоку ущільнення.

ПРИМІТКА. Деякі процедури тестування визначені в IEC 60068-2-17.

8.13.4 Тестове оцінювання

Максимальна швидкість витоку ущільнення (див. G.4) має бути нижчою за 1×10^{-6} Па*м³/с

8.14 Випробування напруги радіоперешкод (RIV).

Ці випробування застосовуються до відкритих розрядників перенапруг, призначених для використання в системах з $U_s \geq 72,5$ кВ. Випробування проводять на найдовшому розряднику з найвищою номінальною напругою, що використовується для певний тип розрядника. Якщо інші типи розрядників менших номіналів оснащені саме тим однаковими фітінгами (лінійні та заземлювальні клеми, сортувальні кільця тощо) вони кваліфіковані випробуваннями на розряднику з вищим номінальним значенням і не потребують перевірки.

ПРИМІТКА 1. Випробування елемента, частини або вузла розрядника не можна вважати адекватним через нелінійність розподілу потенціалу вздовж повного розрядника.

ПРИМІТКА 2. Для цього випробування певний тип розрядника означає також ідентичні конфігурації сортувальних кілець.

Це випробування RIV можна не проводити, якщо той самий розрядник пройшов випробування на частковий розряд згідно із загальною процедурою 9.1 в), але в цьому випадку з вимірюванням внутрішніх і зовнішніх розрядів (тобто без екрануючих пристроїв, що використовуються для з'єднань або сортувальні кільця або інші частини розрядників).

Обмежувачі перенапруг, що випробовуються, повинні бути повністю зібрані та включати фітинги (лінія та клеми заземлення, градирувальні кільця тощо), які виробник пропонує як стандартне обладнання для розрядника. Випробувальна напруга прикладається між клемми та заземленою основою.

Заземлені частини розрядника повинні бути з'єднані з землею. Необхідно бути обережним, щоб уникнути впливу на вимірювання заземлених або незаземлених об'єктів поблизу розрядників перенапруги та випробувального та вимірювального контуру. Тестові з'єднання та їх кінці не повинні бути джерелом напруги радіоперешкод із значеннями, вищими за вказані нижче.

Схема вимірювання має відповідати вимогам CISPR/TR 18-2 Міжнародного спеціального комітету з радіоперешкод (CISPR). Вимірювальне коло бажано налаштувати на частоту в межах 10 % від 0,5 МГц, але інші частоти в діапазоні від 0,5 МГц до 2 МГц можна використовувати, частота вимірювання записується. Результати повинні бути виражені в мікровольтях.

Якщо використовуються вимірювальні імпеданси, відмінні від указаних у публікаціях CISPR, вони не повинні перевищувати 600 Ом або менше 30 Ом; у будь-якому випадку фазовий кут не повинен перевищувати 20°. Еквівалентну напругу радіоперешкод, що відноситься до 300 Ом, можна розрахувати, припускаючи, що виміряна напруга прямо пропорційна опорі.

Фільтр F повинен мати високий опір, щоб опір між високою напругою провідник і земля не зашунтовані помітно, як видно з перевіреного розрядника перенапруг. Цей фільтр також зменшує циркулюючі радіочастотні струми в випробувальному ланцюзі, створені високовольтного трансформатора або зі сторонніх джерел. Встановлено, що прийнятне значення для його імпедансу становить від 10 000 Ом до 20 000 Ом на частоті вимірювання. Повинні бути застосовані засоби для забезпечення фоновому рівня радіоперешкод (радіо рівень перешкод, викликаний зовнішнім полем і високовольтним трансформатором, коли він намагнічений при повній випробувальній напрузі), становить щонайменше 6 дБ і бажано 10 дБ нижче зазначеного рівня радіоперешкод обмежувача перенапруги, який потрібно перевірити. Методи калібрування для вимірювальний прилад наведено в CISPR/TR 18-2.

Оскільки на рівень радіоперешкод можуть впливати волокна або пил, що осідають на ізоляторах, дозволено протирати ізолятори чистою тканиною перед вимірюванням. Атмосферні умови під час випробування повинні бути записані. Яка корекція – невідомо фактори застосовуються до тестування на радіоперешкоди, але відомо, що тест може бути чутливим до високих відносної вологості, і результати випробування можуть викликати сумніви, якщо відносна вологість перевищує 80 %. Слід дотримуватися наступної процедури випробування. Випробувальна напруга підвищується до $1,15 U_c$, а потім знижується до $1,05 U_c$, де вона повинна бути зберігається протягом 5 хв, U_c — безперервна робоча напруга розрядника. Напруга потім слід поступово зменшувати до $0,5 U_c$, знову поступово підвищувати до $1,05 U_c$ протягом 5 хв і, нарешті, поступово зменшувати до $0,5 U_c$. На кожному кроці радіоперешкоди повинні бути проведені вимірювання та рівень радіоперешкод, зареєстрований під час останнього ряду знижень напруги повинні бути нанесені на графік залежно від прикладеної напруги; отриману таким чином криву є характеристикою радіоперешкод обмежувача перенапруги. Амплітуда кроків напруги повинна бути приблизно $0,1 U_c$.

Обмежувач перенапруги повинен пройти випробування, якщо рівень радіоперешкод у $1,05 U_c$ і всі нижчі ступені напруги не перевищують 2500 мкВ.

8.15 Випробування для перевірки діелектричної стійкості внутрішніх компонентів

8.15.1 Загальні положення

Метою цього випробування є перевірка внутрішньої діелектричної здатності розрядника витримувати навіть при імпульсних струмах з амплітудами, вищими за номінальний струм розряду.

Якщо за допомогою розрахунків можна продемонструвати, що для конкретного розрядника електричне поле в критичних місцях менше або дорівнює електричному полю на розряднику, який був успішно випробуваний при вищій або однаковій напрузі, випробування не потрібні. Додатково тест є необхідний, лише якщо частина кондиціонування робочого випробування (8.7.2.2) не проводилася діелектрично пропорційна ділянка. Випробування проводять на одному зразку.

Випробувальний зразок має бути діелектрично пропорційною ділянкою відповідно до 7.3.2.2. Не можна встановлювати внутрішній датчик температури.

8.15.2 Процедура випробувань

Випробуваний зразок нагрівається в печі протягом часу, достатнього для досягнення теплової рівноваги принаймні до 60 °C. Випробування проводиться протягом 10 хвилин після вилучення зразка з духовки. Тест складається з одноразової подачі імпульсу сильного струму з амплітудою згідно з таблицею 4. Осцилограми струму та напруги знімають для прикладення імпульсу.

8.15.3 Оцінка тесту

Зразок пройшов перевірку, якщо виконано всі наступні критерії:
на осцилограмах відсутні ознаки пробою діелектрика;
будь-яка зміна залишкової напруги при номінальному струмі розряду до та після випробування знаходиться в межах $\pm 5\%$;
виконуються такі вимоги

– якщо виробник заявляє, що резистори можуть бути вилучені з випробування зразок, повинен бути зроблений візуальний огляд резисторів і він повинен бути перевірений щоб перевірка не спричинила проколу, спалаху або розтріскування резисторів.

– якщо виробник заявляє, що МО-резистори не можуть бути вилучені з випробування зразка, необхідно виконати наступне додаткове випробування, щоб переконатися у відсутності пошкоджень відбулося під час випробування:
і після перевірки залишкової напруги на I_n , два імпульси струму 8/20 амплітуди, що призводить до щільності струму щонайменше 0,5 кА/см² або в 2-о разовий I_n , те, що менше, застосовується до зразка. Перший імпульс має бути наноситься після достатнього часу для охолодження зразка до температури навколишнього середовища температура.

Другий імпульс подається через 50–60 с

Перший. Під час двох імпульсів осцилограми обох напруг і струм не повинен виявляти поломки.

8.16 Перевірка компонентів внутрішньої оцінки

8.16.1 Випробування для перевірки тривалої стабільності під постійною робочою напругою

Якщо в ньому використовуються внутрішні компоненти градування, такі як конденсатори або (нелінійні) резистори розрядник вони повинні бути випробувані в прискореному випробуванні, щоб перевірити довгострокову стабільність під постійною робочою напругою за тих самих умов випробування, що і МО резистори (див. 8.4.2.1). Випробувальні зразки можуть бути окремими компонентами або набором таких компонентів.

Весь матеріал (твердий або рідкий), що безпосередньо контактує з компонентами розрядника, повинен бути присутнім під час випробування на старіння з тією ж конструкцією, що використовується в повному розряднику.

Під час випробування випробувальні зразки повинні бути поміщені в духовку з контрольованою температурою в тому ж навколишньому середовищі, яке використовується в розряднику. Об'єм камери печі повинен бути не менше ніж вдвічі більшим за об'єм досліджуваного зразка, а щільність середовища в камері повинна бути не меншою за щільність середовища в розряднику.

ПРИМІТКА. Середовище, що оточує градіруючі компоненти в розряднику, може бути модифіковане протягом нормального терміну служби розрядника через внутрішні часткові розряди. Можлива зміна середовища, що оточує градіруючі компоненти в польових умовах, може істотно змінити їх електричні властивості. Розглядається відповідна процедура тестування з урахуванням таких модифікацій. Протягом цього часу альтернативна процедура полягає у виконанні тесту в N₂ або SF₆ (для ГІС-розрядників) з низьким вмістом кисню. концентрація (менше 0,1 % за об'ємом). Це гарантує сортування навіть за повної відсутності кисню компоненти не старіють.

Якщо виробник може довести, що тест, проведений на відкритому повітрі, еквівалентний тесту, проведеному в реальному середовищі, процедуру старіння можна проводити на відкритому повітрі.

Три зразки випробовують протягом 1000 годин, протягом яких температуру слід контролювати підтримувати температуру поверхні зразків при $115\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4\text{ K}$. Протягом 1000 годин випробування зразки повинні бути під напругою, що відповідає скоригованій максимальній робочій напрузі (див. 8.4.2.1) для кількості МО-резисторів, встановлених паралельно компонентам класифікації в розрядник. Імпеданс компонентів класифікації повинен бути виміряний при $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ K}$ до та після 1000 годин випробування.

Зразки повинні пройти цю частину випробування, якщо

- відсутні ознаки пробою діелектрика;
- перевірка після тесту не виявила ознак проколу, спалаху або розтріскування компоненти оцінювання;
- випробування часткового розряду при випробувальній напрузі виявило часткові розряди, що не перевищують 10 пКл;
- зміна імпедансу грабуючих компонентів через 1000 год випробування не є більшою ніж $\pm 5\text{ }%$.

Якщо зразки відповідають вищевказаним критеріям оцінки, то МО резистори, рівні за кількістю використовується паралельно до компонентів грабуювання в розряднику, повинні бути підключені паралельно до випробувального зразка, а два імпульси блискавки 8/20 з піковою щільністю струму $0,5\text{ kA/cm}^2$ в МО резистори або 2 рази I_n , залежно від того, що менше, повинні бути застосовані до зразка. Перший імпульс подається через час, достатній для охолодження зразка до температури навколишнього середовища. Другий імпульс подається через 50–60 с після першого імпульсу. Імпеданс компонентів класифікації повинен бути виміряний при $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ K}$ до і після двох імпульсів. Зразки повинні пройти випробування, якщо осцилограми напруги і струму, зроблені під час кожного імпульсу, не виявляють електричного пробою зміна імпедансу грабуючих компонентів через два імпульси не перевищує $\pm 5\text{ }%$.

8.16.2 Термоциклічні випробування

Три зразки повинні бути піддані термічним змінам без напруги. Термічні варіації складаються з п'яти 48-годинних циклів нагрівання та охолодження до $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ відповідно. Жаркий і холодний періоди повинні зберігатися не менше 16 год. Випробування проводиться в повітря. Імпеданс компонентів класифікації повинен бути виміряний при $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ K}$ до і після термічних циклів.

Зразки пройшли цю частину тесту, якщо

- перевірка після випробування не виявила доказів розтріскування компонентів класифікації;

- випробування на частковий розряд при випробувальній напрузі, що відповідає скоригованому максимуму робоча напруга (8.4.2.1) для кількості МО резисторів, встановлених паралельно градіруючі компоненти в розряднику виявляють часткові розряди, що не перевищують 10 пКл;

- зміна імпедансу градаційних компонентів через термічні цикли не є більше $\pm 5\%$.

Якщо зразки відповідають вищевказаним критеріям оцінювання, то МО-резистори, кількість яких дорівнює кількості тих, що використовуються паралельно до компонентів розрядника в розряднику, повинні бути підключені паралельно до досліджуваного зразка, і два імпульси блискавки 8/20 з піковою щільністю струму щонайменше $0,5 \text{ кА/см}^2$ в МО резисторах повинні бути прикладені до зразка. Перший імпульс має бути наноситься після достатнього часу, щоб дати змогу зразку охолонути до температури навколишнього середовища. Другий імпульс подається через 50–60 с після першого імпульсу. Імпеданс в класифікаційні компоненти повинні вимірюватися при $20^\circ\text{C} \pm 15 \text{ K}$ до та після двох імпульсів. Зразки повинні пройти випробування, якщо

- осцилограми напруги та струму, зроблені під час кожного імпульсу, не виявляють електрики зламатися;

- зміна імпедансу грабуючих компонентів через два імпульси не відбувається більше $\pm 5\%$.

9 Звичайні та приймальні випробування

9.1 Звичайні випробування

Мінімальна вимога до звичайних випробувань, які повинен проводити виробник:

а) вимірювання опорної напруги, U_{ref} . Виміряні значення повинні бути в межах діапазону зазначені виробником;

б) перевірка залишкової напруги. Це випробування є обов'язковим для розрядників з номінальною напругою понад 1 кВ.

Випробування можна проводити на повних розрядниках, зібраних розрядниках або на а зразок, що містить один або декілька МО-резисторних елементів. Виробник повинен вказати а відповідний імпульс струму блискавки в діапазоні від 0,01 до 2 номінальних струм, при якому вимірюється залишкова напруга. Якщо не вимірюється безпосередньо, залишкова напруга повного розрядника приймається як сума залишкових напруг ПН резисторів або окремих розрядників. Залишкова напруга для повного розрядника не повинна перевищувати значення, зазначеного виробником.

ПРИМІТКА 1. Якщо розрядники 5 кА та 2,5 кА з номінальною напругою нижче 36 кВ постачаються в об'ємі, випробування на залишкову напругу можна не проводити під час звичайних випробувань за погодженням між виробником і користувачем.

в) випробування внутрішнього часткового розряду. Це випробування необхідно проводити на кожному розряднику. Тест зразок може бути захищений від зовнішніх часткових розрядів.

г) Напруга промислової частоти має бути збільшена до номінальної напруги зразка, що утримується протягом 2 с до 10 с, а потім зменшилася до 1,05 разів безперервної робочої напруги зразок. При цій напрузі рівень часткового розряду повинен вимірюватися відповідно до IEC 60270. Виміряне значення внутрішнього часткового розряду не повинно перевищувати 10 пКл. Крім того, виробник може провести вимірювання часткового розряду на номінальній напруги або при вищому значенні без подальшого зниження випробувальної напруги.

д) Для того, щоб зменшити зусилля при випробуваннях під час виробництва, вищі значення швидкості витоку ущільнення, ніж необхідні для типових випробувань (див. 8.13.4), можуть бути використані в цьому стандартному випробуванні для перевірки правильна збірка; для розрядників із закритим газовим об'ємом і окремою герметизацією системи, перевірка витоку повинна бути виконана на кожному блоку будь-яким чутливим методом, прийнятим виробник;

е) випробування розподілу струму для багатоколонкового розрядника. Цей тест повинен бути проведений на всіх групи паралельних МО резисторів. Група паралельних МО резисторів означає частину монтаж, де не використовується проміжне електричне з'єднання між колонами. Виробник повинен вказати відповідний імпульсний струм у діапазоні від 0,01 до 1 разу номінальний струм розряду, при якому слід вимірювати струм через кожну колонку. Найбільше значення струму не повинно перевищувати верхню межу, визначену виробником. Імпульс струму повинен мати віртуальний час фронту не менше ніж 7 мкс, а час напівзначення може мати будь-яке значення.

ПРИМІТКА 2. Якщо номінальна напруга груп паралельних МО-резисторів, використаних у проекті, є надто високою порівняно з наявними випробувальними засобами, номінальну напругу групи паралельних МО-резисторів, використаних у цьому випробуванні, можна зменшити шляхом введення проміжних електричних з'єднань між стовпців, тим самим встановлюючи кілька штучних груп паралельних МО резисторів. Кожна така штучна група потім пройде визначений тест розподілу струму.

е) належне складання кожного роз'єднувача має бути продемонстровано вимірюванням опір/ємність або часткові розряди. Значення опору або ємності має бути в діапазоні, визначеному виробником. Виміряне значення для часткового розряд не повинен перевищувати 10 рС.

9.2 Приймальні випробування

9.2.1 Стандартні приймальні випробування

Якщо користувач визначає приймальні випробування в угоді купівлі-продажу, наступні випробування повинні бути проведені для найближчого нижчого цілого числа до кубічного кореня з кількості розрядників, які будуть поставлені.

а) Вимірювання напруги промислової частоти на розряднику при опорному струмі. Виміряне значення має бути в діапазоні, визначеному виробником. Для мультблока розрядника, вимірювання можна проводити на окремих блоках розрядника. Еталонна напруга повного розрядника приймається як сума еталонної напруги окремих блоків розрядника.

б) Залишкова напруга грозового імпульсу на розряднику при номінальному струмі розряду, якщо можливо або при значенні струму, вибраному відповідно до 8.3. В даному випадку віртуальний час до половинне значення на хвості є менш важливим і його не потрібно дотримуватися.

Для багатоблокового розрядника вимірювання можна проводити на окремих елементах розрядник. Залишкова напруга повного розрядника приймається як сума залишкові напруги окремих розрядників. Для розрядників GIS залишкова напруга може бути визначена непрямым шляхом вимірювання опорної напруги та демонстрація (шляхом випробувань на репрезентативних МО резисторів) співвідношення між опорною напругою та залишковою напругою. Залишкова напруга для повного розрядника не повинна перевищувати значення зазначені виробником.

в) Перевірка внутрішнього часткового розряду. Випробування проводять на повному розряднику або, для багатоблокового розрядника, на окремі вузли розрядника. Випробуваний зразок може бути екранований від зовнішнього впливу часткові розряди. Напруга промислової частоти повинна бути збільшена до номінальної напруги зразка, утримувався від 2 с до 10 с, а потім зменшився до 1,05 разів безперервної роботи напруга зразка. При цій напрузі необхідно виміряти рівень часткового розряду відповідно до IEC 60270. Виміряне значення для внутрішнього часткового розряду повинно бути не перевищує 10 рС.

г) На роз'єднувачах, що використовуються в комбінації з NGLA, згинальний момент і навантаження на розтяг повинні бути проведені випробування. Для кожного типу випробувань (момент згинання та навантаження на розтягування) навантаження повинно плавно збільшуватися до навантаження, еквівалентного 40 % номінальної міцності зазначені виробником. Навантаження необхідно підтримувати на цьому рівні протягом 30 с. Випробування вважається успішним, якщо для кожного зразка продемонстровано наступне:

- відсутність ознак механічних пошкоджень;
- нахил кривої сила-прогин залишається додатним до випробувальної величини

за винятком провалів, що не перевищують 5 % випробувальної величини.

– Випробування на вібрацію також може бути виконано відповідно до вимог, узгоджених між користувачем і виробником.

Будь-яка зміна в кількості тестових зразків або типі тесту повинна бути узгоджена між виробником і користувачем.

9.2.2 Спеціальне випробування на термостабільність

Наступне випробування вимагає додаткової угоди між виробником і користувачем перед проведенням початок монтажу розрядника (див. 6.7).

Це випробування виконується на трьох секціях з використанням МО резисторів, взятих із поточної процедури виробництва та мають ті самі розміри та характеристики, що й розрядники, що випробовуються. Випробування складається з частини термо відновлення робочого випробування (див. 8.7.2.3).

Температуру МО резистора або резистивну складову струму чи розсіювання потужності необхідно контролювати під час застосування напруги промислової частоти, щоб підтвердити термічну стабільність. Випробування вважається успішним, якщо термічна стабільність спостерігається в усіх трьох зразках (див. 8.7.2.4). Якщо один зразок виявиться невдалим, між виробником і користувачем має бути досягнуто згоди щодо будь-яких подальших випробувань.

10/ Вимоги до випробувань розрядників перенапруг у полімерному корпусі

Розділи з 1 по 5 і розділ 7 повністю застосовуються до розрядників у полімерному корпусі. Багато вимог у розділі 6 і багато випробувань, передбачених у розділі 8, також застосовуються без змін до розрядників у полімерному корпусі. Там, де є варіація будь-якого ступеня від вимоги статей 6 і 8, ця зміна надається тут для розрядників у полімерному корпусі.

10.1 Сфера застосування

Пункт 1 застосовується без змін.

10.2 Нормативні посилання

Пункт 2 застосовується без змін.

10.3 Терміни та визначення

Пункт 3 застосовується без змін.

10.4 Ідентифікація та класифікація

Пункт 4 застосовується без змін.

10.5 Стандартні рейтинги та умови обслуговування

Пункт 5 застосовується без змін.

10.6 Вимоги

Пункт 6 застосовується, за винятком наступного:

10.6.13 Характеристики короткого замикання

Заміна підпункту 6.13:

Виробник повинен задекларувати номінальний струм короткого замикання для кожного сімейства розрядників. Тільки для застосувань з очікуваними струмами короткого замикання нижче 1 кА номінальне значення «нуль» може бути стверджувало. У цьому випадку на заводській табличці вказується «0». У будь-якому випадку, розрядник повинен бути підданий випробуванню на коротке замикання згідно з 10.8.10, щоб показати, що він не вийде з ладу що спричиняє сильне руйнування корпусу та що самозгасання відкритого полум'я (за наявності) відбувається протягом визначеного періоду часу.

10.6.16.2 Згинальний момент

Заміна підпункту 6.16.2: Розрядник повинен витримувати заявлені виробником значення навантажень на вигин (див. 10.8.11).

ПРИМІТКА 1. Сили, відмінні від тих, що діють через фізичні з'єднання, можуть впливати на механічне навантаження розрядник; наприклад: вітер, лід і електромагнітні сили.

ПРИМІТКА 2. На відміну від розрядників у порцеляновому корпусі, розрядники в полімерному корпусі можуть мати механічні деформації під час експлуатації. Обмежувачі перенапруги, що входять до їхньої упаковки, повинні витримувати транспортні навантаження, визначені користувачем відповідно до IEC 60721-3-2, але не менше, ніж клас 2M1.

10.6.16.4 Ізоляційна основа

Заміна підпункту 6.16.4: Якщо розрядник оснащений ізоляційною основою, цей пристрій повинен витримати наступне випробування без будь-яких пошкоджень, які можуть вплинути на його нормальне функціонування:

– випробування згинального моменту (див. 8.11.6).

10.6.16.5

Підпункт 6.16.5 не застосовується.

10.7 Загальна процедура тестування

Пункт 7 застосовується без змін.

10.8 Типові випробування (проектні випробування)

10.8.1 Загальні положення

Поправка: Типові випробування повинні проводитися, як визначено в розділі 8, за винятком зазначених конкретних змін нижче (нумерації списку стосуються номерів у рядках таблиці 3):

11) Екологічні випробування не застосовуються

16) Тести на штучне забруднення Додатку С не застосовуються.

Крім того, необхідно провести наступне випробування для розрядників у полімерному корпусі, призначених для зовнішнього використання

17) Тест на старіння під впливом погодних умов (див. 10.8.17)

10.8.2 Випробування ізоляції Підрозділ 8.2 застосовується без змін.

10.8.3 Випробування залишковою напругою

Підрозділ 8.3 застосовується без змін.

10.8.4 Тест для перевірки тривалої стабільності під постійною робочою напругою
Підрозділ 8.4 застосовується без змін.

10.8.5 Тест для перевірки рейтингу повторного перенесення заряду, Q_{rs}
Підрозділ 8.5 застосовується без змін.

10.8.6 Тепловиділення зразка
Підрозділ 8.6 застосовується без змін.

10.8.7 Робочі випробування
Підпункт 8.7 застосовується, за винятком наступного:

10.8.7.2.4 Оцінка тесту
Заміна підпункту 8.7.2.4:

Тест вважається пройденим, якщо виконано всі наступні критерії:
продемонстровано термічне відновлення;

будь-яка зміна залишкової напруги при номінальному струмі розряду до та після випробування знаходиться в межах $\pm 5\%$;
виконуються такі вимоги:

– якщо виробник заявляє, що резистори можуть бути вилучені з випробування зразок, повинен бути зроблений візуальний огляд резисторів і він повинен бути перевірений щоб перевірка не спричинила проколу, спалаху або розтріскування резисторів.

– якщо виробник заявляє, що МО-резистори не можуть бути вилучені з випробування зразка для візуального огляду, необхідно виконати наступне додаткове випробування переконайтеся, що під час випробування не було пошкоджень: після перевірки залишкової напруги на I_n , ще два імпульси струму $8/20$ на I_n застосовується до зразка. Перший імпульс подається після достатнього час, необхідний для охолодження зразка до температури навколишнього середовища. Другий імпульс подається між 50 і 60 с після першого. Протягом двох імпульсів, осцилограми як напруги, так і струму не повинні їх виявляти зламатися. Зміна залишкової напруги між початковим вимірювання та останній імпульс не повинен перевищувати $\pm 5\%$.

10.8.8 Випробування напруги промислової частоти від часу
Застосовується підпункт 8.8, за винятком наступного: 10.8.8.5 Оцінка випробувань
Заміна підпункту 8.8.5:

Зразок вважається прийнятним, якщо відповідають усім наступним критеріям:
продемонстровано термічне відновлення;

будь-яка зміна залишкової напруги при номінальному струмі розряду до і після випробування знаходиться в межах $\pm 5\%$.
виконуються такі вимоги:

– якщо виробник заявляє, що резистори можуть бути вилучені з випробування зразок, повинен бути зроблений візуальний огляд резисторів і він повинен бути перевірений щоб перевірка не спричинила проколу, спалаху або розтріскування резисторів.

Якщо виробник заявляє, що МО-резистори не можуть бути вилучені з тесту зразка для візуального огляду, необхідно виконати наступне додаткове випробування переконаність, що під час випробування не було пошкоджень:

Після перевірки залишкової напруги на I_n , два імпульси струму 8/20 амплітуди, що призводить до щільності струму щонайменше $0,5 \text{ кА/см}^2$ або в 2 рази I_n , те, що менше, застосовується до зразка. Перший імпульс має бути наноситься після достатнього часу для охолодження зразка до температури навколишнього середовища температура. Другий імпульс подається через 50–60 с

Перший. Під час двох імпульсів осцилограми обох напруг і струм не повинен виявляти поломки.

Опублікована виробником крива була перевірена, коли всі шість зразків були випробувані при напрузі TOV і відповідній тривалості, які дорівнюють або перевищують значення, вказані на кривій, і всі зразки пройшли критерії оцінки. Усі контрольні точки повинні бути відображені на кривій.

10.8.9 Випробування розрядника

Підрозділ 8.9 застосовується без змін.

Випробування на коротке замикання 10. 8.10

Застосовується підпункт 8.10, за винятком наступного:

10.8.10.2 Підготовка дослідних зразків

Заміна підпункту 8.10.2:

Залежно від типу розрядника та випробувальної напруги застосовуються різні вимоги кількість тестових зразків, початок струму короткого замикання та амплітуду першого піку струму короткого замикання. Таблиця 8 показує зведення цих вимог, які додатково пояснюються в наступних підпунктах.

Для випробувань сильним струмом випробувальними зразками має бути найдовший розрядник, що використовується для конструкції з найвищою номінальною напругою цього пристрою, що використовується для кожної окремої конструкції розрядника.

Для випробування слабким струмом випробувальним зразком має бути розрядник будь-якої довжини з найвищою номінальною напругою цього блоку, що використовується для кожної окремої конструкції розрядника. На рисунку 5 показані різні приклади розрядників.

10.8.10.2.3 Розрядники «Дизайн В».

Заміна підпункту 8.10.2.3:

Особливої підготовки не потрібно. Необхідно використовувати стандартні розрядники.

Розрядники повинні бути попередньо відмовлені від перенапруги мережевої частоти.

Перевищення напруги повинно проводитися на повністю зібраних тестових одиницях.

Жодних фізичних модифікацій блоків не можна вносити між попереднім виходом з ладу та фактичним випробуванням на струм короткого замикання.

Перевищення напруги, вказане виробником, має бути напругою, що перевищує U_c в 1,15 рази. Напруга повинна призвести до відмови розрядника протягом (5 ± 3) хв. МО резистори вважаються вийшли з ладу, коли напруга на МО-резисторах падає нижче 10 % початкова прикладеної напруги. Струм короткого замикання випробувального ланцюга перед виходом з ладу не повинен перевищувати 30 А.

Час між випробуванням перед відмовою та номінальним струмом короткого замикання не повинен перевищувати 15 хв.

Попередня відмова може бути досягнута шляхом підключення джерела напруги або джерела струму зразки.

Метод джерела напруги: початковий струм зазвичай має бути в діапазоні 5-10 мА/см². Струм короткого замикання зазвичай має становити від 1 А до 30 А. Джерело напруги не потрібно регулювати після початкового налаштування, хоча можуть знадобитися невеликі налаштування, щоб несправність резисторів МО в заданому діапазоні часу.

Метод джерела струму: як правило, щільність струму близько 15 мА/см² з відхиленням $\pm 50\%$ призводить до виходу з ладу резисторів МО в заданому діапазоні часу. Струм короткого замикання зазвичай має становити від 10 А до 30 А. Джерело струму не потрібно регулювати після початкового налаштування, хоча можуть знадобитися невеликі коригування, щоб вивести з ладу резистори МО в заданому діапазоні часу.

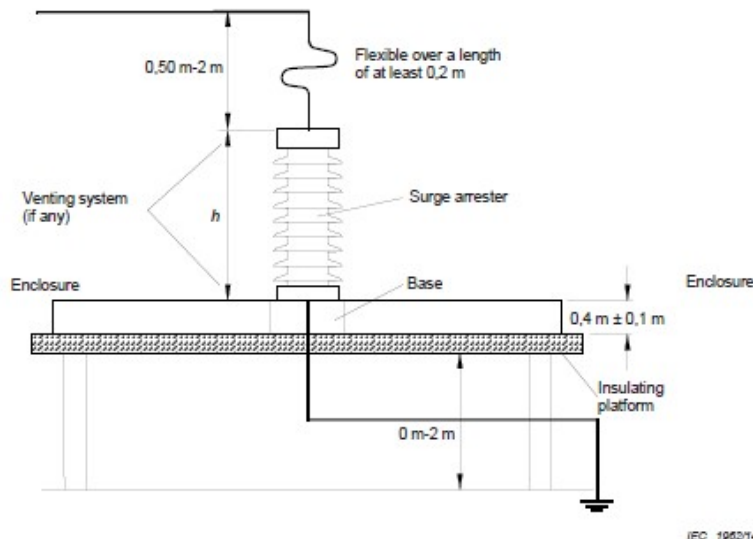
Таблиця 8 – Вимоги до випробувань розрядників у полімерному корпусі

вимагається номер тесту зразки	Ініціювання струму короткого замикання	Ініціювання струму короткого замикання	Відношення першого пікового значення струму до середньоквадратичного значення необхідного струму короткого замикання взято з табл.7			
			Випробувальна напруга: від 77 % до 107 % U_g			
			Номінальний струм короткого замикання	Знижений струм короткого замикання	Низький струм короткого замикання	Низький струм короткого замикання
"Дизайн А"	4 або 5	Дріт запобіжника уздовж поверхні МО резисторів; в межах або якомога ближче до, газового каналу	Перспективний: $\geq 2,5$ Фактично: немає вимог	Перспективний: $\geq \sqrt{2}$ Фактично: немає вимог	Фактичний: $\geq \sqrt{2}$	Фактичний: $\geq \sqrt{2}$
			Фактичний: $\geq 2,5$ або: Фактичний: $\geq \sqrt{2}$ вкл найдовша одиниця і Фактичний: $\geq 2,5$ на а одиниця з $U_g \geq 150$ кВ		Фактичний: $\geq \sqrt{2}$	Фактичний: $\geq \sqrt{2}$
"Дизайн Б"	4	Попередній вихід з ладу постійною напругою або джерело постійного струму	Перспективний: $\geq \sqrt{2}$ Фактично: немає вимог	Перспективний: $\geq \sqrt{2}$ Фактично: немає вимог	Фактичний: $\geq \sqrt{2}$	Фактичний: $\geq \sqrt{2}$

10.8.10.3 Монтаж дослідного зразка

Заміна підпункту 8.10.3:

Для розрядника, встановленого на основі, схема монтажу показана на малюнку 9. Відстань до заземлення від ізоляційної платформи та провідників має бути таким, як зазначено на цьому малюнку.



ПРИМІТКА. Усі проводи та вентиляційні системи в одній площині.

Рисунок 9 – Схема випробування короткого замикання для розрядників у полімерному корпусі

Для розрядників, що не встановлюються на основі (наприклад, розрядників, що встановлюються на стовпі), тестовий зразок повинен бути встановлений на неметалевій опорі за допомогою монтажних кронштейнів і обладнання, яке зазвичай використовується для встановлення в реальних умовах. З метою випробування слід враховувати монтажний кронштейн у складі основи розрядника. У випадках, коли вищевикладене суперечить інструкціям виробника, розрядник повинен бути встановлений відповідно до рекомендацій виробника щодо встановлення. Весь провід між основою та датчиком струму повинен бути ізольований принаймні на 1000 В. Верхній кінець випробувального зразка повинен бути встановлений з базовим вузлом такої ж конструкції розрядника або з верхнім ковпачком.

Для розрядників, встановлених на основі, нижній торцевий фітинг випробного зразка повинен бути встановлений на випробовуваній основі, яка знаходиться на тій самій висоті, що й оточуючий круглий або квадратний корпус. Випробувальна основа має бути з ізоляційного матеріалу або може бути з електропровідного матеріалу, якщо розміри його поверхні менші за розміри поверхні нижнього кінця розрядника. Тестова база і корпус повинен бути розміщений на ізоляційній платформі, як показано на малюнку 9.

Для неосновних встановлені розрядники, такі ж вимоги ставляться до нижньої частини розрядника. Відстань дуги між верхньою торцевою кришкою та будь-яким іншим металевим об'єктом (плаваючим або заземленим), за винятком основи розрядника, має становити принаймні 1,6 висоти зразка розрядника, але не менше 0,9 м. Корпус повинен бути виготовлений з неметалічного матеріалу та розташовуватися симетрично відносно осі випробного зразка. Висота в корпус має бути $40 \text{ см} \pm 10 \text{ см}$, а його діаметр (або сторона, у випадку квадратного корпусу) має дорівнювати більшому з 1,8 м або D у рівнянні (1) нижче. Корпус не повинен відкриватися або рухатися під час випробування.

$$D = 1,2 \times (2 \times H + D_{arr})$$

де

H - висота випробуваного розрядника;

D_{arr} – діаметр випробуваного розрядника.

У випадку, якщо фізичні обмеження простору лабораторії не дозволяють використовувати камеру зазначеного розміру, виробник може вибрати камеру меншого діаметру. Випробувальні зразки повинні бути встановлені вертикально, якщо інше не домовлено між виробником і користувачем. Монтаж розрядника під час випробування на коротке замикання і, зокрема, прокладка провідників має представляти найбільш несприятливий стан експлуатації. Для всіх розрядників із полімерним кожухом заземлювальний провід має бути спрямований у протилежний бік вхідного провідника, як описано на малюнку 9. Таким чином, дуга залишатиметься поблизу розрядника протягом усього часу дії струму короткого замикання, таким чином створюючи найбільш несприятливі умови з точки зору небезпеки пожежі.

10.8.10.4.3 Випробування сильним струмом при менш ніж 77 % номінальної напруги
Заміна підпункту 8.10.4.3:

Коли випробування проводяться з напругою випробувального кола <77 % від номінальної напруги випробувальних зразків, параметри випробувального кола повинні бути відрегульовані таким чином, щоб середньоквадратичне значення симетричної складової фактичного випробувального струму розрядника має дорівнювати або перевищувати необхідний рівень випробувального струму, вибраний з таблиці 7. Для розрядників «Дизайн А», випробуваних при номінальному струмі короткого замикання, пікове значення першого напівперіоду фактичного випробувального струму розрядника повинно бути принаймні в 2,5 рази більше середньоквадратичного значення. значення номінальний струм короткого замикання, вибраний з таблиці 7. Наступне середньоквадратичне значення симетричної складової повинно дорівнювати номінальному струму короткого замикання або вище. Пікове значення фактичного випробувального струму розрядника, поділене на 2,5, зазначається як випробувальний струм, незважаючи на те, що середньоквадратичне значення симетричної складової фактичного випробувального струму розрядника може бути вище.

Наступний виняток для випробування при номінальному струмі короткого замикання дійсний для «Дизайн А» тільки розрядники в полімерному корпусі: якщо номінальна напруга досліджуваного зразка перевищує 150 кВ і перше пікове значення $\geq 2,5$ номінального струму короткого замикання не може бути досягнуте, необхідно перевірити додатковий тестовий зразок. Цей додатковий випробувальний зразок повинен бути випробуваний відповідно до 8.10.4.2 або 8.10.4.3. Він повинен мати номінальну напругу ≥ 150 кВ і також не повинен бути коротше, ніж найкоротший блок розрядника, який використовується для фактичної конструкції розрядника. Номінальне значення струму короткого замикання має бути найменшим із середньоквадратичних. струм від випробування на найдовшій одиниці та середньоквадратичне значення. струм, визначений відповідно до випробувань або 8.10.2.2, або 10.8.10.2.2, отриманих від випробування на номінальному пристрої з мінімальною напругою 150 кВ. Обидва тести повинні бути повідомлені.

Для розрядників «Дизайн В», випробуваних при номінальному струмі короткого замикання, пікове значення першої половини циклу фактичного випробувального струму розрядника має бути принаймні $\sqrt{2}$, помножене на середньоквадратичне значення. значення номінального струму короткого замикання. Для всіх приведених струмів короткого замикання середньоквадратичне значення має відповідати таблиці 7 а пікове значення першого напівперіоду фактичного випробувального струму розрядника повинно бути принаймні $\sqrt{2}$, помножене на середньоквадратичне значення. значення цього струму. Особливо для високих розрядників, які випробовуються при низькому відсотку їх номінальної напруги, першого асиметричного пікового струму 2,5 нелегко досягти, якщо немає спеціальних можливостей для тестування.

Таким чином, можна збільшити тестову середньоквадратичну напругу або зменшити імпеданс що для номінального струму короткого замикання пікове значення першого напівперіоду випробувального струму дорівнює або перевищує 2,5 рази необхідного рівня випробувального струму.

У разі випробування з генератором перший пік у 2,5 рази перевищує необхідний випробувальний струм також можна досягти шляхом зміни збудження генератора. Потім струм слід зменшити не менше ніж через 2,5 циклу після ініціювання до необхідного симетричного значення. Фактичне пікове значення випробувального струму, поділене на 2,5, слід зазначати як випробувальний струм, незважаючи на те, що середньоквадратичне значення симетричної складової фактичного випробувального струму розрядника може бути вищим. Через вищий випробувальний струм розрядник зразка може бути підданий більш суворому режиму роботи, тому випробування при співвідношенні X/R нижче 15 слід проводити лише за згодою виробника.

Для розрядників у полімерному корпусі «Дизайн В» навіть перший пік струму $\sqrt{2}$ може бути важко досягнутий, якщо не розглядати спеціальні випробувальні засоби. Попередньо вийшли з ладу розрядники можуть накопичуватися значний опір дуги, що обмежує симетричний струм через розрядник. Тому рекомендується проводити випробування на коротке замикання якнайшвидше після попередньої несправності, бажано до того, як дослідні зразки охолонуть. Тому для розрядників, які вже вийшли з ладу, рекомендується переконатися, що розрядник представляє а достатньо низький імпеданс перед застосуванням струму короткого замикання шляхом повторного підключення попередньої несправності чи подібної схеми протягом максимум 2 с безпосередньо перед застосуванням випробувального струму короткого замикання (див. рис. 10). Припустимо збільшити струм короткого замикання попередньо застосована схема до 300 А (середньоквадратичне значення). Якщо так, його максимальна тривалість, яка залежить від величини струму, не повинна перевищувати наступне значення:

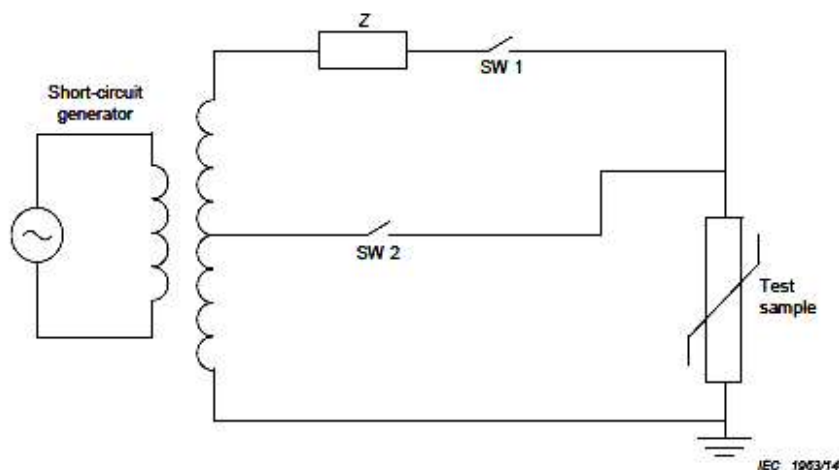
$$t_{\text{rpf}} \leq Q_{\text{rpf}} / I_{\text{rpf}}$$

де

t_{rpf} — час повторної підготовки до відмови в с;

Q_{rpf} — заряд перед виходом з ладу = 60 As;

I_{rpf} — це струм перед відмовою в А (середньоквадратичне значення).



ПРИМІТКА Перемикач 1 закритий, а перемикач 2 розімкнутий для застосування рівня струму перед відмовою (максимум 30 А, обмежений опором Z). Через максимум 2 с SW 2 замикається, щоб через досліджуваний зразок протікати заданий струм короткого замикання.

Рисунок 10 – Приклад випробувальної схеми для повторного застосування ланцюга перед несправністю безпосередньо перед застосуванням випробувального струму короткого замикання

10.8.11 Випробування згинального моменту

Заміна підпункту 8.11:

Це випробування застосовується до розрядників із полімерним (крім литої смоли) корпусом (з закритим об'ємом газу та без нього) для $U_s > 52$ кВ. Це також стосується полімерних (окрім литих) розрядників для $U_s \leq 52$ кВ, для яких виробник заявляє про міцність консолі. Випробування проводять на розряднику без ізоляційної основи або монтажного кронштейна.

Розрядники в корпусі з литої смоли необхідно випробовувати відповідно до 8.11. Розрядники, які не мають заявленої консольної міцності, повинні бути піддані попередньому кондиціонуванню кінцевого крутного моменту згідно з 10.8.12.3.1.1, термічному попередньому кондиціонуванню згідно з 10.8.11.3.1.3 та випробуванню зануренням у воду згідно з 10.8.11.3.2. Повна процедура випробування показана на блок-схемі в Додатку G.

10.8.11.1 Загальні положення

Цей тест демонструє здатність розрядника витримувати заявлені виробником значення навантажень на вигин. Зазвичай розрядник не розрахований на крутильні навантаження. Якщо розрядник піддається торсійним навантаженням, за домовленістю між виробником і користувачем може знадобитися спеціальне випробування. Випробування проводять на комплектних розрядниках із найвищою номінальною напругою пристрою. Для одноблочних конструкцій розрядників випробування проводять на найдовшій одиниці з найвищою номінальною напругою цієї одиниці конструкції. Якщо розрядник містить більше ніж одну одиницю або коли розрядник має різні встановлені згинальні моменти на обох кінцях, випробування проводять на найдовшій одиниці кожного різного заданого згинального моменту з навантаженнями, визначеними відповідно до М.1.

Проте, якщо довжина найдовшої одиниці перевищує 800 мм, можна використовувати меншу довжину одиниці за умови дотримання наступних вимог: довжина принаймні така ж, як більша з

- 800 мм

- потрібний зовнішній діаметр корпусу (за винятком навісів) у його точці входить в торцеву арматуру;

одиниця є одним із звичайного асортименту одиниць, що використовуються в проекті, і не виготовляється спеціально для випробування; блок має найвищу номінальну напругу з цього блоку конструкції.

Випробування в три етапи (два етапи для розрядників для $U_s \leq 52$ кВ) виконують один за одним на трьох зразках таким чином:

- на всіх трьох досліджуваних зразках циклічне випробування, що включає 1000 циклів з випробувальним навантаженням, рівним заданому тривалому навантаженню (SLL);

- на двох зразках випробовують статичний момент згину з випробувальним навантаженням, що дорівнює визначеному короточасному навантаженню (SSL), тобто 100 % значення G.3, а на 3-му зразку випробовують на механічну попередню кондиціонування згідно з 10.8.11.3. 1;

- на всіх трьох зразках провести випробування зануренням у воду згідно з 10.8.11.3.2. Допуск на вказані навантаження повинен становити ⁺⁵ %

ПРИМІТКА. Циклічне випробування не вимагається для розрядників для $U_s \leq 52$ кВ.

10.8.11.2 Підготовка проби

Випробувальні зразки повинні містити внутрішні частини.

Перед випробуванням кожен досліджуваний зразок повинен бути підданий таким випробуванням:

- електричні випробування проводяться в такій послідовності:
 - втрати ват, виміряні при U_c і температурі навколишнього середовища $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ K}$;
 - випробування внутрішнього часткового розряду згідно з пунктом с) 9.1;
 - перевірка залишкової напруги при номінальному струмі розряду (від 0,01 до 1);
 - поточна хвиля форма має бути в діапазоні $T_1/T_2 = (4-10)/(10-25)$ мкс;
- випробування на витік згідно з пунктом d) 9.1 для розрядників із закритим об'ємом газу та окрема система ущільнення.

Якщо випробування на частковий розряд згідно з пунктом с) 9.1 і випробування на витік згідно з пунктом d) 9.1 були виконані як звичайні випробування, їх не потрібно повторювати в цей час. Один кінець зразка повинен бути міцно закріплений на жорсткій монтажній поверхні випробувального обладнання, а навантаження має бути прикладене до іншого (вільного) кінця зразка для отримання необхідного згинальний момент на закріпленому кінці. Напрямок навантаження повинен проходити через і бути перпендикулярно до поздовжньої осі розрядника. Якщо розрядник не є осесиметричним щодо своєї міцності на вигин, виробник повинен надати інформацію щодо цієї несиметричної міцності, а навантаження має бути прикладене в кутовому напрямку, що піддає найслабшу частину розрядника максимальному згинальному моменту.

10.8.11.3 Процедура випробування

Випробування проводять на трьох зразках. Для розрядників для $U_s > 52\text{ кВ}$ випробування проводять у три етапи. Для розрядників для $U_s \leq 52\text{ кВ}$ випробування проводять у два етапи.

а) Розрядники для нас $> 52\text{ кВ}$

Крок 1:

Піддавайте всі три зразки 1000 циклам згинального моменту, кожен цикл включає навантаження від нуля до заданого тривалого навантаження (SLL) в одному напрямку, з подальшим навантаженням до SLL у протилежному напрямку, потім повернення до нульового навантаження. Циклічний рух має бути приблизно синусоїдальної форми з частотою в діапазоні 0,01 Гц – 0,5 Гц Через контроль випробувальної машини для отримання SLL може знадобитися кілька циклів. Максимальна кількість цих циклів повинна бути визначена виробником. Ці циклів не включати до встановлених 1000 циклів. Максимальний прогин під час випробування та будь-який залишковий прогин повинні бути записані. Залишковий прогин слід вимірювати в інтервалі від 1 хв до 10 хв після зняття навантаження.

Крок 2.1:

Випробовують на згинальний момент два зразки з кроку 1. Навантаження на вигин має плавно збільшуватися до встановленого короточасного навантаження (SSL) протягом 30–90 с. Після досягнення випробувального навантаження його необхідно підтримувати від 60 до 90 с. Протягом цього часу необхідно виміряти прогин. Потім вантаж повинен плавно відпускатися. Максимальний прогин під час випробування та залишковий прогин повинні бути записані. Залишковий прогин слід вимірювати протягом 1-10 хвилин після звільнення навантаження.

Крок 2.2:

Третій зразок з етапу 1 піддають попередньому механічному/термічному кондиціонуванню відповідно до 10.8.11.3.1.

Крок 3:

Піддайте всі три зразки випробуванню зануренням у воду згідно з 10.8.11.3.2.

б) Розрядники для $U_s \leq 52\text{ кВ}$

Крок 1.1:

Піддайте два зразки випробуванню згинального моменту. Необхідно збільшити навантаження на вигин плавно до заданого короточасного навантаження (SSL) протягом 30-90 с. Після досягнення випробувального навантаження його необхідно підтримувати від 60 до 90 с. Протягом цього часу необхідно виміряти прогин. Потім вантаж повинен плавно відпускатися.

Максимальний прогин під час випробування та будь-який залишковий прогин повинні бути записані. Залишковий прогин слід вимірювати в інтервалі від 1 хв до 10 хв після зняття навантаження.

Крок 1.2:

Третій зразок піддати попередньому механічному/термічному кондиціонуванню відповідно до 10.8.11.3.1.

Крок 2:

Піддайте всі три зразки випробуванню зануренням у воду згідно з 10.8.11.3.2.

10.8.11.3.1 Механічне/термічне попереднє кондиціонування

Це попереднє кондиціонування є частиною процедури випробування згідно з 10.8.11.3 і має виконуватися на одному з випробувальних зразків, як визначено в 10.8.11.3.

10.8.11.3.1.1 Попередня підготовка крутного моменту на клемі

Крутний момент на клемі розрядника, визначений виробником, прикладається до випробного зразка протягом 30 с.

10.8.11.3.1.2 Термомеханічна попередня кондиціонування

Ця частина випробування застосовується лише до розрядників, для яких заявлена консольна міцність.

Зразок піддається визначеному тривалому навантаженню (SLL) у чотирьох напрямках і в температурних варіаціях, як описано на рисунках 11 і 12.

Якщо, в окремих випадках, інші навантаження є домінуючими, необхідно застосовувати відповідні навантаження замість цього. Загальний час випробування та температурний цикл повинні залишатися незмінними. Термічні зміни складаються з двох 48-годинних циклів нагрівання та охолодження, як описано в Рисунок 11. Температуру необхідно виміряти в повітрі, що оточує розрядник у випробувальній камері. Температура теплої і холодної періодів повинна підтримуватися не менше 16 год. Випробування проводять на повітрі.

Прикладене статичне механічне навантаження має дорівнювати SLL, визначеному виробником. Його напрямок змінюється кожні 24 години при будь-якій температурі при переході від гарячої до холодної або від холодної до гарячої, як показано на малюнку 12. Випробування може бути перервано для технічного обслуговування на загальну тривалість 4 години та поновлено після перерви. Тоді цикл залишається дійсним. Будь-який залишковий прогин, виміряний від початкового положення холостого ходу, повинен бути повідомлений. Залишковий прогин повинен бути виміряний протягом 1-10 хвилин після зняття навантаження.

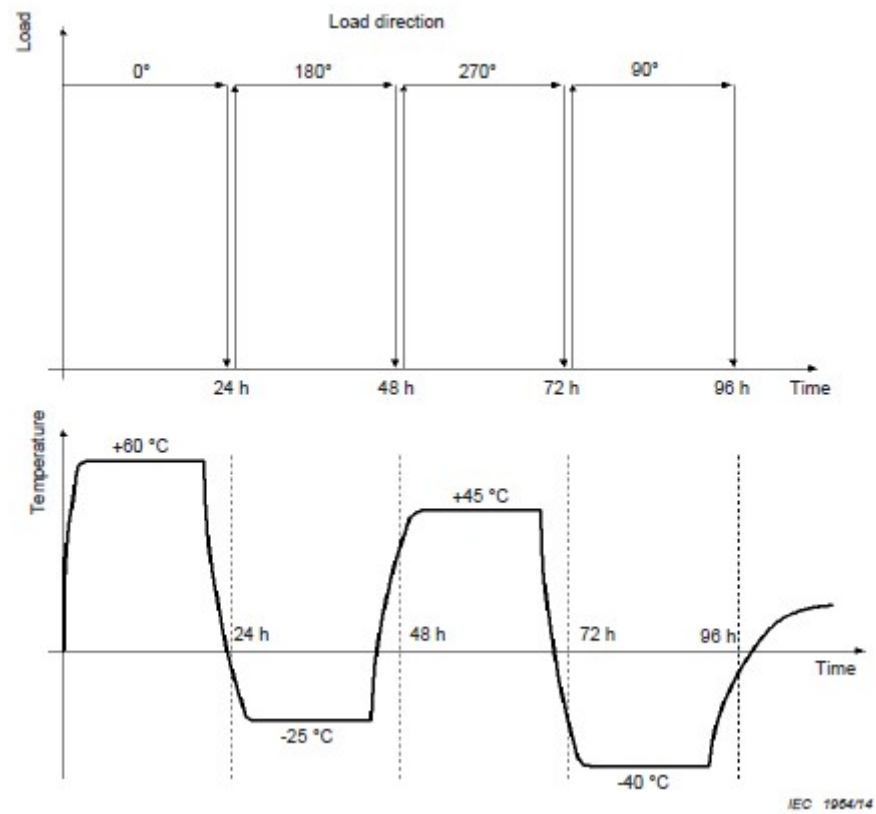
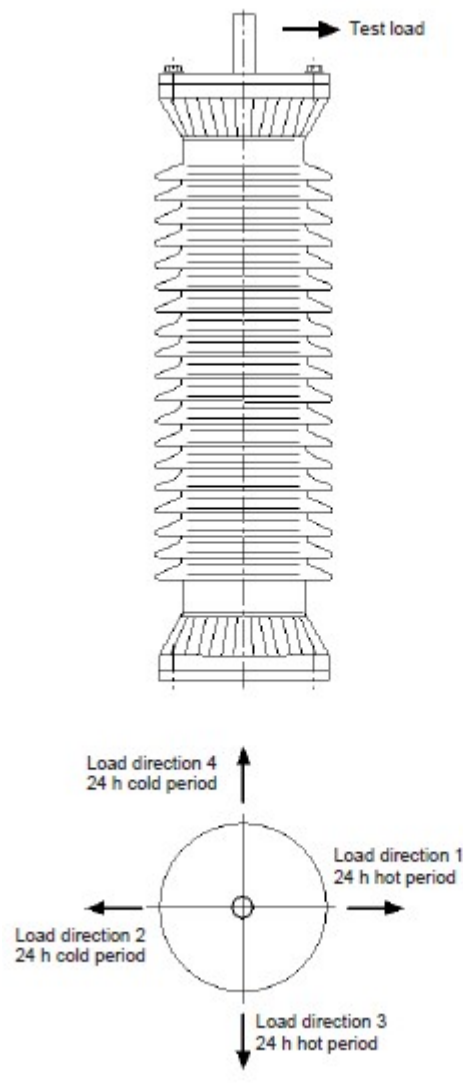


Рисунок 11 – Термомеханічний тест



IEC 1005/14

Рисунок 12 – Приклад організації тестування для термомеханічного випробування та напрям консольного навантаження

10.8.11.3.1.3 Термічна попередня підготовка

Ця частина випробування застосовується лише до розрядників, для яких не заявлено міцність консолі.

Зразок піддається термічним змінам, як описано на малюнку 11, без будь-якого навантаження застосовується.

Термічні зміни складаються з двох 48-годинних циклів нагрівання та охолодження, як описано в

Рисунок 11. Температура теплового і холодного періодів повинна підтримуватися не менше 16 год. Випробування проводять на повітрі.

10.8.11.3.2 Випробування зануренням у воду

Випробувальні зразки повинні зберігатися зануреними в посудину з киплячу деіонізовану воду з концентрацією 1 кг/м^3 NaCl протягом 42 год.

ПРИМІТКА 1. Характеристики води, описані вище, виміряні на початку випробування.

ПРИМІТКА 2 Цю температуру (кип'ятіння води) можна знизити до 80 °C (з мінімальною тривалістю 52 години) за домовленістю між користувачем і виробником, якщо виробник стверджує, що його ущільнювальний матеріал не здатний витримувати температуру кипіння протягом тривалість 42 год. Це значення в 52 години може бути розширено до 168 годин (тобто один тиждень) після згоди між виробником і користувачем.

Після закінчення кип'ятіння розрядник повинен залишатися в посудині, поки вода не охолоне приблизно 50 °C і повинні зберігатися у воді при цій температурі до перевірки можна проводити тести. Розрядник слід вийняти з води та охолодити до температури навколишнього середовища протягом не довше ніж трьох температурних констант часу зразка (як отримано з кривих охолодження 10.8.6). Температура витримування 50 °C необхідна лише в тому випадку, якщо необхідно відкласти верифікаційні випробування після закінчення випробування зануренням у воду, як показано на рисунку 13.

Оцінювальні випробування повинні бути виконані протягом часу, зазначеного в 10.8.11.4. Після вилучення зразка з води його можна промити водопровідною водою.

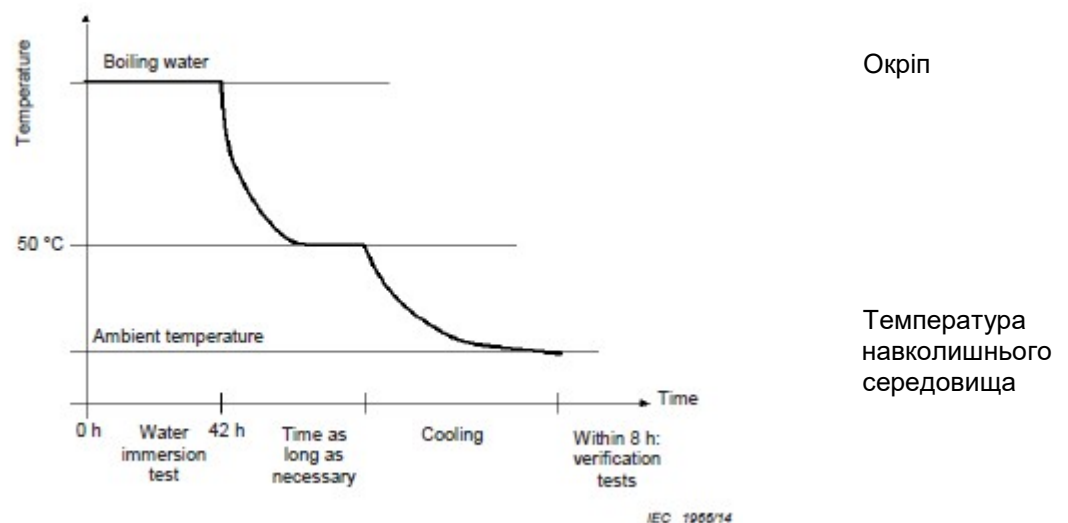


Рисунок 13 – Занурення у воду

10.8.11.4 Оцінка тесту

Випробування згідно з 10.8.12.2 необхідно повторити на кожному дослідному зразку. Розрядник повинен пройти випробування, якщо продемонстровано таке:

а) Розрядники для нас > 52 кВ

Після кроку 2: немає видимих пошкоджень;

нахил кривої сила-деформація залишається додатним до значення SSL, за винятком провалів, що не перевищують 5 % величини SSL. Частота дискретизації цифрового вимірювального обладнання має бути не менше 10 с⁻¹. Частота зрізу вимірювального обладнання має бути не менше 5 Гц.

Максимальний прогин під час кроків 1 і 2 і будь-який постійний прогин після тест повинен бути повідомлений.

Після кроку 3:

протягом 8 годин після охолодження, як зазначено на малюнку 13:

– збільшення втрат на ват, виміряне при U_c і при температурі навколишнього середовища, що не відхиляється більш ніж на 3 K від початкових вимірювань, становить не більше ніж більше з 20 мВт/кВ U_c (виміряного при U_c) або 20 %;

– внутрішній частковий розряд, виміряний при $1,05 U_c$, не перевищує 10 pC; у будь-який час після зазначених вище втрат потужності та вимірювань часткового розряду:

– для розрядників із закритим об'ємом газу та окремою системою ущільнення – зразки пройти випробування на герметичність згідно з пунктом г) 9.1;

– залишкова напруга, виміряна на повному зразку при тому самому значенні струму і форма хвилі, оскільки початкове вимірювання не більше ніж на 5 % відрізняється від первинне вимірювання;

– різниця напруг між двома послідовними імпульсами при номінальному розряді струм не перевищує 2 %, а осцилограми напруги та струму не перевищують виявити будь-яку часткову або повну поломку досліджуваного зразка. Поточна форма хвилі має бути в діапазоні $T_1/T_2 = (4-10)/(10-25)$ мкс, а імпульси повинні бути вводити з інтервалом 50-60 с.

– зміна опорної напруги, виміряна до та після двох залишкових напруг тестів не перевищує 2 %.

ПРИМІТКА 1. У разі наддовгих розрядників, де блоки можуть бути демонтовані, ця частина тесту оцінки може бути виконаний на окремих блоках або стопках блоків. Якщо блоки не можуть бути демонтовано можливою процедурою було б просвердлити отвір в ізоляції розрядника для встановлення контакту внутрішній стек на металевій прокладці та таким чином мати можливість випробувати коротші секції розрядника.

б) Розрядники для $U_s \leq 52$ кВ

Після кроку 1: немає видимих пошкоджень;

для кроку 1.1 нахил кривої сила-прогин залишається додатним до значення SSL за винятком провалів, що не перевищують 5 % величини SSL. Частота дискретизації цифрового вимірювального обладнання має бути не менше 10 с⁻¹. Частота зрізу вимірювального обладнання повинна бути не менше 5 Гц.

Максимальний прогин під час кроку 1 і будь-який постійний прогин, що залишився після випробування, повинен бути повідомлений.

Після кроку 2:

протягом 8 годин після охолодження, як зазначено на малюнку 13:

– збільшення втрат на ват, виміряне при U_c і при температурі навколишнього середовища, що не відхиляється більш ніж на 3 K від початкових вимірювань, становить не більше ніж більше з 20 мВт/кВ U_c (виміряного при U_c) або 20 %;

– внутрішній частковий розряд, виміряний при $1,05 U_c$, не перевищує 10 pC; у будь-який час після зазначених вище втрат потужності та вимірювань часткового розряду:

– для розрядників із закритим об'ємом газу та окремою системою ущільнення – зразки пройти випробування на герметичність згідно з пунктом г) 9.1;

– залишкова напруга, виміряна за того самого значення струму та форми хвилі, що й вихідне вимірювання відрізняється від початкового вимірювання не більш ніж на 5 %;

– різниця напруг між двома послідовними імпульсами при номінальному розряді струм не перевищує 2 %, а осцилограми напруги та струму не перевищують виявити будь-яку часткову або повну поломку досліджуваного зразка. Поточна форма хвилі має бути в діапазоні $T_1/T_2 = (4-10)/(10-25)$ мкс, а імпульси повинні бути вводити з інтервалом 50-60 с.

– зміна опорної напруги, виміряна до та після двох залишкових напруг тестів не перевищує 2 %.

ПРИМІТКА 2 У випадку наддовгих розрядників, де блоки можна розібрати, перевірка залишкової напруги можна виконувати на окремих блоках або на стопках блоків. Якщо блоки неможливо розібрати, а можливою процедурою було б просвердлити отвір в ізоляції розрядника для встановлення контакту з внутрішньою частиною скласти на металеву прокладку і таким чином мати можливість випробувати коротші секції розрядника.

10.8.12 Екологічні випробування

Підпункт 8.12 не застосовується.

10. Тест на герметичність ущільнення 8.13

Застосовується підпункт 8.13, за винятком наступного:

10.8.13.1 Загальні положення

Заміна підпункту 8.13.1:

Це випробування застосовується до розрядників із замкнутим об'ємом газу та окремою системою ущільнення.

Тест демонструє газо/водонепроникність усієї системи. Це стосується розрядників із полімерними корпусами, що мають ущільнення та пов'язані з ними компоненти, необхідні для підтримки а контрольована атмосфера в корпусі (розрядники із закритим газовим об'ємом і окремою системою ущільнення).

Випробування проводять на одному повному розряднику. Внутрішні частини можуть бути опущені. Якщо розрядник містить блоки з відмінностями в їх системі ущільнення, випробування слід проводити на кожному з них, що представляє кожен різну систему ущільнення.

Випробування напруги радіоперешкод (RIV) 10. 8.14

Підпункт 8.14 застосовується без змін.

Випробування для перевірки діелектричної стійкості внутрішніх компонентів 10. 8.15

Підпункт 8.15 застосовується без змін.

Перевірка компонентів внутрішньої оцінки 10. 8.16

Підпункт 8.16 застосовується без змін.

Доповнення:

Випробування на погодні старіння 10. 8.17

10.8.17.1 Загальні положення

Цей тест складається з двох частин. Оцінюється ефект впливу розрядника на сольовий туман. Інше оцінює вплив ультрафіолетового (УФ) світла на матеріал корпусу.

10.8.17.2 Випробування сольовим туманом

10.8.17.2.1 Випробувальні зразки

Це випробування слід проводити на найдовшому електричному блоку з мінімальною питомою відстанню шляху витоків та найвищою номінальною напругою, рекомендованою виробником для цього блоку.

10.8.17.2.2 Процедура випробування

Випробування є обмеженим у часі безперервним випробуванням у соляному тумані за постійної напруги промислової частоти дорівнює U_c . Випробування проводять у герметичній корозійно-захисній камері. Діафрагма не більше 80 см² повинна бути передбачена природна евакуація відпрацьованого повітря. Турбо як розпилювач води слід використовувати розпилювач або кімнатний зволожувач постійної потужності розпилення. Туман повинен заповнювати камеру, а не розпилюватися безпосередньо на випробний зразок. Солоняна вода, підготовлена з NaCl, і деіонізована вода будуть подаватися в розпилювач. Потужність - випробувальна напруга частоти повинна бути отримана за допомогою випробувального трансформатора. Випробувальна схема під навантаженням з резистивним струмом 250 мА (середньоквадратичне значення) протягом 1 с на стороні високої напруги має відчувати максимальне падіння напруги 5 %.

Рівень захисту має бути встановлений на 1 А (середньоквадратичне значення). Перед початком випробування зразок слід очистити деіонізованою водою. Випробувальний зразок повинен бути випробуваний у вертикальному положенні. Між дахом і стінками камери та випробовуваним зразком має бути достатній проміжок, щоб уникнути збурення електричного поля. Ці дані можна знайти в інструкціях виробника зі встановлення.

Тривалість випробування	1000 год
Витрата води	$0,4 \text{ л/год/м}^3 \pm 0,1 \text{ л/год/м}^3$
Розмір крапель	від 5 мкм до 10 мкм
Температура	$20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ K}$
Вміст NaCl у воді	від 1 кг/м^3 до 10 кг/м^3

Виробник повинен вказати початкове значення вмісту солі у воді. Витрата води визначається в літрах на годину на кубічний метр випробувальної камери. Це не дозволено, рециркуляцію води. Допускаються переривання через спалахи. Якщо відбувається більше одного спалаху, тестова напруга припиняється. Однак нанесення сольового туману має тривати, доки не почнеться промивання розрядника водопровідною водою. Перерви в застосуванні соляного туману не повинні перевищувати 15 хв. Потім випробування слід розпочати заново з нижчим значенням вмісту солі в воді. Якщо знову трапиться більше одного спалаху, цю процедуру слід повторити. Переривання час не зараховується як частина тривалості тесту.

Слід зазначити вміст NaCl у воді, кількість спалахів і тривалість перерв. Кількість відключень надструму повинна бути відзначена та врахована при оцінці тривалості випробування.

ПРИМІТКА. У цьому діапазоні солоності низький вміст солі може збільшити серйозність тесту. Більш високий вміст солі збільшує ймовірність спалаху, що ускладнює проведення тесту на корпусах більшого діаметру.

10.8.17.2.3 Оцінка тесту

Випробування вважається пройденим, якщо відстеження не відбувається (див. IEC 62217), якщо ерозія не відбувається по всій товщині будь-якого навісу або іншої частини зовнішнього покриття до наступного шару матеріалу, якщо навіси та корпус не пробиті, якщо еталонна напруга, виміряна до та після випробування за тієї самої температури навколишнього середовища в межах $\pm 3 \text{ K}$, не зменшилася більш ніж на 5 %, і якщо вимірювання часткового розряду, виконане перед і після випробування задовільний, тобто рівень часткового розряду не повинен перевищувати 10 pC, виміряний згідно з процедурою 9.1 с).

10.8.17.3 Випробування ультрафіолетовим світлом

10.8.17.3.1 Процедура випробування

Для цього випробування виберіть три зразки матеріалів для сараю та корпусу (з маркуванням, якщо воно є). Матеріал корпусу ізолятора повинен бути підданий випробуванню ультрафіолетовим світлом протягом 1000 годин один із наведених нижче методів тестування. Маркування на корпусі, якщо воно є, має бути відкрито до ультрафіолетового світла:

- Ксенонові дугові методи: ISO 4892-1 та ISO 4892-2, з використанням методу А без темних періодів, стандартний цикл розпилення, температура чорного стандарту/чорної панелі $65 \text{ }^\circ\text{C}$, опромінення приблизно 550 Вт/м^2

- Флуоресцентний УФ-метод: ISO 4892-1 та ISO 4892-3, з використанням люмінесцентної УФ-лампи типу I, метод впливу 1 або 2.

ПРИМІТКА Перегляд УФ-випробувань наразі розглядається робочою групою CIGRÉ D1.14.

10.8.17.3.2 Оцінка тесту

Після випробування маркування на сараї або матеріалі корпусу повинно бути розбірливим; пошкодження поверхні, такі як тріщини та виступи, не допускаються. У разі сумнівів щодо такої деградації необхідно провести два вимірювання шорсткості поверхні на кожному з трьох зразків. Шорсткість R_z , як визначено в ISO 4287, повинна вимірюватися вздовж зразка довжина не менше 2,5 мм. R_z не повинна перевищувати 0,1 мм.

ПРИМІТКА ISO 3274 надає деталі приладів для вимірювання шорсткості поверхні.

10.9 Звичайні випробування

Пункт 9 застосовується без змін.

11. Вимоги до випробувань розрядників із елегазовою металевією оболонкою (ГІС-розрядників)

Розділи 1, 2, 5 і 7 повністю застосовуються до розрядників із газовою ізоляцією в металевому корпусі (ГІС-розрядників). Багато вимог у розділах 3, 4 і 6 і багато запропонованих випробувань у розділах 8 і 9 також застосовуються без змін до газоізолюваних металевих розрядників (ГІС-розрядників).

Якщо є відхилення будь-якої міри від вимог розділів 3, 4, 6, 8 і 9, таке відхилення надається тут для газових розрядників у металевому корпусі (ГІС-розрядників).

11.1 Сфера застосування

Пункт 1 застосовується без змін.

11.2 Нормативні посилання

Пункт 2 застосовується без змін.

11.3 Терміни та визначення

Пункт 3 застосовується, за винятком наступного:

11.3.26

Заміна підпункту 3.26:

3.26 Корпус ГІС розрядника

зовнішній металевий корпус розрядника, який з'єднаний із землею та захищає внутрішні частини від зовнішнього середовища

11.4 Ідентифікація та класифікація

Пункт 4 застосовується, за винятком наступного:

11.4.1

Заміна підпункту 4.1:

Металооксидні розрядники перенапруги мають ідентифікуватися наступною мінімальною інформацією, яка

повинні бути вказані на паспортній табличці, постійно прикріпленій до розрядника:

безперервна робоча напруга;

Номинальна напруга;

номинальна частота, якщо вона відрізняється від однієї зі стандартних частот (див.

5.2);

номінальний струм розряду;
номінальний струм короткого замикання в кілоамперах (кА). Для розрядників, для яких не заявлений номінал короткого замикання, вказується знак «—»;
найменування або торгової марки виробника, тип і ідентифікацію комплектного розрядника;
визначення монтажного положення блоку (тільки для багато блокових розрядників);
рік виготовлення;
серійний номер (принаймні для розрядників з номінальною напругою понад 60 кВ)
номінальний тиск газу для ізоляції при 20 °С.

За наявності достатнього місця табличка з іменами також повинна містити рейтинг повторного перенесення заряду, Q_{rs} ;

рівень стійкості до забруднення оболонки (див. IEC TS 60815-1).

11.5 Стандартні рейтинги та умови обслуговування

Пункт 5 застосовується без змін.

11.6 Вимоги

Пункт 6 застосовується, за винятком наступного:

11. Витримувані напруги 6.1

Заміна підпункту 6.1:

а) Однофазний розрядник

Ізоляція між внутрішніми частинами та металевим корпусом повинна витримувати наступні напруги під час випробування згідно з 11.8.2.

– Витримувана напруга грозового імпульсу обладнання, що захищається, або рівень захисту розрядника від грозових імпульсів, помножений на 1,3 в залежності від того, що нижче.

ПРИМІТКА 1. Коефіцієнт 1,3 охоплює розрядні струми, вищі за номінальні. Перепади в атмосфері умови, наведені для розрядників у порцеляновому корпусі, не актуальні для розрядників ГІС. Тим не менш, коефіцієнт 1,3 зберігається для забезпечення додаткової безпеки. 245 кВ, >— Для розрядників 10 кА та 20 кА, призначених для використання в системах U_s імпульс перемикання, витримувана напруга обладнання, що захищається, або перемикання рівень захисту від імпульсів розрядника, помножений на 1,25, залежно від того, що нижче.

ПРИМІТКА 2 Коефіцієнт 1,25 охоплює розрядні струми, вищі за нормальні. Перепади в атмосфері умови, наведені для розрядників у порцеляновому корпусі, не актуальні для розрядників ГІС. Тим не менш, коефіцієнт 1,25 зберігається для забезпечення додаткової безпеки.

– Для розрядників 10 кА та 20 кА, призначених для використання в системах $U_s \leq 245$ кВ, потужність - частота витримуваної напруги обладнання, що захищається, або промислова частота напруга з піковим значенням, що дорівнює рівню захисту імпульсу перемикання, помноженому на 1,2 тривалістю 1 хв, залежно від того, що менше.

– Для розрядників 2,5 кА та 5 кА, витримувана напруга промислової частоти обладнання підлягає захисту або напруга промислової частоти з піковим значенням, рівним блискавки рівень захисту від імпульсу протягом 1 хв., в залежності від того, що нижче.

б) Трифазний розрядник Витримувана напруга ізоляції трифазних розрядників наведена в таблиці 9 і таблиці 10.

Таблиця 9 – Трифазні розрядники 10 кВ та 20 кВ – Необхідні витримувані напруги

Напруга кВ	Вид витримуваної напруги	Тест	Коментар
$U_s \leq 245$	Витримувана напруга грозового імпульсу	Фаза-земля і фаза-фаза: – витримувана напруга обладнання, що підлягає захисту – (див. IEC 60071-1) або – фаза-земля: $1,3 \times$ рівень захисту від грозового імпульсу – фаза-фаза: $1,3 \times$ рівень захисту від грозового імпульсу + $U_c \times \sqrt{2}$	Що нижче
	Витримувана напруга промислової частоти	Фаза-земля і фаза-фаза: – витримувана напруга обладнання, що підлягає захисту – (див. IEC 60071-1) або – фаза-земля: $U_{ac} = 1,2 \times$ рівень захисту від комутаційного імпульсу – фаза-фаза: $U_{ac} = 1,2 \times$ рівень захисту комутаційного імпульсу + $U_c \times \sqrt{2}$	Що нижче
$U_s > 245$	Витримувана напруга грозового імпульсу	Фаза-земля і фаза-фаза: – витримувана напруга обладнання, що підлягає захисту – (див. IEC 60071-1) або – фаза-земля: $1,3 \times$ рівень захисту від грозового імпульсу – фаза-фаза: $1,3 \times$ рівень захисту від грозового імпульсу + $U_c \times \sqrt{2}$	Що нижче
	Витримувана напруга промислової частоти	Фаза-земля і фаза-фаза: – витримувана напруга обладнання, що підлягає захисту – (див. IEC 60071-1) або – фаза-земля: $1,25 \times$ рівень захисту від комутаційного імпульсу – міжфаза: $2,5 \times$ рівень захисту від перемикання імпульсів	Що нижче

Таблиця 10 – Трифазні розрядники GIS 2,5 кА та 5 кА – Необхідна витримувана напруга

Вид витримуваної напруги	Тест	Коментар
Витримувана напруга грозового імпульсу	Фаза-земля і фаза-фаза: – витримувана напруга обладнання, що підлягає захисту – (див. IEC 60071-1) або – фаза-земля: $1,3 \times$ рівень захисту від грозового імпульсу – фаза-фаза: $1,3 \times$ рівень захисту від грозового імпульсу + $U_c \times \sqrt{2}$	Що нижче
Витримувана напруга промислової частоти	Фаза-земля і фаза-фаза: – витримувана напруга обладнання, що підлягає захисту – (див. IEC 60071-1) або – фаза-земля: $U_{ac} =$ рівень захисту від грозового імпульсу – фаза-фаза: $U_{ac} =$ рівень захисту від грозового імпульсу + $U_c \times \sqrt{2}$	Що нижче

11.6.13 Характеристики короткого замикання

Заміна підпункту 6.13: Конструкція металевих корпусів ГІС-розрядників повинна відповідати вимогам 5.103 IEC 62271-203:2011 або 5.102 IEC 62271-200:2011. Якщо це виконано і корпус розрядника перенапруг оснащено тим самим пристроєм скидання тиску, що й підключений розподільний пристрій, випробування на коротке замикання згідно з 8.10 не потрібно. Якщо розрядник має окрему внутрішню оболонку з пристроєм для скидання тиску, який відрізняється від металевої ємності, застосовують 8.10. У цьому випадку необхідно провести обстеження тільки з номінальним струмом короткого замикання.

11.6.14 Роз'єднувач

Підпункт 6.14 не застосовується.

11.6.15 Вимоги до компонентів внутрішньої оцінки

Підпункт 6.15 не застосовується.

11.7 Загальні процедури тестування

Пункт 7 застосовується без змін.

11.8 Типові випробування (проектні випробування)

11. Загальні положення 8.1

Поправка:

Типові випробування повинні проводитися, як визначено в розділі 8, за винятком зазначених конкретних змін

нижче (нумерації списку стосуються номерів у рядках таблиці 3):

- 1) Випробування ізоляції на стійкість – див. 11.8.2.
- 6) Експлуатаційне випробування – див. 11.8.7.
- 8) Випробування роз'єднувача розрядника – не застосовується.
- 9) Випробування на коротке замикання – див. 11.8.10.
- 10) Випробування згинального моменту – не застосовується.
- 11) Екологічні випробування – не застосовується.
- 12) Тест на герметичність ущільнення – не застосовується.
- 16) Тест на забруднене житло – не застосовується.

Випробування ізоляції на стійкість 11. 8.2

Заміна підпункту 8.2:

11.8.2.1 Загальні положення

Ці випробування демонструють здатність ізоляції витримувати необхідні напруги між внутрішніми частинами та металевим корпусом і, крім того, між фазами для трифазного розрядника.

Випробування на стійкість ізоляції також повинні гарантувати, що всі внутрішні компоненти перевірені принаймні на еквівалент найвищих навантажень під час експлуатації. Окрема перевірка одиночного

тому можуть знадобитися компоненти для перевірки необхідної витримуваної напруги (див. 11.8.2.5).

Для однофазних розрядників випробування проводять на повному розряднику із заміною резисторів МО на ізоляційні частини. Для контролю розподілу напруги вздовж осі розрядника замість ізоляційних частин можуть використовуватися градирувальні елементи.

У разі трифазного розрядника, фаза(и), яка(і) не під напругою під час випробування, повинна бути підключений до землі. Для активних частин, підключених до джерела напруги, МО-резистори повинні бути замінені ізоляційними частинами. Для контролю розподілу напруги вздовж осі розрядника замість ізоляційних частин можуть використовуватися градирувальні елементи.

ПРИМІТКА Через сильний вплив ємності землі в розрядниках GIS може бути важко або навіть неможливо домогтися лінійного розподілу напруги шляхом градування елементів. Виконання тесту з нерівномірним розподілом напруги або без будь-яких елементів оцінки є найгіршим випадком, і результати тесту залишаються консервативними. Під час випробувань ізоляційний газ повинен мати мінімальну функціональну щільність, визначену для розрядник.

11.8.2.2 Випробування імпульсної напруги блискавки

Розрядники повинні піддаватися стандартній напрузі грозового імпульсу згідно з IEC 60060-1.

а) Однофазні розрядники

Випробувальна напруга має відповідати 11.6.1.

П'ятнадцять послідовних імпульсів при випробувальному значенні напруги повинні бути застосовані для кожної полярності. Розрядник пройшов випробування, якщо не відбувається розривних розрядів. У випадку руйнівних розрядів, повинні бути дотримані критерії проходження в 6.2.4 IEC 62271-1:2007.

б) Трифазний розрядник

Випробувальна напруга має відповідати 11.6.1.

Випробування починається з перевірки ізоляції між фазою та землею. Випробувальна напруга прикладається до одна фаза, а інші фази підключені до землі.

Після випробування ізоляції фаза-земля має бути проведено випробування ізоляції фаза-фаза виконується. Це випробування може бути виконано з використанням лише імпульсної напруги або імпульсної напруги і напруга промислової частоти. Вибір робить виробник.

– Якщо випробування проводиться лише з використанням імпульсної напруги, використовуйте ту саму схему випробування для випробування фаза-земля.

– Якщо випробування проводиться з використанням імпульсної напруги та напруги промислової частоти, лише одна фаза підключена до землі. Імпульсна напруга подається на другу фазу, при цьому напруга промислової частоти прикладається до третьої фази таким чином, що під час прикладення імпульсної напруги до другої фази, напруги промислової частоти досягає свого пікового значення протилежної полярності.

Випробування фаза-земля та фаза-фаза мають бути повторені для всіх можливих комбінацій трьох активних частин, якщо це не буде доведено з міркувань електричної симетрії.

В обох випробуваннях для кожного необхідно застосувати 15 послідовних імпульсів із значенням випробувальної напруги полярність. Розрядник пройшов випробування, якщо не відбувається розривних розрядів. У разі руйнівних розрядів слід дотримуватися критеріїв проходження в 6.2.4 IEC 62271-1:2013.

11.8.2.3 Перевірка імпульсної напруги перемикачів

Розрядники повинні піддаватися стандартній комутаційній імпульсній напрузі відповідно до IEC 60060-1.

а) Однофазні розрядники

Випробувальна напруга має відповідати 11.6.1.

П'ятнадцять послідовних імпульсів при випробувальному значенні напруги повинні бути застосовані для кожної полярності. Розрядник пройшов випробування, якщо не відбувається розривних розрядів. У разі руйнівних розрядів слід дотримуватися критеріїв проходження в 6.2.4 IEC 62271-1:2013.

б) Трифазні розрядники Випробувальна напруга має відповідати 11.6.1.

Випробування починаються з перевірки ізоляції між фазою та землею. Випробувальна напруга прикладається до одна фаза, тоді як інші дві фази підключені до землі.

Після цього випробування можна провести між фазне випробування ізоляції без зміни випробувальну організацію шляхом підвищення випробувальної напруги до необхідного рівня. Якщо виникають або очікуються спалахи, має бути використаний один із наступних двох варіантів випробувань. Вибір робить виробник:

– Одна фаза розрядника заземлена. Два імпульси перемикавання однакової амплітуди і протилежна полярність повинна бути застосована до двох інших фаз. Імпульси повинні досягти їхні герби одночасно. Амплітуда кожного імпульсу повинна становити половину необхідний імпульс перемикавання витримує між фазну напругу (перевірка між фазами відповідно до IEC 60071-1).

– Одна фаза розрядника заземлена. Імпульс перемикавання, рівний необхідному значенню фаза-земля застосовується до другої фази. Додається напруга промислової частоти третю фазу так, щоб пік імпульсу перемикавання досягався на піку напруги промислової частоти протилежної полярності. Різниця напруг на в момент вершини імпульсу комутації повинен дорівнювати необхідному імпульсу комутації витримувати між фазна напруга (випробування поздовжньої ізоляції згідно з IEC 60071-1).

Випробування фаза-земля та фаза-фаза повинні бути повторені для всіх можливих комбінацій трьох активних частин, якщо це не буде доведено з міркувань електричної симетрії. В обох випробуваннях для кожного необхідно застосувати 15 послідовних імпульсів із значенням випробувальної напруги полярність. Розрядник пройшов випробування, якщо не відбувається розривного розряду. У разі проривних розрядів критерії проходження в IEC 62271-203 і IEC 62271-200 повинні бути спостерігається.

11.8.2.4 Випробування напругою промислової частоти

а) Однофазні розрядники

Випробувальна напруга має відповідати 11.6.1.

Розрядник пройшов випробування, якщо не відбувається розривного розряду.

б) Трифазні розрядники

Випробувальна напруга має відповідати 11.6.1.

Випробування починаються з перевірки ізоляції між фазою та землею. Випробувальна напруга прикладається до одна фаза, а інші фази підключені до землі.

Після випробування ізоляції фаза-земля має бути проведено випробування ізоляції фаза-фаза виконується. Якщо це випробування виконується лише з використанням напруги промислової частоти, таке ж випробування домовленості повинні бути прийняті. Прикладену напругу слід підняти до необхідного між фазного значення.

Розрядник пройшов випробування, якщо не відбувається розривного розряду. В якості альтернативи може бути прийнята наступна процедура тестування. Одна фаза розрядника є підключений до землі. Імпульсна напруга дорівнює 1,2 імпульсу перемикавання рівень захисту подається на другу фазу, при цьому напруга промислової частоти дорівнює до U_c застосовується до третьої фази. Це робиться таким чином, щоб під час нанесення імпульсної напруги до другої фази, напруга промислової частоти досягає свого піку значення протилежної полярності.

Випробування фаза-земля та фаза-фаза мають бути повторені для всіх можливих комбінацій трьох активних частин, якщо це не буде доведено з міркувань електричної симетрії.

П'ятнадцять послідовних імпульсів випробувальної напруги повинні бути прикладені до кожної полярності. Розрядник пройшов випробування, якщо не відбувається розривного розряду. У разі підриву розрядів, повинні бути дотримані критерії проходження в IEC 62271-203 і IEC 62271-200.

11.8.2.5 Витримати випробування активної частини ГІС-розрядників

Для ГІС-розрядника з активною частиною, що містить елементи МО-резистора, електричне з'єднані послідовно, але геометрично розташовані паралельно за допомогою ізоляційного матеріалу, необхідно перевірити здатність ізоляційного матеріалу витримувати напругу, опір опорної конструкції та ізоляції між стовпчиками МО резистора. Випробування проводять таким чином, щоб усі можливі напруги, зазначені вище беруться до уваги.

Під час випробування зразки можуть бути оточені фактичним газом із щільністю, що відповідає мінімальній щільності, визначеній для повного розрядника.

11. Випробування залишковою напругою 8.3

Підрозділ 8.3 застосовується без змін.

Випробування для перевірки тривалої стабільності під постійною робочою напругою

11.8.4 Тест для перевірки тривалої стабільності під постійною робочою напругою

Підрозділ 8.4 застосовується без змін.

11.8.5 Тест для перевірки рейтингу повторного перенесення заряду, 11. Qrs

Підрозділ 8.5 застосовується без змін.

Тепловиділення зразка 11. 8.6

Підрозділ 8.6 застосовується без змін.

Робочі випробування 11. 8.7

Підрозділ 8.7 застосовується без змін.

Випробування напруги промислової частоти від часу 11. 8.8

Підрозділ 8.8 застосовується без змін.

Випробування роз'єднувача ОПН 11. 8.9

Підпункт 8.9 не застосовується.

Випробування на коротке замикання 11. 8.10
доповнення:

Підрозділ 8.10 застосовується, якщо розрядник має окремий внутрішній корпус із запобіжним пристроєм, який відрізняється від металевої ємності. В іншому випадку див. 0 для вимог до тесту.

Випробування згинального моменту 11. 8.11

Підпункт 8.11 не застосовується.

11. Екологічні випробування 8.12

Підпункт 8.12 не застосовується.

Тест на герметичність ущільнення 11. 8.13

Підпункт 8.13 не застосовується.

Випробування напруги радіоперешкод (RIV) 11. 8.14

Підпункт 8.14 застосовується без змін.

Випробування для перевірки діелектричної стійкості внутрішніх компонентів 11. 8.15

Підпункт 8.15 застосовується без змін.

Перевірка компонентів внутрішньої оцінки 11. 8.16

Підпункт 8.16 застосовується без змін.

11.9 Звичайні випробування

доповнення:

Планові випробування ГІС-розрядників проводять згідно з 9.1.

Еталонну напругу вимірюють на повному розряднику або на активних частинах розрядника.

Випробування на частковий розряд необхідно проводити на повному розряднику або на активних частинах розрядника та на корпусі розрядника, включаючи опорну конструкцію та елементи градації.

доповнення:

11.10 Випробування після встановлення на місці

Якщо розрядник доставляється на місце у неповному зібраному вигляді, його необхідно перевірити на правильність монтажу будь-яким відповідним методом, прийнятим виробником.

Якщо ізоляційна здатність розподільного пристрою з елегазовою ізоляцією, оснащеного розрядниками, повинна перевірятися імпульсною напругою або напругою промислової частоти, розрядники повинні бути зняті або замазані.
не працює, щоб дозволити ці тести.

12 Відокремлювані та глухі розрядники

Розділи 2, 4, 7 і 9 застосовуються в повному обсязі до відокремлюваних і глухих розрядників. Багато вимог у розділах 3, 5 і 6 і багато випробувань, передбачених у пункті 8, також застосовувати без змін до відокремлюваних і глухих розрядників. Якщо є відхилення будь-якої міри від вимог розділів 3, 5, 6 і 8, таке відхилення надається тут для відокремлюваних і глухих розрядників.

12.1 Сфера застосування

Заміна пункту 1:

Цей розділ застосовується до розрядників, розроблених з ізоляційними та/або екранованими/екранованими корпусами, що забезпечують ізоляцію системи, призначених для встановлення в корпусі для захисту розподільного обладнання та ланцюгів.

12.2 Нормативні посилання

Пункт 2 застосовується без змін.

12.3 Терміни та визначення

Застосовується пункт 3, за винятком наступного:

Заміна підпункту 3.26:

12.3.26 корпус відокремлюваного або глухого переднього розрядника

а) для роздільного розрядника: зовнішній корпус розрядника, ізолюваний або екранований/екранований електропровідним матеріалом, який захищає внутрішні частини від зовнішнього середовища

б) для розрядника з глухим фронтом: зовнішня оболонка розрядника, екранована/екранована металевим або електропровідний полімерний матеріал, який з'єднаний із землею і який захищає внутрішні частини від зовнішнього середовища

12.4 Ідентифікація та класифікація

Пункт 4 застосовується без змін.

12.5 Стандартні рейтинги та умови обслуговування

Застосовується пункт 5, за винятком наступного:

12.5.4 Нормальні умови експлуатації

Заміна підпункту 5.4:

Обмежувачі перенапруг, які відповідають цьому стандарту, повинні бути придатними для нормальної роботи за таких нормальних умов експлуатації.

а) Температура навколишнього повітря в загальній зоні розрядників має бути між $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$.

б) Максимальна температура розрядників без нагріву через самонагрівання та зовнішнє тепло

джерела в загальній близькості від розрядника не повинні перевищувати $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$.

ПРИМІТКА Вплив максимальної сонячної радіації ($1,1\text{ кВт/м}^2$) було враховано шляхом попереднього нагріву випробувальний зразок у типових випробуваннях. Інші джерела тепла, які можуть впливати на застосування розрядника, не є розглядається за нормальних умов експлуатації.

в) Висота не перевищує 1000 м .

г) Частота змінного струму джерело живлення не менше 48 Гц і не вище 62 Гц .

д) Напруга промислової частоти постійно прикладається між клемми розрядника перевищення тривалої робочої напруги.

е) Механічні умови (розглядається).

є) Умови забруднення (на даний момент немає вимог).

12.6 Вимоги

Пункт 6 застосовується, за винятком наступного:

12.6.4 Внутрішні часткові розряди

За нормальних і сухих умов експлуатації внутрішні часткові розряди повинні бути нижчими за рівень, який може спричинити пошкодження внутрішніх частин. Це повинно бути продемонстровано випробуванням відповідно до 12.8.17.

12.6.13 Характеристики короткого замикання

Заміна підпункту 6.13:

Розрядник не повинен виходити з ладу так, щоб це спричиняло сильне руйнування (див. 12.8.10). Виробник повинен задекларувати номінальний струм короткого замикання для кожного сімейства розрядників. Тільки для застосувань з очікуваними струмами короткого замикання нижче 1 кА номінальне значення «нуль» може бути стверджувало. У цьому випадку на заводській табличці вказується «0».

Усі відокремлювані та глухі розрядники повинні бути здатні протистояти виходу з ладу резистора МО без викиду частин розрядника через корпус корпусу, за винятком місць, спеціально призначених для цієї мети.

12.7 Загальна процедура тестування

Пункт 7 застосовується без змін.

12.8 Типові випробування (проектні випробування)

12. Загальні положення 8.1

Поправка:

Типові випробування повинні проводитися, як визначено в розділі 8, за винятком зазначених конкретних змін нижче (номера списку стосуються номерів у рядках таблиці 3):

- 1) Випробування ізоляції на стійкість – див. 12.8.2.
- 8) Випробування роз'єднувача розрядника – не застосовується.
- 9) Випробування на коротке замикання – див. 12.8.10.
- 10) Випробування згинального моменту – не застосовується.
- 11) Екологічні випробування – не застосовується.
- 12) Тест на герметичність ущільнення – не застосовується.
- 16) Тест на забруднене житло – не застосовується.

Крім того, необхідно провести наступний тест:

- 17) Перевірка внутрішнього часткового розряду (див. 12.8.17)

Випробування ізоляції на стійкість 12. 8.2

Підпункт 8.2 застосовується з такими доповненнями:

доповнення:

12.8.2.9 Випробування на міцність ізоляції неекранизованих відокремлюваних розрядників

Для неекранизованих відокремлюваних розрядників, де зазори менші за вказані у стандарті IEC 60071-2 три зразки повинні бути встановлені в заземлену випробувальну клемну коробку, як показано на малюнку 14. За умови, що випробувальна коробка є симетричною, випробування проводять на розрядниках 1 і 2. Якщо коробка не симетрична, всі три розрядники повинні бути перевірені. Мінімально допустимі відстані a, b, c, d і e повинні бути вказані в літературі, що додається до розрядника. Для екранизованих відокремлюваних розрядників достатньо однофазного випробування.

Випробування на стійкість ізоляції можна проводити з розрядниками, включаючи МО-резистори. У цьому випадку випробовуваний блок повинен бути ізольований від потенціалу землі. Під час імпульсного випробування розрядник поруч із перевіряним розрядником має бути заземлений.

Значення опору ізоляції повинні відповідати таблиці 11.

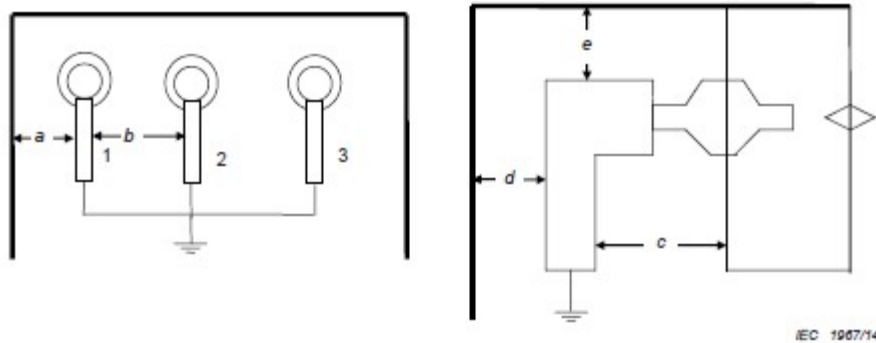


Рисунок 14 – Випробувальна установка для випробування на стійкість ізоляції неекраниваних відокремлюваних розрядників

Таблиця 11 – Випробувальна напруга ізоляції для неекраниваних відокремлюваних розрядників

U_s kV	Імпульсний тест 1,2/50 повна хвиля kV (пікове значення)	Випробувальна напруга 50/60 Гц kV (r.m.s.)
12	75	28
17,5	95	38
24	125	50
36	170	70

ПРИМІТКА. Випробувальні значення відповідають стандартам IEC 62271-1 та IEC 60071-1, а для інших значень «найвищої напруги для обладнання» використовуйте випробувальні напруги в IEC 60071-1.

12.8.2.10 Випробування на міцність ізоляції розрядників із глухим фронтом або роз'ємних розрядників у екранований/екранований корпус

Для розрядників із глухим фронтом або відокремлюваних розрядників в екранованому/екранованому корпусі МО-резистори повинні бути видалені та замінені металевим стрижнем такого ж зовнішнього діаметра, як і МО-резистори. Довжина металевого стрижня повинна становити принаймні дві третини загальної довжини пакета МО-резисторів. Нижній кінець стрижня має бути сформований таким чином, щоб мінімізувати діелектричне напруження (наприклад, напівсферичний). Щоб ізолювати екран/екран корпусу в нижньому кінці, решту довжини корпусу необхідно заповнити ізоляційним матеріалом (твердим або рідким), щоб запобігти руйнуванню поверхні під час випробування. Високовольтний термінал має бути під напругою, а екранований/екранований корпус заземлений для випробування.

Значення опору ізоляції повинні відповідати таблиці 11 або таблиці 12, залежно від передбачуване застосування.

Таблиця 12 – Витримувана випробувальна напруга ізоляції для глухих розрядників або відокремлюваних розрядників в екранованому/екранованому корпусі

Рейтинг класу системи	Імпульсний тест 1,2/50 повна хвиля	Випробувальна напруга 50/60 Гц	Випробувальна напруга постійного струму
kV	kV (пік)	kV (середньоквадратичне значення), прикладене протягом 1 хв	kV прикладається протягом 15 хв
15	95	34	53
25	125	40	78
35	150	50	103
ПРИМІТКА Тестові значення відповідають IEEE C62.11.			

12. Випробування залишковою напругою 8.3

Підрозділ 8.3 застосовується без змін.

Випробування для перевірки тривалої стабільності під постійною робочою напругою

12. 8.4 Тест для перевірки тривалої стабільності під постійною робочою напругою

Підпункт 8.4 застосовується, за винятком наступного:

12.8.4.1 Процедура випробування

Заміна підпункту 8.4.2.1:

Це випробування необхідно проводити на трьох типових зразках резисторних елементів МО з еталонною напругою, яка відповідає вимогам 7.3. Напруга промислової частоти повинна відповідати вимогам, зазначеним для робочого випробування (див. 8.7.1). Весь матеріал (твердий або рідкий), що безпосередньо контактує з МО-резисторами в розряднику, повинен бути присутнім під час випробування на старіння з тією ж конструкцією, що використовується в повному розряднику. Під час випробування МО-резистори повинні бути поміщені в духовку з контрольованою температурою в тому ж навколишньому середовищі, яке використовується в розряднику. Об'єм камери печі повинен бути не менше ніж вдвічі більше об'єму МО резистора, а щільність середовища в камері повинна бути не менше щільності середовища в розряднику.

ПРИМІТКА 1. Середовище, що оточує МО-резистор у розряднику, може зазнавати змін протягом нормального терміну служби розрядника через внутрішні часткові розряди. Можлива зміна середовища, що оточує МО резистор, в полі може значно збільшити втрати потужності. Розглядається відповідна процедура тестування з урахуванням таких модифікацій. Протягом цього часу альтернативна процедура полягає у виконанні тесту в N₂ або SF₆ (для ГІС-розрядників) з низькою концентрацією кисню (менше 0,1 % за об'ємом). Це гарантує, що навіть за повної відсутності кисню розрядник не старіє.

Якщо виробник може довести, що тест, проведений на відкритому повітрі, еквівалентний тесту, проведеному в реальному середовищі, процедуру старіння можна проводити на відкритому повітрі.

МО-резистори повинні бути нагріті до $115\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4\text{ K}$, а втрати потужності МО-резистора P_{start} повинні бути виміряні при скоригованій максимальній безперервній робочій напрузі U_{ct} (див. нижче) через 3 години ± 5 хвилин після подачі напруги. Зразки повинні витримуватися при цій напрузі протягом 1000 год. для відокремлюваних розрядників і протягом 2000 год. для глухих розрядників, протягом яких піч температуру слід контролювати, щоб підтримувати температуру поверхні МО-резистора на рівні $115\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4\text{ K}$.

Втрати потужності МО-резистора повинні вимірюватися при U_{ct} кожні 100 годин після першого вимірювання, а остаточне вимірювання, P_{end} , повинно бути виконано через 1000^{+100} год витримки відокремлювані розрядники або після $2\,000^{+100}$ год старіння для глухих розрядників.

Допускається випадкове проміжне знеструмлення дослідних зразків, що не перевищує загальну тривалість 24 години протягом періоду випробування. Перерва не буде зарахована в тривалість тесту. Остаточне вимірювання слід проводити не менше ніж через 100 годин безперервної подачі напруги. У межах дозволеного температурного діапазону всі вимірювання повинні проводитись за однієї температури ± 1 К.

Релевантною напругою для цієї процедури є скоригований максимальний тривалий режим роботи напруги (U_{ct}), яку підтримують МО резистори в розряднику, включаючи дисбаланс напруги ефекти. Ця напруга повинна визначатися вимірюваннями або обчисленнями розподілу напруги.

ПРИМІТКА 2. Інформація про процедури розрахунків розподілу напруги наведена в Додатку F.

Тільки для неекранованих відокремлюваних розрядників довжиною H менше 1 м напруга може бути визначена за такою формулою:

$$U_{ct} = U_c (1 + 0,15 H)$$

де H – загальна довжина розрядника (м).

12.8.5 Тест для перевірки рейтингу повторного перенесення заряду, Q_{rs}

Підрозділ 8.5 застосовується без змін.

Тепловиділення зразка 12. 8.6

Підрозділ 8.6 застосовується без змін.

Робочі випробування 12. 8.7

Підпункт 8.7 застосовується, за винятком наступного:

12.8.7.2.3 Випробування на відновлення температури

Заміна підпункту 8.7.2.3:

Наступна процедура повинна бути застосована для частини випробування, пов'язаної з відновленням температури:

Повні випробувальні зразки попередньо нагріваються до температури, щонайменше, початкової температури, як зазначено нижче:

– для неекранованих роздільних розрядників: початкова температура = $60\text{ }^{\circ}\text{C}$

для екранованих відокремлюваних і глухих розрядників: початкова температура = $85\text{ }^{\circ}\text{C}$

Попередній нагрів займає не більше двадцяти годин.

Температура МО-резисторів повинна бути принаймні початковою температурою безпосередньо перед подачею енергії або передачею заряду.

Кожен зразок повинен бути підданий інжекції енергії або передачі заряду, що вводиться всередину форма двох імпульсів струму блискавки 8/20 протягом однієї хвилини, що мають достатню величину, щоб накопичений заряд принаймні дорівнював заявленому тепловому заряду рейтинг передачі, вибраний зі списку, наведеного в таблиці 5.

У межах 100 мс від подачі енергії або заряду напруга дорівнює номінальній напрузі U_T слід прикладати протягом 10 с, а потім напругу, що дорівнює безперервній робочій напрузі U_c (за потреби додатково відкоригований згідно з 7.3) слід наносити щонайменше на 30 хвилин для демонстрації термічної стабільності. Резистивний компонент струму або розсіюваної потужності або температура або будь-яка їх комбінація повинні контролюватися до тих пір, поки вимірне значення не буде помітно зменшено (успіх), але протягом щонайменше 30 хвилин, або в стані теплового розбігу (невдача) очевидна.

12.8.8 Випробування залежності напруги промислової частоти від часу

Підрозділ 8.8 застосовується без змін.

12. 8.9 Випробування роз'єднувача

Підпункт 8.9 не застосовується.

12. 8.10 Випробування на коротке замикання

Поправка:

Усі розрядники повинні бути піддані випробуванню на коротке замикання згідно з 8.10, щоб показати, що розрядник не вийде з ладу таким чином, що спричинить сильне руйнування корпусу. Нижче наведені зміни до 8.10, які застосовуються до відокремлюваних і глухих розрядників.

ПРИМІТКА Переглянуті процедури випробувань на коротке замикання для відокремлюваних і глухих розрядників знаходяться на розгляді.

12.8.10.1 Загальні положення

Заміна підпункту 8.10.1:

Усі розрядники повинні бути перевірені. Випробування проводять, щоб показати, що поломка розрядника навряд чи спричинить вибуховий збій.

Кожну конструкцію розрядника випробовують двома групами струмів короткого замикання згідно з таблицею 7:

високі значення струму короткого замикання, що складаються з номінального струму короткого замикання та двох зменшених струмів короткого замикання, якщо це можливо;

малий струм короткого замикання.

ПРИМІТКА. Існує дві основні конструкції щодо поведінки при короткому замиканні.

Одна конструкція розрядників перенапруги використовує внутрішній надлишковий тиск, який створюється через внутрішню дугу, що виникає внаслідок короткого замикання елементів розрядника. Надлишковий тиск створюється нагріванням замкнутого об'єму газу або рідини, які розширюються, що призводить до розриву або перекидання пристрою для скидання тиску (у цьому випадку випробування іноді називають «випробуваннями для скидання тиску»). Корпус розрядника не розраховується до того, як буде знято надлишковий тиск.

Інша конструкція, як правило, компактного типу без замкнутого об'єму газу чи рідини, не має жодного тиску. Розвантажувальний пристрій. Ефективність короткого замикання цієї конструкції залежить від дуги, яка безпосередньо прогорає або розриває корпус.

Якщо розрядник оснащено пристроєм, відмінним від звичайного пристрою для скидання тиску, цей пристрій слід включити до випробування.

Для номінального і приведенного струму короткого замикання способи підготовки випробувального зразка залежать від конструкції розрядника. Для розрядника, оснащеного пристроєм скидання тиску, активні МО-резистори шунтуються зовні дротом запобіжника. Для розрядника без пристрою скидання тиску активні МО-резистори можуть бути попередньо виведені з ладу через перенапругу або можуть бути шунтуються за допомогою внутрішнього проводу запобіжника, встановленого в просвердленому отворі через МО-резистори.

Для випробування короткого замикання слабким струмом активні МО-резистори попередньо виходять з ладу через перенапругу.

Частота джерела випробувального струму короткого замикання повинна бути не менше 48 Гц і не більше 62 Гц.

За погодженням між виробником і користувачем випробування циклу повторного вмикання можуть проводитися з використанням взаємно узгодженої процедури випробування та критеріїв випробування.

Усі відокремлювані та глухі розрядники повинні бути здатні протистояти виходу з ладу резистора МО без викиду частин розрядника через корпус корпусу, за винятком місць, спеціально призначених для цієї мети. Випробування проводяться на найвищій номінальній напрузі комплектних розрядників даного типу та конструкції. Ці випробування слід розглядати як обґрунтування відповідності цьому стандарту нижчих номінальних напруг того самого типу та конструкції.

Зразки повинні бути підготовлені відповідно до 8.10.2 або 10.8.10.2 відповідно до конструкції

12.8.10.3 Монтаж досліджуваного зразка

Заміна підпункту 8.10.3:

Випробувальні зразки розрядника з мертвим фронтом повинні бути встановлені на стандартній інтерфейсній втулці для імітації нормальних умов експлуатації.

Випробування відокремлюваного розрядника на коротке замикання слід проводити при встановленні в окремому відсіку. Монтаж має здійснюватися відповідно до 10.2.3 IEC 62271:2006.

12.8.10.6 Оцінка результатів випробувань

Заміна підпункту 8.10.6:

Злам корпусу з викидом частин розрядника через корпус означає, що розрядник не пройшов це випробування. Викид частин розрядника, включаючи МО-резистори, крізь днище при звільненні нижньої кришки або через інші частини, спеціально призначені для цієї мети, є прийнятним.

Розрядник повинен бути здатний самостійно гасити відкрите полум'я протягом 2 хвилин після закінчення випробування. Будь-яка викинута частина (всередину або з корпусу) також повинна самозагасити відкрите полум'я всередині 2 хв.

ПРИМІТКА. Ця поведінка може сильно відрізнятися від поведінки розрядників AIS. Виробники можуть отримати консультацію щодо спеціальних рекомендацій щодо встановлення.

12.8.11 Випробування згинального моменту

Підпункт 8.11 не застосовується.

12.8.12 Екологічні випробування

Підпункт 8.12 не застосовується.

12.8.13 Тест на герметичність ущільнення

Підпункт 8.13 не застосовується.

12.8.14 Випробування напруги радіоперешкод (RIV)

Підпункт 8.14 застосовується без змін.

12.8.15 Випробування для перевірки діелектричної стійкості внутрішніх компонентів
Підпункт 8.15 застосовується без змін.

12.8.16 Перевірка компонентів внутрішньої оцінки
Підпункт 8.16 застосовується без змін.

доповнення:

12.8.17 Випробування внутрішнього часткового розряду

Випробування проводять на найдовшому електричному блоці розрядника. Якщо це не відповідає найвищій питомій напрузі на одиницю довжини, необхідно провести додаткові випробування на пристрої, що має найвищу питому напругу. Випробуваний зразок може бути захищений від зовнішніх часткових розрядів.

ПРИМІТКА. Екранування від зовнішніх часткових розрядів повинно мати незначний вплив на розподіл напруги.

Випробувальні напруги та рівні гасіння повинні відповідати таблиці 13.

Таблиця 13 – Значення випробування часткового розряду для відокремлюваних і глухих розрядників

Роздільні розрядники		Глухові розрядники	
U_s	Випробувальна напруга часткового розряду (рівень гасіння)	Рейтинг класу системи	Випробувальна напруга часткового розряду (рівень гасіння)
kV	kV (r.m.s.) ^a	kV	kV (r.m.s.)
12	12	15	11
17,5	17,5	25	19
24	24	35	26
36	36	-	-
а Якщо U_c нижча за найвищу напругу обладнання, випробувальна напруга має бути 1,05 U_c .			

12.9 Звичайні та приймальні випробування

Пункт 9 застосовується без змін.

13 Розрядники, занурені в рідину

Розділи 2, 4, 7 і 9 повністю застосовуються до занурених у рідину розрядників. Багато з вимоги в розділах 3, 5 і 6 і багато випробувань, передбачених у розділі 8, також застосовуються без змін до занурених у рідину розрядників. Якщо є відхилення будь-якої міри від вимог розділів 3, 5, 6 і 8, таке відхилення надається тут для занурених у рідину розрядників.

13.1 Сфера застосування

Заміна:

Цей розділ застосовується до розрядників, призначених для використання зануреними в ізоляційну рідину. Це не поширюється на пристрої, які не підпадають під робочу напругу системи (наприклад, пристрої на перемикачах РПН). Такі пристрої не є розрядниками.

13.2 Нормативні посилання

Пункт 2 застосовується без змін.

13.3 Терміни та визначення

Застосовується пункт 3, за винятком наступного: 13.3.26

Заміна підпункту 3.26:

3.26 Корпус рідинного розрядника

зовнішня електроізоляційна оболонка розрядника, яка захищає внутрішні частини від зовнішнього середовища

13.4 Ідентифікація та класифікація

Пункт 4 застосовується без змін.

13.5 Стандартні рейтинги та умови обслуговування

Застосовується пункт 5, за винятком наступного:

13.5.4.1 Нормальні умови експлуатації

Заміна підпункту 5.4.1:

Обмежувачі перенапруг, які відповідають цьому стандарту, повинні бути придатними для нормальної роботи за таких нормальних умов експлуатації.

а) Температура навколишньої рідини в загальній близькості до занурених у рідину розрядників має становити від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+95\text{ }^{\circ}\text{C}$.

б) Середнє добове значення максимальної температури навколишньої ізоляційної рідини не вище $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$.

в) Частота змінного струму джерело живлення не менше 48 Гц і не вище 62 Гц.

г) Напруга промислової частоти постійно прикладається між клемми розрядника перевищення тривалої робочої напруги.

д) Механічні умови (наразі немає вимог).

13.6 Вимоги

Пункт 6 застосовується, за винятком наступного:

13.6.13 Характеристики короткого замикання

Заміна підпункту 6.13:

Розрядник не повинен виходити з ладу так, щоб це спричиняло сильне руйнування (див. 13.8.10).

Виробник повинен задекларувати номінальний струм короткого замикання для кожного сімейства розрядників. Тільки для застосувань з очікуваними струмами короткого замикання нижче 1 кА номінальне значення «нуль» може бути стверджував. У цьому випадку на заводській табличці вказується «0».

Якщо заявлений номінальний струм при відмові, випробування повинні проводитися на найнижчому заявленому рівні струму.

Якщо заявлений номінальний струм короткого замикання, випробування повинні включати найвищий заявлений рівень струму.

13.7 Загальна процедура тестування

Пункт 7 застосовується без змін.

13.8 Типові випробування (проектні випробування)

13. Загальні положення 8.1

Поправка:

Типові випробування повинні проводитися, як визначено в розділі 8, за винятком зазначених конкретних змін нижче (номера списку стосуються номерів у рядках таблиці 3):

- 1) Випробування ізоляції на стійкість – див. 13.8.2.
- 8) Випробування роз'єднувача розрядника – не застосовується.
- 9) Випробування на коротке замикання – див. 13.8.10.
- 10) Випробування на згинальний момент – не застосовується.
- 11) Екологічний тест – не застосовується.
- 12) Тест на герметичність ущільнення – не застосовується.
- 16) Тести на штучне забруднення Додатку С – не застосовуються.

Для занурених у рідину розрядників, коли потрібне випробування в ізоляційній рідині, це рідина, яка використовується в захищеному обладнанні.

Випробування ізоляції на стійкість 13.8.2

Підпункт 8.2 застосовується, за винятком наступного:

13.8.2.1 Загальні положення

Заміна підпункту 8.2.1:

Випробування на витримку напруги демонструють здатність витримувати напругу зовнішньої ізоляції корпусу розрядника. Для інших конструкцій випробування повинні бути узгоджені між виробником і користувачем.

Випробування проводяться в умовах і з напругою, зазначеними в 6.1, і повторюються нижче. Зовнішня поверхня ізоляційних частин повинна бути ретельно очищена, а внутрішні частини видалені або виведені з ладу для проведення цих випробувань.

Випробування на стійкість ізоляції для занурених у рідину розрядників необхідно проводити в ізоляційній рідині при кімнатній температурі.

13.8.2.5 Процедура випробування у вологому стані

Заміна підпункту 8.2.5:

Випробування на стійкість до вологи за процедурою, наведеною в IEC 60060-1, не застосовуються до занурених у рідину розрядників.

Випробування залишковою напругою 13. 8.3

Підрозділ 8.3 застосовується без змін.

13.8.4 Тест для перевірки тривалої стабільності під постійною робочою напругою
Підпункт 8.4 застосовується, за винятком наступного:

13.8.4.1 Процедура випробування

Заміна підпункту 8.4.2.1:

Це випробовування необхідно проводити на трьох типових зразках резисторних елементів МО з еталонною напругою, яка відповідає вимогам 7.3. Напруга промислової частоти повинна відповідати вимогам, зазначеним для робочого випробування (див. 8.7.1).

Весь матеріал (твердий або рідкий), що безпосередньо контактує з МО-резисторами в розряднику, повинен бути присутнім під час випробування на старіння з тією ж конструкцією, що використовується в повному розряднику. Під час випробування МО-резистори повинні бути поміщені в духовку з контрольованою температурою в тому ж навколишньому середовищі, яке використовується в розряднику. Об'єм камери печі повинен бути не менше ніж вдвічі більше об'єму МО резистора, а щільність середовища в камері повинна бути не менше щільності середовища в розряднику.

Якщо виробник може довести, що тест, проведений на відкритому повітрі, еквівалентний тесту, проведеному в реальному середовищі, процедуру старіння можна проводити на відкритому повітрі. МО-резистори повинні бути нагріті до $115\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4\text{ K}$, а втрати потужності МО-резистора P_{start} повинні бути виміряні при скоригованій максимальній безперервній робочій напрузі U_{ct} (див. нижче) через 3 години ± 5 хвилин після подачі напруги. Зразки витримують при цій напрузі протягом 7000 годин, протягом яких температуру печі слід контролювати, щоб підтримувати температуру поверхні МО-резистора на рівні $115\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4\text{ K}$. Час випробування можна скоротити не менше ніж до 2000 годин.

За договір між виробником і користувачем. Це можна досягти шляхом моніторингу втрат потужності МО-резистора принаймні один раз кожні 100 годин, а потім екстраполяції до 7000 годин за допомогою пряма лінія на графіку залежності втрат потужності від кореня квадратного часу від найнижчого виміряного значення до найвищого виміряного значення. Втрати потужності МО резистора повинні вимірюватися при U_{ct} з інтервалами не більше 100 год. Після першого вимірювання, а остаточне вимірювання, P_{end} , повинно бути зроблено після $7\,000^{+100}$ год старіння. Якщо використовується менший час випробування, кінцеве значення P_{end} визначається шляхом екстраполяції до 7000 годин, як описано в попередньому параграфі. Найменші втрати потужності, досягнуті протягом періоду випробування, позначаються як P_{min} (див. рис. 1).

Допускається випадкове проміжне знеструмлення дослідних зразків, що не перевищує загальну тривалість 24 години протягом періоду випробування. Перерва не буде зарахована в тривалість тесту. Остаточне вимірювання слід проводити не менше ніж через 100 годин безперервної подачі напруги. У межах дозволеного температурного діапазону всі вимірювання повинні проводитись за однієї температури $\pm 1\text{ K}$. Релевантною напругою для цієї процедури є скоригований максимальний тривалий режим роботи напруги (U_{ct}), яку підтримують МО резистори в розряднику, включаючи дисбаланс напруги ефекти. Ця напруга повинна визначатися вимірюваннями або обчисленнями розподілу напруги.

ПРИМІТКА. Інформація щодо процедур розрахунку розподілу напруги наведена в Додатку F.

13.8.5 Тест для перевірки рейтингу повторного перенесення заряду, Q_{rs}

Підрозділ 8.5 застосовується без змін.

13.8.6 Тепловіддача досліджуваного зразка
Підрозділ 8.6 застосовується без змін.

13.8.7 Робочі випробування
Підпункт 8.7 застосовується, за винятком наступного:

13.8.7.2.3 Випробування на відновлення температури
Заміна підпункту 8.7.2.3:

Наступна процедура повинна бути застосована для частини випробування, пов'язаної з відновленням температури:

Готові зразки для випробування попередньо нагріваються до температури щонайменше 120 °C

Попередній нагрів займає не більше двадцяти годин.

Температура МО-резисторів повинна бути принаймні початковою температурою безпосередньо перед подачею енергії або передачею заряду.

Кожен зразок повинен бути підданий інжекції енергії або передачі заряду, що вводиться всередину форма двох імпульсів струму блискавки 8/20 протягом однієї хвилини, що мають достатню величину, щоб накопичений заряд принаймні дорівнював заявленому тепловому заряду рейтинг передачі вибирається зі списку, наведеного в таблиці 5. Протягом 100 мс від подачі енергії або заряду напруга дорівнює номінальній напрузі U_t слід прикладати протягом 10 с, а потім напругу, що дорівнює безперервній робочій напрузі U_c (за потреби додатково відкоригований згідно з 7.3) слід наносити щонайменше на 30 хвилин для демонстрації термічної стабільності. Резистивний компонент струму або розсіюваної потужності або температура або будь-яка їх комбінація повинні контролюватися до тих пір, поки виміряне значення не буде помітно зменшено (успіх), але протягом щонайменше 30 хвилин, або в стані теплового розбігу (невдача) очевидна

13.8.8 Випробування залежності напруги від часу промислової частоти
Підрозділ 8.8 застосовується без змін.

13.8.9 Випробування роз'єднувача розрядника
Підпункт 8.9 не застосовується.

13.8.10 Випробування на коротке замикання
Поправка:

Усі розрядники повинні бути піддані випробуванню на коротке замикання згідно з 8.10, щоб показати, що розрядник не вийде з ладу таким чином, що спричинить сильне руйнування корпусу. Зміни до 8.10, які застосовуються до занурених у рідину розрядників, такі.

ПРИМІТКА Переглянуті процедури випробувань на коротке замикання для рідинних розрядників знаходяться на розгляді.

13.8.10.1 Загальні положення
Заміна підпункту 8.10.1:

Усі розрядники, для яких оголошений рейтинг короткого замикання, відмінний від "нуля", повинні бути випробувані в відповідно до цього підпункту. Випробування проводять, щоб показати, що поломка розрядника навряд чи спричинить вибуховий збій.

Кожну конструкцію розрядника випробовують двома групами струмів короткого замикання згідно з таблицею 7:

- високі значення струму короткого замикання, що складаються з номінального струму короткого замикання та двох зменшених струмів короткого замикання;

- малий струм короткого замикання.

ПРИМІТКА 1. Існує дві основні конструкції щодо поведінки при короткому замиканні.

Одна конструкція розрядників перенапруги використовує внутрішній надлишковий тиск, який створюється через внутрішню дугу, що виникає внаслідок короткого замикання елементів розрядника. Надлишковий тиск створюється нагріванням замкнутого об'єму газу або рідини, які розширюються, що призводить до розриву або перекидання пристрою для скидання тиску (у цьому випадку випробування іноді називають «випробуваннями для скидання тиску»). Корпус розрядника не розраховується до того, як буде знято надлишковий тиск.

Інша конструкція, як правило, компактного типу без замкнутого об'єму газу чи рідини, не має жодного тиску. розвантажувальний пристрій. Ефективність короткого замикання цієї конструкції залежить від дуги, яка безпосередньо прогорає або розриває корпус.

Якщо розрядник оснащено пристроєм, відмінним від звичайного пристрою для скидання тиску, цей пристрій слід включити до випробування.

Для номінального і приведенного струму короткого замикання способи підготовки випробувального зразка залежать від конструкції розрядника. Для розрядника, оснащеного пристроєм скидання тиску, активні МО-резистори шунтуються зовні дротом запобіжника. Для розрядника без пристрою скидання тиску активні МО-резистори можуть бути попередньо виведені з ладу через перенапругу або можуть бути шунтовані з внутрішнім проводом запобіжника, встановленим у просвердленому отворі через МО-резистори.

Для випробування короткого замикання слабким струмом активні МО-резистори попередньо виходять з ладу перенапругою.

Частота джерела випробувального струму короткого замикання повинна бути не менше 48 Гц і не більше 62 Гц.

За погодженням між виробником і користувачем випробування циклів повторного вмикання можуть проводитися з використанням взаємно узгодженої процедури випробувань і критеріїв випробувань.

Занурені в рідину розрядники можуть бути сконструйовані як «розімкнуті» або «закорочені». Це є визнано, що розрядник розімкнутої конструкції не завжди виходить з ладу в режимі розімкнутого ланцюга для струмів замикання, нижчих за номінальний розрив при відмові, і що розрядник розімкнутої конструкції не завжди виходить з ладу в режимі короткого замикання для доступних струмів замикання. вище свого рейтингу «недостатньо».

ПРИМІТКА 2. «Відмова відключення» не означає, що розрядник розірве ланцюг. Усі несправності розрядника викликають струм короткого замикання, який зазвичай переривається захисним пристроєм надструму. Після того, як інші пристрої усунуть несправність, розрядник розмикання при відмові дозволяє повторно включити захищене обладнання без захисту від перенапруги.

Випробування повинні проводитися на кожному з трьох найнижчих і найвищих номінальних значень напруги повного одиничного блоку розрядника для кожного типу та конструкції, для яких заявлено номінальний струм розриву або короткого замикання. Ці випробування слід розглядати як обґрунтування відповідності цьому стандарту для проміжної номінальної напруги того самого типу та конструкції.

Для розрядників конструкції при відмові всі зразки випробовуються на найнижчому заявленому рівні струму при відмові. Жодні зразки не перевіряються на рівні «низького струму короткого замикання», який може бути нижчим номінальний струм при відмові. Для розрядників короткого замикання необхідно випробовувати один зразок на кожному з трьох рівнів струму згідно з 8.10.2. Номінальний рівень короткого замикання може відрізнитися від зазначеного в таблиці 7 і вибирається виробником. Два зменшених рівні струму короткого замикання вибираються з таблиці 10. Один додатковий зразок повинен бути випробуваний згідно з 8.10.3.

13.8.10.3 Монтаж дослідних зразків

Заміна підпункту 8.10.3:

Випробувальні зразки повинні бути встановлені в положенні, призначеному для використання під час монтажу

обслуговування, включаючи орієнтацію та відстань від заземлених частин.

Розрядник повинен бути

занурюють в ізоляційну рідину в контейнері достатнього розміру, щоб вона не зачепилася в дуговій діяльності.

13.8.10.4 Випробування короткого замикання сильним струмом
Заміна підпункту 8.10.4:

Один зразок повинен бути випробуваний при номінальному струмі короткого замикання, вибраному з таблиці 7. Другий і третій зразки повинні бути випробувані, по одному при кожному з двох зменшених струмів короткого замикання.

відповідно до обраного номінального струму короткого замикання. Усі три зразки повинні бути підготовлені відповідно до 8.7.2 і встановлені відповідно до 8.7.3.

Випробування проводяться в однофазному випробувальному ланцюзі з випробувальною напругою розімкненого ланцюга від 107 % до 77 % від номінальної напруги розрядника для випробувального зразка, як зазначено в 8.7.2.1. Проте очікується, що випробування розрядників високої напруги доведеться проводити на випробувальній станції, яка може не мати достатньої потужності короткого замикання для проведення цих випробувань при 77 % або більше від номінальної напруги випробувального зразка. Відповідно, в 8.7.2.2 наведено альтернативну процедуру проведення випробувань короткого замикання сильним струмом за зниженої напруги. Виміряна загальна тривалість випробувального струму, що протікає через коло, має дорівнювати або перевищувати 0,2 с.

Для розрядників розімкнутої конструкції імпеданс випробувального кола повинен бути відрегульований таким чином, щоб виробляти не більше ніж номінальний струм розрядника розімкнутої форми через зразок. Збіймо відкритий рейтинг, який можна стверджувати, є найвищим вимірним середньоквадратичним значенням. симетричний струм, який протікає в будь-якому зразку під час випробування. Для проєктованих розрядників короткого замикання імпеданс ланцюга має бути відрегульований таким чином, щоб виробляти не менше номінального струму короткого замикання розрядника через зразок. Рейтинг «відмова - коротко короткість», на який можна претендувати, є найнижчим вимірним середньоквадратичним значенням. симетричний струм, який протікає через будь-який зразок під час випробування на номінальний струм.

13.8.10.5 Оцінка результатів випробувань
Заміна підпункту 8.10.5:

Відповідність випробувальних зразків цьому стандарту оцінюють за такими критеріями:

з осцилографічних записів, що показують амплітуду і тривалість тестового струму; за результатами наступного випробування на витримку напруги, проведеного в будь-який час після короткого замикання. Зразок повинен бути під напругою U_c в ланцюзі з обмеженою, але відомою доступністю протягом 1 хвилини протягом цього часу

- 1) практично не протікає струм у випадку розрядника розімкнутої конструкції, або
- 2) практично повний доступний струм протікає у випадку розрядника конструкції короткого замикання;

від зовнішнього вигляду зразків після випробування.

Усі випробувані зразки мають відповідати цим вимогам.

13.8.11 Випробування згинального моменту

Підпункт 8.11 не застосовується.

13.8.12 Екологічні випробування

Підпункт 8.12 не застосовується.

13.8.13 Перевірка швидкості витoku ущільнення

Підпункт 8.13 не застосовується.

13.8.14 Випробування напруги радіоперешкод (RIV)

Підпункт 8.14 застосовується без змін.

13.8.15 Випробування для перевірки діелектричної стійкості внутрішніх компонентів

Підпункт 8.15 застосовується без змін.

13.8.16 Перевірка компонентів внутрішньої оцінки

Підпункт 8.16 застосовується без змін.

13.9 Звичайні та приймальні випробування

Пункт 9 застосовується без змін.

Додаток А (обов'язковий)

Ненормальні умови експлуатації

Нижче наведені типові ненормальні умови експлуатації, які можуть вимагати особливої уваги при виготовленні або застосуванні розрядників перенапруги, і на які слід звернути увагу виробника.

- 1) Температура вище +40 °C або нижче –40 °C.
- 2) Застосування на висоті понад 1000 м.
- 3) Пари або пари, які можуть спричинити погіршення ізоляційної поверхні або кріплення обладнання.
- 4) Надмірне забруднення димом, брудом, сольовими туманами або іншими електропровідними матеріалами.
- 5) Надмірний вплив вологи, вологи, крапель води або пари.
- 6) Промивка розрядника під напругою.
- 7) Вибухонебезпечні суміші пилу, газів або парів.
- 8) Аномальні механічні умови (землетруси, вібрація, висока швидкість вітру, висока ожеледь навантаження, високі консольні напруги).
- 9) Незвичайне транспортування або зберігання.
- 10) Номінальні частоти нижче 48 Гц і вище 62 Гц.
- 11) Джерела тепла поблизу розрядника (див. 5.4b).
- 12) Швидкість вітру > 34 м/с.
- 13) Невертикальне зведення та підвісне зведення.
- 14) Землетрус (див. G.2)
- 15) Крутильне навантаження розрядника
- 16) Розтягуюче навантаження розрядника
- 17) Використання розрядника як механічної опори

Додаток Б (обов'язковий)

Тест для перевірки термічної еквівалентності між повний розрядник і секція розрядника

Для випробувань із відновленням тепла, у яких використовуються пропорційні секції розрядника, необхідно, щоб секції були термічно еквівалентними повному розряднику. Для демонстрації цієї еквівалентності слід дотримуватися наступної процедури. Це передбачає тести спочатку на повний розрядник або, у випадку багатоблокового розрядника, блок, що містить найбільшу кількість МО-резисторів на одиницю довжини, з наступним випробуванням на пропорційній ділянці.

а) Випробування повного розрядника або блоку:

Повний розрядник або блок, що містить найбільшу кількість МО-резисторів на одиницю довжини а багатоконпонентний розрядник повинен бути розміщений у спокійному повітрі з температурою навколишнього середовища $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ K}$. температура навколишнього середовища повинна залишатися в межах $\pm 3\text{ K}$ під час випробування. Термопари та/або деякі з них датчики, наприклад, які використовують технологію оптичного волокна для вимірювання температури приєднані до резисторів. Необхідно перевірити достатню кількість балів для розрахунку а середньої температури або виробник може вибрати вимірювання температури лише при одна точка, розташована від 1/2 до 1/3 довжини розрядника від верху. Останній віддасть консервативний результат, що виправдовує спрощений метод. МО-резистори повинні бути нагріті протягом максимум 1 години до температури принаймні $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ шляхом прикладання напруги промислової частоти з амплітудою вище еталонної напруги. Ця температура повинна визначатися середнім значенням, якщо температура є вимірюється на кількох МО-резисторах або на одному значенні, якщо є лише точка від 1/2 до 1/3 перевірено.

У випадку внутрішньої конструкції з кількома колонками, можливо, доведеться вжити заходів для досягнення рівності температури всіх колон МО резисторів, напр. шляхом додавання одного або кількох лінійних резисторів кожен із стовпців у кожній одиниці. Ці резистори повинні мати масу не більше 5 % маси МО-резисторів у відповідних колонках, і вони повинні бути розташовані безпосередньо у верхній або нижній частині колонки. Якщо цей захід неможливо вжити, альтернативою є використовувати маленькі втулки в металевих фланцях і розмістити лінійні резистори поза корпусом.

Температура повинна бути виміряна на всіх окремих колонках МО-резистора та середнє значення температура використовуватися як температура колонки. Різниця між найвищим і найнижча температура серед окремих стовпчиків, виміряна на однаковій висоті, не повинна перевищувати 20 K при середній температурі $140\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Коли ця заздалегідь визначена температура досягається, джерело напруги має з'явитися відключено, і крива часу охолодження повинна бути визначена протягом періоду не менше ніж 2 год. Температуру необхідно вимірювати принаймні кожну хвилину. У разі кількох в точках вимірювання повинна бути побудована крива середньої температури.

Випробування на термічно пропорційній ділянці:

Термічно пропорційна секція повинна бути випробувана в нерухомому повітрі таким же чином, як і випробовувався повний розрядник або блок розрядника. Температура навколишнього середовища повинна бути в межах $\pm 10\text{ K}$ від температури навколишнього середовища під час випробування на повному розряднику або розряднику та залишатися в межах $\pm 3\text{ K}$ під час випробування. Секція повинна нагріватися шляхом прикладання напруги промислової частоти до температури підвищення температури навколишнього середовища в межах $\pm 10\text{ K}$ від підвищення температури, що відбулося для повний розрядник або блок. Амплітуда напруги вибирається з урахуванням часу нагріву приблизно так само, як для повного розрядника або блоку.

Якщо пропорційна секція містить лише одну колонку з декількома МО-резисторами, з'єднаними послідовно, необхідно виміряти температуру всіх МО-резисторів і розрахувати середнє значення для порівняння з усім розрядником.

Якщо у конструкціях з двома або більше стовпчиками МО резисторів паралельно, це неможливо досягти різниці між найвищою та найнижчою температурою серед індивідуумів колонки не вище 20 K при максимальній температурі нагрівання шляхом нагрівання змінним струмом, повинен бути застосований один із двох наступних методів:

1) Зовнішні лінійні резистори повинні використовуватися для балансування розподілу струму між колонки. Кожна колона повинна бути підключена до джерела змінної напруги за допомогою малого індивідуальна втулка. Застосування внутрішніх лінійних послідовних резисторів для досягнення рівних температура не допускається або

2) Нагрівання здійснюється шляхом одноразової подачі довготривалих імпульсів струму інтервали таким чином, щоб досягнутий той самий загальний час нагрівання, що й раніше для повного розрядника або блок розрядника.

Середня температура повинна бути визначена шляхом вимірювання температури кількох МО резисторів у кожній колонці. Крім того, температуру можна виміряти на одному МО-резисторі, розташованому між 1/2 і 1/3 секції від верху. Коли секція досягає заданої температури, джерело напруги має бути відключено, а час охолодження крива повинна бути визначена протягом періоду не менше 2 годин.

Повинні бути побудовані криві охолодження, що відображають відносну перегрів розрядника або блоку в цілому та секції, причому відносна перегрів T_{rel} визначається як

$$T_{rel} = (T - T_A) / (T_0 - T_A) \quad (B.1)$$

Де

T - виміряна температура під час охолодження;

T_A – середня температура навколишнього середовища під час випробування;

T_0 – максимальна температура нагріву.

Щоб довести термічну еквівалентність, крива охолодження секції повинна для всіх моментів мати а відносне значення перегріву дорівнює або перевищує значення для повного розрядника або блоку.

Якщо в будь-який час виміряна крива охолодження секції впаде нижче виміряного охолодження кривої повного розрядника або блоку, компенсація може бути здійснена шляхом додавання коефіцієнта k до відносної перегріву T_{rel} таким чином, щоб крива охолодження секції була на рівні або вище крива охолодження повного розрядника або блоку протягом усього періоду охолодження. Відповідна температура, яка повинна бути додана до початкової температури для випробувань на відновлення тепла, розраховується як: $k \cdot (T_0 - T_A)$, де $(T_0 - T_A)$ є максимальною різницею температур для секції або цілого розрядника або розрядника.

Додаток С (обов'язковий)

Випробування на штучне забруднення щодо термічної напруги на порцеляні розміщені багатоблокові металооксидні розрядники

С.1 Глосарій

С.1.1 Виміряні величини

q_z (у С/хм)	Середній зовнішній заряд, що тече на поверхні ізоляторів і корпусів розрядників перенапруг під час подій забруднення в експлуатації, що стосується події забруднення, що триває час t_z . Цей параметр використовується для класифікації ступеня забруднення ділянки.
t_z (у год)	Тривалість події забруднення в експлуатації.
Q_e (в С)	Заряд, що тече на поверхні блоків розрядника перенапруг під час випробування на забруднення.
Q_i (у С)	Заряд, що протікає у внутрішніх частинах блоків розрядника перенапруг під час випробування на забруднення.
ΔT_k (у К)	Підвищення температури відносно одиниці к.
β (у К/С)	Співвідношення між підвищенням температури внутрішніх частин розрядника та відповідний заряд, що протікає всередині, як визначено під час попереднього тесту на нагрівання.
τ (у год)	Еквівалентна термічна постійна часу розрядника, визначена під час попереднього випробування нагріванням.

С.1.2 Обчислені величини

D_m (в м)	Середній діаметр корпусу розрядника перенапруги: розраховується Згідно метод, описаний у IEC/TS 60815-2.
Q_{tot} (у С)	Загальний заряд, що стосується розрядника перенапруг: це сума Q_i та Q_e і вимірюється на клемі заземлення розрядника.
$\Delta T_{z \max}$ (у К)	Максимальне теоретичне підвищення температури під час експлуатації, розраховане як функція β , q_z , t_z , D_m і τ .
WU	Зважений дисбаланс розрядника, розрахований як функція електричних і геометричних характеристик кожного блоку розрядника. Цей параметр використовується для вибору найбільш критичної конструкції для перевірки на забруднення.
K_{ie}	Співвідношення між максимальним зовнішнім зарядом і максимальним внутрішнім зарядом що протікає в блоках розрядників перенапруг під час перевірки на забруднення.
ΔT_z (у К)	Очікуване підвищення температури під час експлуатації, розраховане як функція β , q_z , t_z , D_m , K_{ie} і τ .
T_{OD} (в °С)	Початкова температура, яка буде використовуватися для робочого випробування.

C.2 Загальні положення

Забруднення зовнішньої ізоляції металооксидного розрядника перенапруг слід розглядати з огляду на три можливі ефекти:

- а) ризик зовнішнього спалаху;
- б) часткові розряди всередині розрядника через радіальні поля між зовнішніми поверхневими і внутрішніми активними елементами;
- в) підвищення температури внутрішніх активних елементів через нелінійну та перехідну напругу градація, викликана шаром забруднення на поверхні корпусу розрядника.

Ця процедура тестування розглядає лише третій можливий ефект. Попередній розрахунок максимального теоретичного підвищення температури повинен бути виконаний відповідно до C.5. Якщо результат розрахунку менше ніж 40 K, тестування не потрібне. Якщо результат розрахунку становить 40 K або вище, необхідно виконати випробування згідно з цим Додатком, якщо за домовленістю між користувачем і виробником (наприклад, на основі досвіду експлуатації в певних середовищах) випробування не можна проводити.

Лабораторні випробування та досвід експлуатації показали, що нагрівання внутрішніх активних частин розрядника перенапруги в умовах забруднення пов'язане з поглиненням зарядом: це тому цей параметр вважається важливим для оцінки показників забруднення розрядників перенапруги. Враховуючи, створено класифікацію ступеню забруднення репрезентативних ділянок середній зовнішній заряд, що тече на поверхні різних ізоляторів і розрядників перенапруг.

Процедури, описані в цьому додатку, стосуються лише розрядників перенапруги з порцеляновим корпусом; Процедури для полімерних розрядників перенапруги можуть вимагати подальших досліджень і наразі розглядаються.

У цьому додатку описано процедуру визначення попереднього нагрівання, яке необхідно застосувати до випробувального зразка перед робочим випробуванням, щоб врахувати ефект нагрівання від забруднення; ця процедура синтезована в блок-схемі на малюнку C.1. Зокрема:

- ступінь забруднення різних репрезентативних місць виражається через q_z . Релевантні дані наведені в таблиці C.1;

- теплові характеристики обмежувача перенапруг визначаються відповідно до процедури походить від 8.6. Ця процедура дозволяє визначити еквівалент термічного стала часу τ і обчислення параметра β за допомогою описаних критеріїв у C.4;

- знання теплових характеристик розрядника перенапруги та очікуваних ступінь забруднення місця, де буде встановлено розрядник перенапруг, дозволяє а попередній розрахунок максимального підвищення температури в найбільш консервативних умови, в яких весь заряд, пов'язаний із подією забруднення, потраплятиме всередину розрядник перенапруг;

- якщо обчислення максимального підвищення температури $\Delta T_{z \max}$ призводить до значень, менших ніж 40 K, випробування на забруднення не потрібні, початкова температура експлуатації робоче випробування має становити 60 °C. Якщо обчислення максимального підвищення температури $\Delta T_{z \max}$ при значеннях 40 K або вище, випробування згідно з процедурою, описаною в цьому додатку виконуватися, якщо за домовленістю між користувачем і виробником (наприклад, на основі на досвід експлуатації в певних середовищах), тест на забруднення можна не проводити.

Крім того, за рішенням виробника, навіть якщо розрахунок $\Delta T_{z \max}$ призводить до значення вище 40 K, тест на забруднення можна уникнути, використовуючи як вихідну температуру для робочого випробування значення $(20 + \Delta T_{z \max})$ °C;

- лабораторні випробування на забруднення, якщо це буде визнано необхідним, проводяться на розряднику представник певного типу та конструкції.

Під час випробування на забруднення зовнішній та внутрішні заряди Q_e і Q_i повинні вимірюватися для кожного блоку розрядника перенапруги. В якості альтернативи можна виміряти загальний заряд Q_{tot} і підвищення температури ΔT внутрішніх частин.

Статистичний аналіз результатів випробувань необхідний для врахування стохастичної поведінки нагріву розрядника перенапруги в умовах забруднення. Розробка результатів випробування, детально описана в наступних пунктах, дає коефіцієнт K_{ie} , який виражає тенденцію заряду текти всередину і, отже, нагрівати активний частин. Цей коефіцієнт є характерним значенням для даного типу та конструкції розрядника перенапруг;

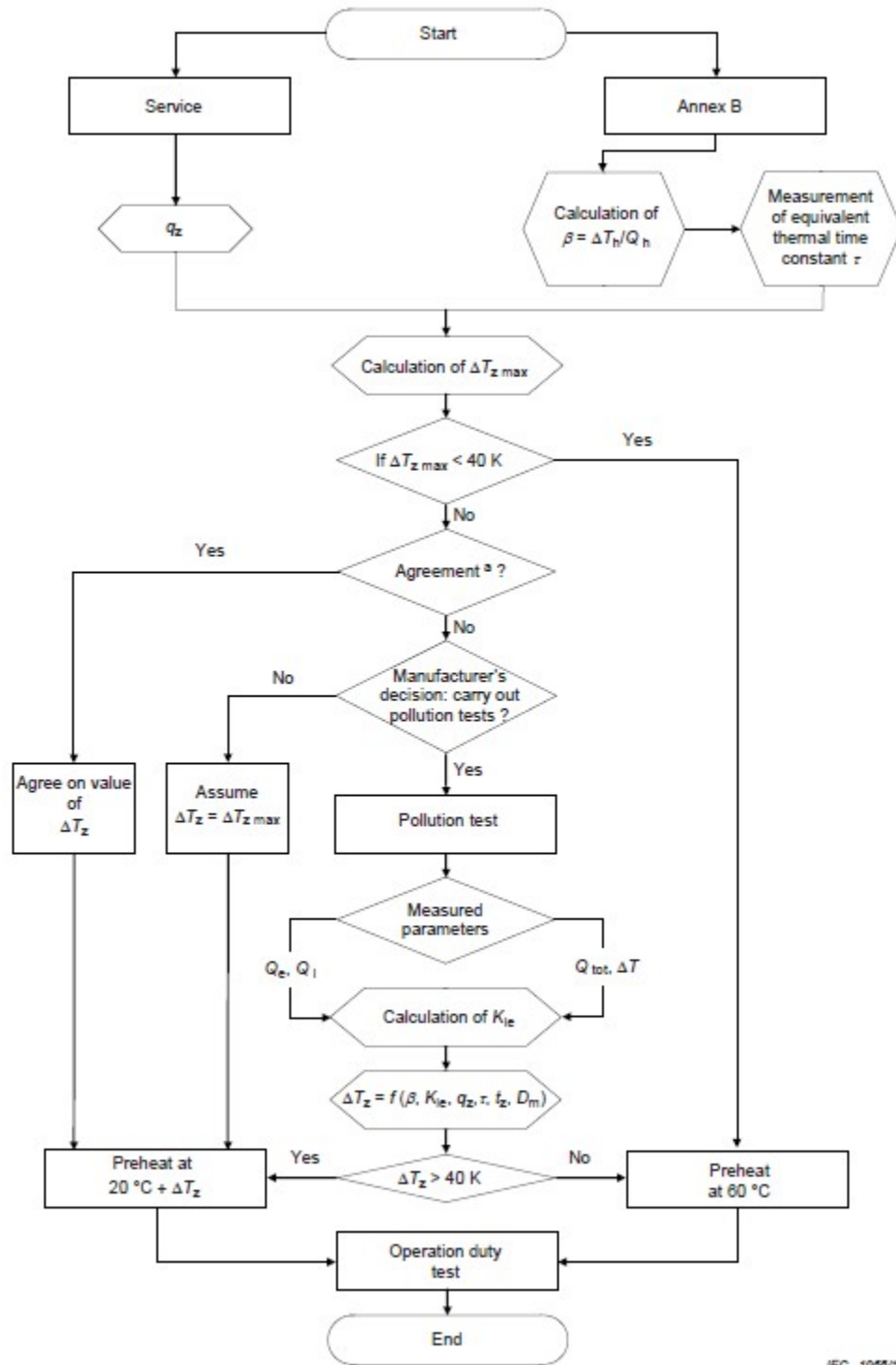
– очікуване підвищення температури ΔT_z під час експлуатації розраховується як функція q_z , K_{ie} , D_m , t_z , β і τ ;

– початкова температура TOD робочого робочого випробування розраховується на основі такі критерії:

– якщо ΔT_z більше 40 K, $TOD = 20\text{ }^{\circ}\text{C} + \Delta T_z$;

– якщо ΔT_z менше або дорівнює 40 K, $TOD = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$;

– робоче випробування виконується відповідно до процедури, описаної в 8.7 з а початкова температура дорівнює TOD.



IEC 1255/14

^a Угода між користувачем і виробником (наприклад, на основі досвіду обслуговування в певному середовищі).

Рисунок С.1 – Блок-схема, що показує процедуру визначення попереднього нагрівання досліджуваного зразка

С.3 Класифікація серйозності місця

Класифікація серйозності забруднення ділянки здійснюється на основі очікуваного середнього зовнішнього заряду q_z , заснованого на вимірюваннях, проведених на майданчиках, що представляють різні ступені забруднення.

Враховуючи, що заряд, що протікає по поверхні ізолятора, пропорційний його діаметру, значення q_z нормується на еквівалентний діаметр 1 м.

Тривалість явищ забруднення (t_z) приймається наступним чином:

- подія забруднення середньої тривалості з високою інтенсивністю: 2 години;
- довготривале забруднення: 6 год.

Значення q_z , яке слід враховувати в подальших розрахунках, є відповідним найважча ситуація (2 години або 6 годин), згідно з рівнянням (С.2), для рівня забруднення, що стосується місця встановлення розрядника перенапруг.

Значення q_z для різних зон забруднення наведено в таблиці С.1.

Таблиця С.1 – Середній зовнішній заряд для різних ступенів забруднення

Рівень забруднення (зона)	Мінімальна довідка уніфікований спец шлях витоку (RUSCD) мм/kB	q_z : середній зовнішній заряд C/hm	
		$t_z = 2 \text{ h}$	$t_z = 6 \text{ h}$
b - Легкий	28	0,5	0,24
c - Середній	35	3,3	2,4
d - Важкий	44	24,0	14,0
e – Дуже важкий	55	55,0	36,0

С.4 Попереднє випробування нагріванням: вимірювання теплової постійної часу τ і обчислення β повинна бути використана процедура, подібна до описаної в 8.6, що стосується повного розрядника, але з такими винятками:

- час нагрівання (t_h) має бути менше 10 хв;
- необхідно виміряти заряд Q_h , прикладений до розрядника перенапруг під час нагрівання;
- τ – час, отриманий за кривою охолодження розрядника між температурами 60 °C і 22 + 0,63 T_a , де T_a — температура навколишнього середовища в градусах Цельсія.

Параметр β розраховується за наступним рівнянням:

$$\beta = \frac{\Delta T_h}{Q_h} \quad (\text{С.1})$$

Де

ΔT_h - підвищення температури під час випробування нагріванням;

Q_h — заряд, який застосовувався під час випробування на нагрівання.

Після випробування на нагрівання необхідно перевірити, що час нагрівання (t_h) менший за $0,1 \times t$; інакше випробування на нагрівання слід повторити з коротшим t_h .

С.5 Перевірка необхідності виконання тестів на забруднення

Щоб перевірити реальну потребу у проведенні випробувань на забруднення, має бути виконано попередній розрахунок максимального теоретичного підвищення температури під час експлуатації ($\Delta T_{z \max}$). Цей розрахунок припускає, що весь заряд, очікуваний у службі (q_z), надходить усередину. У цій гіпотезі $\Delta T_{z \max}$ можна отримати наступним чином:

$$\Delta T_{z \max} = \beta * q_z * D_m * \tau * \left(1 - e^{-\left(\frac{t_z}{\tau}\right)} \right) * \left(\frac{U_r - U_{r \min}}{U_r} \right) \quad (C.2)$$

де

U_r - номінальна напруга розрядника перенапруг;

$U_{r \min}$ — мінімальна номінальна напруга серед блоків розрядників перенапруг.

Якщо обчислення максимального підвищення температури $\Delta T_{z \max}$ призводить до значень менше 40 К, випробування на забруднення не потрібні, а початкова температура робочого випробування має бути 60 °С. Якщо розрахунок максимального підвищення температури $\Delta T_{z \max}$ призводить до значень 40 К або вище, необхідно провести випробування згідно з процедурою, описаною в цьому додатку, якщо за домовленістю між користувачем і виробником (наприклад, на основі сервісу) досвід роботи в певних середовищах), тест на забруднення можна не проводити. Крім того, на рішення виробника, навіть якщо розрахунок $\Delta T_{z \max}$ призводить до значень, вищих ніж 40 К, випробування на забруднення можна уникнути, використовуючи як початкову температуру для робочого випробування значення $(20 + \Delta T_{z \max})$ °С.

С.6 Загальні вимоги до випробувань на забруднення

С.6.1 Тестовий зразок

Випробувальний зразок має бути репрезентативним для найбільш критичної конструкції, що стосується певного типу розрядника.

Характеристики випробувального зразка слід вибирати відповідно до критеріїв, наведених у таблиці С.2.

Таблиця С.2 – Характеристика зразка, використаного для випробування на забруднення

Параметр	Критерії відбору (характеристика досліджуваного зразка щодо відповідного типу конструкції)
UC/UR	Максимум
Зважений дисбаланс (WU) ^a	Максимум
Питомий шлях витоку [мм/кВ]	Максимум
Площа перерізу блоку	Максимум
Еквівалент порцеляни діаметром	Максимум
^a Зважений дисбаланс (WU) повинен бути отриманий таким чином: $WU = \max \left(\frac{U_{rk}^2 CD}{CD_k U_r^2} \right) \quad (C.3)$ Де U_r - номінальна напруга розрядника перенапруг; U_{rk} - номінальна напруга блоку k; CD – шлях витоку розрядника; CD_k – шлях витоку одиниці k; k = 1, 2 ... n; n – кількість одиниць обмежувача перенапруг.	

С.6.2 Випробувальний завод

Випробувальний завод повинен відповідати вимогам 6.2 IEC 60507:2013.

С.6.3 Вимірювальні пристрої та процедури вимірювання

С.6.3.1 Вимірювання заряду

Необхідно використовувати відповідний прилад для вимірювання заряду.

Для вимірювання внутрішнього заряду слід враховувати лише резистивну складову струму: вплив ємнісного струму на вимірювання заряду має бути

ліквідовано. Прикладами методів усунення впливу ємнісного струму є метод віднімання форми сигналу або інтегрування після перевищення порогового значення (наприклад, 2 мА (див. таблицю С.1)).

Мінімальні вимоги до вимірювального пристрою наведені в таблиці С.3.

Таблиця С.3 – Вимоги до пристрою, що використовується для вимірювання заряду

Характеристика	Вимога
Мінімальний діапазон інтеграції струму	0 мА до 500 мА
Мінімальна поточна роздільна здатність	0,2 мА
Мінімальна аналогова пропускна здатність	0 Гц до 2 000 Гц
Мінімальна частота дискретизації	1 000 Гц
Максимальний термін оновлення заряду	1 хв.
Максимальний залишковий ємнісний заряд у період оновлення	±10 % від загальної суми в період оновлення
Максимальна загальна невизначеність вимірювань	±10 %

У випадку двоблочних розрядників перенапруг внутрішні та зовнішні заряди повинні вимірюватися як на лінії, так і на заземлювальних клемах.

У випадку обмежувачів перенапруги, що складаються з більш ніж двох блоків, має бути прийнята така процедура вимірювання:

- внутрішні та зовнішні заряди повинні вимірюватися на лінійних і заземлюючих клемах розрядник перенапруг;
- для проміжних одиниць вимірюється лише зовнішній заряд;
- внутрішній заряд оцінюється за допомогою наступного рівняння:

$$Q_i = \frac{(Q_{iT} + Q_{eT}) + (Q_{iB} + Q_{eB})}{2} - Q_e \quad (\text{C.4})$$

де

Q_i — внутрішній заряд проміжної ланки;

Q_{iT} — внутрішній заряд верхнього блоку;

Q_{iB} — внутрішній заряд нижнього блоку;

Q_e — зовнішній заряд проміжної ланки;

Q_{eT} — зовнішній заряд верхнього блоку;

Q_{eB} — зовнішній заряд нижнього блоку.

C.6.3.2 Вимірювання температури

Замість внутрішнього заряду можна вимірювати температуру внутрішніх частин розрядника.

У цьому випадку вимірювання температури повинно виконуватися за допомогою датчиків, розташованих принаймні в трьох рівномірно розподілених місцях уздовж кожного блоку. Відстань між датчиками мають бути $h/(n+1)$, де h — висота блоку, а n — кількість використовуваних датчиків.

Мінімальні вимоги до пристроїв наведені в таблиці C.4.

Таблиця C.4 – Вимоги до пристрою, що використовується для вимірювання температури

Характеристика	Вимога
Діапазон вимірювання температури	20 °C до 200 °C
Абсолютна невизначеність вимірювання	±1 K
Роздільна здатність	<0,4 K
Максимальна теплова постійна часу	1 хв.
Мінімальна частота дискретизації	1 хв. ⁻¹
ПРИМІТКА. Типове підвищення температури під час випробування нижче 100 K.	

У разі вимірювання внутрішньої температури заряд Q_{tot} слід вимірювати лише на клемі заземлення розрядника перенапруги.

С.6.4 Підготовка до тесту

С.6.4.1 Очищення пробного зразка

Корпус розрядника слід ретельно очистити, щоб на ньому не було залишків бруду та жиру видалено.

Після очищення не можна торкатися руками до ізоляційних частин розрядника. Слід використовувати воду, бажано нагріту до 50 °С, з додаванням тринатрійфосфату або еквівалентного мийного засобу, після чого ізолятор ретельно промивають водопровідною водою.

Поверхня ізолятора вважається достатньо чистою та вільною від жиру, якщо спостерігаються великі безперервні вологі ділянки.

С.6.4.2 Встановлення зразка

Розрядник повинен бути випробуваний у повністю зібраному вигляді, призначеному для використання в експлуатації. Пристрої, які використовуються для вимірювання заряду та температури, не повинні мати значного впливу на поведінку випробовуваного розрядника перенапруг.

С.7 Процедури тестування

Можна використовувати одну з двох процедур тестування, описаних у С.7.1 і С.7.2.

С.7.1 Метод суспензії

С.7.1.1 Загальні положення

С.7.1.1.1 Підготовка забруднювача

Забруднювач слід зберігати в контейнері, щоб його можна було ретельно перемішати безпосередньо перед нанесенням. Забруднювач повинен складатися з суспензії

- вода;

- бентоніт, 5 г на літр води;

- нерозведений неіонний мийний засіб, що складається з

нонілфенолполіетиленгліколевого ефіру, або інший порівнянний довго ланцюговий неіонний ефір; 1 г на літр води;

- хлористий натрій.

Питомий об'ємний опір суспензії повинен бути відрегульований додаванням хлориду натрію в діапазоні від 400 Ом см до 500 Ом см.

Питомий об'ємний опір необхідно вимірювати при температурі 20 °С. Якщо під час вимірювання питомого об'ємного опору температура суспензії відрізняється від 20 °С, необхідно зробити розрахунок для температурної поправки.

С.7.1.1.2 Умови навколишнього середовища

На початку випробування розрядник перенапруги повинен перебувати в тепловій рівновазі з повітрям у випробувальній камері. Температура навколишнього середовища не повинна бути нижче 5 °С і не вище 40 °С.

С.7.1.2 Попередня підготовка поверхні обмежувача перенапруги

Перед початком попереднього кондиціювання необхідно визначити опорну напругу розрядника перенапруги визначається відповідно до процедури, зазначеної в 7.2.

Необхідно застосувати наступні кроки.

а) Коли розрядник знеструмлений, забруднююча речовина подається на весь розрядник, включаючи нижню частину сараїв. Шар забруднення має виглядати суцільною плівкою. Максимальний час нанесення забруднювача 10 хв.

б) Через три хвилини після завершення нанесення суспензії на розрядник подається напруга U_c (див. примітку 2 С.7.1.3) протягом 10 хв.

в) Розрядник слід очистити, промивши водою, а потім залишити для висихання.

г) Етапи а), б) і в) повторюються тричі.

Наприкінці процесу попереднього кондиціювання розрядник перенапруги слід залишити охолоджуватися при температурі навколишнього середовища.

Для перевірки відсутності пошкоджень розрядника перенапруг під час процесу попереднього кондиціювання необхідно виміряти еталонну напругу розрядника перенапруги та порівняти з вимірюванням, виконаним перед попереднім кондиціюванням. Допустимі межі зміни еталонної напруги повинні бути визначені виробником. Випробування має розпочатися якнайшвидше після завершення процесу попереднього кондиціювання.

С.7.1.3 Процедура тестування

Необхідно застосувати наступні кроки.

а) Коли розрядник знеструмлений, забруднююча речовина подається на весь розрядник, включаючи нижню частину сараїв. Шар забруднення має виглядати суцільною плівкою. Максимальний час нанесення забруднювача 10 хв.

б) Через три хвилини після завершення нанесення суспензії на розрядник подається напруга U_c (див. примітку 2) протягом 10 хв; вимірювання заряду починається в момент застосування напруги.

в) Розрядник слід очистити, промивши водою, а потім залишити для висихання. Раніше починаючи з наступного випробування, внутрішні частини розрядника повинні максимально охолонути ± 2 К від середньої температури навколишнього середовища. Якщо температура внутрішніх частин не є між двома наступними випробуваннями в щоб переконатися, що розрядник перенапруги охолонув близько до температури навколишнього середовища. Будь-який засоби для охолодження розрядників до температури навколишнього середовища, яка прийнята виробника, дозволені. Кілька розрядників можна перевіряти паралельно, щоб зменшити час очікування.

г) Етапи а), б) і в) повторюються п'ять разів.

д) Очікуване підвищення температури ΔT_z розраховується відповідно до процедури зазначено в пункті С.8.

е) Якщо значення ΔT_z нижче за 40 К, подальше випробування на забруднення не потрібне, а початковий температура TOD робочого випробування має становити 60 °С. Якщо значення ΔT_z більше ніж або дорівнює 40 К, кроки а), б) і в) повторюються ще п'ять разів, а очікуване підвищення температури ΔT_z розраховується відповідно до процедури, зазначеної в Пункт С.8.

ПРИМІТКА. Прання після кожного циклу використовується для усунення будь-якого впливу попередніх циклів випробувань і, таким чином, покращення статистичної незалежності між циклами випробувань.

У випадках, коли безперервна робоча напруга з інших причин була обрана набагато вищою, ніж робоча напруга фаза-земля системи, випробування можна провести за напругою фаза-земля за домовленістю між виробником і користувачем.

С.7.2 Метод соляного туману

С.7.2.1 Загальні положення

С.7.2.1.1 Підготовка забруднювача

Розчин солі повинен бути приготовлений відповідно до розділу 7 IEC 60507:2013: розчин солі повинен бути виготовлений з хлориду натрію (NaCl) комерційної чистоти та водопровідної води.

Солоність, що використовується, повинна бути на два кроки нижчою від визначеної витримуваної солоності сплеску розрядник. Допуски на значення солоності мають відповідати розділу 7 IEC 60507:2013. Вимірювання солоності повинно проводитися шляхом вимірювання електропровідності з поправкою на температуру відповідно до вказівок IEC 60507.

С.7.2.1.2 Система розпилення

Система для виробництва соляного туману має відповідати специфікаціям розділу 8 IEC 60507:2013.

С.7.2.1.3 Попередня підготовка поверхні розрядника

Перед початком попереднього кондиціонування необхідно визначити опорну напругу розрядника перенапруги визначається відповідно до процедури, зазначеної в 7.2. Процес попереднього кондиціонування повинен виконуватися на одному блоці розрядника за раз. Якщо попередня підготовка виконується на блоках, зібраних у розряднику перенапруги, інші блоки, таким чином, замикаються накоротко зовнішнім проводом і не подаються під напругу.

Пристрій має бути включено під напругу U_c і піддано впливу соляного туману на 20 хвилин або доки спалах.

Якщо спалах не відбувається, напруга підвищується до номінальної напруги блоку розрядника на 5 с або до спалаху, а потім знову знижується до значення U_c протягом 5 хв. Цю процедуру повторюють до отримання восьми спалахів.

Для того, щоб отримати вісім спалахів без надмірно великої кількості циклів підвищення напруги, попереднє кондиціонування повинно проводитися при значенні солоності, переважно вищому, ніж очікуваний максимальний рівень стійкості пристрою.

В якості альтернативи, за домовленістю між виробником і користувачем, попереднє кондиціонування може проводитися на корпусі розрядника без внутрішніх елементів. Після попередньої підготовки кожного блоку туман повинен бути очищений, а розрядник перенапруги повинен бути встановлений закипають водопровідною водою. Наприкінці процесу попередньої підготовки обмежувачу перенапруги необхідно дати охолонути температура навколишнього середовища.

Щоб перевірити, чи не сталося пошкодження розрядника перенапруг під час процесу попереднього кондиціонування, необхідно виміряти еталонну напругу розрядника перенапруги та порівняти з вимірюванням, проведеним перед попереднім кондиціонуванням. Допустимі межі зміни еталонної напруги повинні бути визначені виробником.

Випробування соляним туманом має розпочатися якнайшвидше після завершення попереднього кондиціонування процес.

На початку випробування розрядник перенапруги повинен перебувати в тепловій рівновазі з повітрям у випробувальній камері. Температура навколишнього середовища не повинна бути нижчою за 5 °С і не вищою за 40 °С, а її різниця з температурою водного розчину не повинна перевищувати 15 К.

C.7.2.2 Процедура випробування

Необхідно застосувати наступні кроки.

а) Обмежувач перенапруги слід рівномірно промити водопровідною водою.

Випробувальна напруга U_c має становити наноситься, поки розрядник перенапруги ще повністю вологий. У випадках, коли безперервний робоча напруга з інших причин була обрана набагато вищою, ніж робоча напруга фаза-земля системи, випробування можна проводити на цій фазі-землі напруги за домовленістю між виробником і користувачем.

Обмежувач перенапруги повинен бути під напругою за вказаної випробувальної напруги та насоса соляного розчину і повітряний компресор повинні бути увімкнені. Випробування вважається розпочатим, як тільки стиснене повітря досягає нормального робочого тиску на форсунках. Цей час початку призначений також для системи вимірювання заряду.

Утворення туману має бути припинено через 15 хвилин, а розрядник перенапруги повинен залишатися під напругою ще 15 хвилин.

Перед початком наступного циклу необхідно видалити соляний туман і дати розряднику охолонути до температури навколишнього середовища. Щоб переконатися, що розрядник перенапруги охолонув близько до температури навколишнього середовища, між двома наступними випробуваннями має бути проміжок часу не менше 2т. Допускаються будь-які способи охолодження розрядників до температури, близької до температури навколишнього середовища, прийняті виробником. Кілька розрядників можуть тестуватися паралельно, щоб скоротити час очікування.

Етапи а), б), в) і г) повторюють п'ять разів.

Очікуване підвищення температури ΔT_z розраховується відповідно до процедури, зазначеної в розділі F.8.

Якщо значення ΔT_z нижче за 40 К, подальше випробування на забруднення не потрібне, а початковий температура TOD робочого робочого випробування має становити 60 °С. Якщо значення ΔT_z вище або дорівнює 40 К, кроки а), б), в) і г) повторюють ще п'ять разів, а очікуване підвищення температури ΔT_z розраховують згідно з процедурою, зазначеною в розділі C.8.

ПРИМІТКА. Прання після кожного циклу використовується для усунення будь-якого впливу попередніх циклів випробувань і, таким чином, покращення статистичної незалежності між циклами випробувань.

C.8 Оцінка результатів тестування

C.8.1 Розрахунок K_{ie}

Для кожного повторення циклу випробування значення K_n розраховується наступним чином:

$$k_n = \frac{\sum \left(\frac{Q_{ik} * U_{rk}}{U_r} \right)}{Q_{e \max}} \quad (C.5)$$

де

$Q_{e \max}$ – максимальний рівень зовнішнього заряду;

Q_{ik} — внутрішній заряд, відповідний одиниці k;

U_{rk} - номінальна напруга одиниці k;

U_r - номінальна напруга розрядника перенапруг;

$k = 1, 2 \dots n$;

n – кількість одиниць обмежувача перенапруг.

У випадку, коли замість внутрішнього заряду виміряно температуру внутрішніх частин, рівняння (С.5) замінюється рівнянням (С.6):

$$k_n = \frac{\sum \left(\frac{\Delta T_k * U_{rk}}{\beta * U_r} \right)}{Q_{e\max}} \quad (\text{C.6})$$

де

ΔT_k – підвищення температури, що стосується одиниці k , розраховане як середнє арифметичне значення між максимальною температурою, виміряною в різних точках установки.

ПРИМІТКА. Якщо підвищення внутрішньої температури ΔT_k безпосередньо вимірюється під час випробування, $Q_{e\max}$ можна розрахувати за таким рівнянням:

$$Q_{e\max} = \max \cdot \left(Q_{tot} - \frac{\Delta T_k}{\beta} \right) \quad (\text{C.7})$$

Середнє значення K_{ieM} розраховується як середнє арифметичне значень K_n , σ розраховується як стандартне відхилення значень K_n , а статистичне відношення K_{ie} є розраховується за такою формулою:

$$K_{ie} = K_{ieM} + c\delta \quad (\text{C.8})$$

де

$c = 2$ у випадку, коли розрахунок виконується на основі вимірювань, що стосуються 10 циклів випробувань;

$c = 2,9$ у випадку, коли розрахунок виконується на основі вимірювань, що стосуються п'яти циклів випробувань.

С.8.2 Розрахунок очікуваного підвищення температури ΔT_z під час експлуатації

Очікуване підвищення температури ΔT_z розраховується за наступним рівнянням:

$$\Delta T_z = \beta * K_{ie} * q_z * D_m * \tau \left(1 - e^{\left(\frac{-t}{\tau} \right)} \right) \quad (\text{C.9})$$

С.8.3 Підготовка до робочого випробування

Початкова температура TOD робочого випробування розраховується на основі такі критерії:

- 1) якщо ΔT_z більше 40 К, $TOD = 20 \text{ } ^\circ\text{C} + \Delta T_z$;
- 2) якщо ΔT_z менше або дорівнює 40 К, $TOD = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Випробування робочого режиму виконується згідно з процедурою, описаною в 8.7, із початковою температурою, що дорівнює TOD.

С.9 Приклад

Наступний приклад стосується застосування процедури випробувань на розряднику перенапруги, який має наступні номінальні характеристики:

U_r	198 kV
$U_{r \min}$	90 kV
U^c	156 kV
випробувальна напруга	142 kV (див. примітку)
кількість одиниць	2
U_r (нижній елемент)	90 kV
U_r (верхній елемент)	108 kV
D_m	198 мм

ПРИМІТКА. Значення випробувальної напруги було обрано відповідно до примітки 2 С.7.2.2.

С.9.1 Попереднє випробування на нагрівання

Результати попередніх випробувань опалення такі:

τ 1,5 год

β 19 К/С (тобто заряд 5,3 С був необхідний для нагрівання розрядника перенапруги від 20 °С до 120 °С).

С.9.2 Перевірка необхідності виконання тесту на забруднення

Обчислення $\Delta T_{z \max}$ за допомогою рівняння (С.2) дає результати, наведені в таблиці С.5.

Таблиця С.5 – Розраховані значення $\Delta T_{z \max}$ для вибраного прикладу

Зона забруднення	Тривалість події забруднення h	$\Delta T_{z \max}$ К	Необхідність проведення тесту на забруднення
b	2	1,1	Ні
	6	0,7	
c	2	7,5	Ні
	6	7,3	
d	2	54,4	Так
	6	42,3	
e	2	124,7	Так
	6	108,8	

ПРИМІТКА. Зони забруднення відповідають визначенню рівнів забруднення, наведеному в 8.3 IEC TS 60815-1:2008. Значення для нового класу забруднення «а» згідно з IEC TS 60815-1 і пов'язаного значення RUSCD згідно з IEC TS 60815-2 відповідно відсутні.

Тому застосування розрядника перенапруги в зонах забруднення b і c не потребує випробування на забруднення, а початкова температура робочого випробування повинна бути 60 °С.

С.9.3 Випробування соляним туманом

Результати випробувань соляного туману при солоності 14 кг/м³ наведені в таблиці С.6.

Таблиця С.6 – Результати випробування соляним туманом для вибраного прикладу

Тест No.	Q_{ebot}^a С	Q_{etop}^c С	Q_{itop}^d С	Q_{ibot}^b С	K_n
1	6,7	4,1	2,3	0	0,18
2	5,9	4,2	1,3	0	0,12
3	6,4	4,3	1,8	0	0,15
4	6,7	4,5	2,2	0	0,18
5	5,9	3,5	2,2	0	0,20
6	5,7	3,6	2	0	0,19
7	6,2	3,5	2,4	0	0,21
8	6,0	3,5	2,4	0	0,21
9	6,8	4,0	2,6	0	0,20
10	6,2	3,8	2,1	0	0,18

^a Q_{ebot} — поверхневий заряд, виміряний на клемі заземлення нижнього блоку.
^b Q_{ibot} — це внутрішній заряд, виміряний на клемі заземлення нижнього блоку.
^c Q_{etop} — поверхневий заряд, виміряний на лінійному терміналі верхнього блоку.
^d Q_{itop} — це внутрішній заряд, виміряний на лінійному терміналі верхнього блоку.

С.9.4 Розрахунок виконується після п'яти циклів випробувань

С.9.4.1 Розрахунок K_{ie}

Опрацювання даних, отриманих під час перших п'яти циклів випробувань на забруднення, дає наступні результати:

$K_{ieM} = 0,166$ (тобто середнє арифметичне значень K_n)

$\sigma = 0,031$ (тобто стандартне відхилення значень K_n).

Статистичний коефіцієнт K_{ie} розраховується за наступним рівнянням:

$$K_{ie} = 0,166 + 2,9 \times 0,031 = 0,256 \quad (\text{С.10})$$

С.9.4.2 Розрахунок ΔT_z і T_{OD}

Розрахунок очікуваного підвищення температури під час експлуатації ΔT_z (див. С.8.2), що стосується різні зони забруднення наведені в таблиці С.7.

Таблиця С.7 – Розраховані значення ΔT_z і T_{OD} після 5 циклів для вибраного прикладу

Зона забруднення	Тривалість події забруднення h	ΔT_z К	T_{OD} °C
d	2	26	60
	6	20	60
e	2	59	79
	6	51	71
ПРИМІТКА. Зони забруднення відповідають визначенню рівнів забруднення, наведеному в розділі 8.3 IEC TS 60815:2008. Значення для нового класу забруднення «а» згідно з IEC TS 60815-1:2008 і відповідного значення RUSCD згідно з IEC TS 60815-2:2008, відповідно, відсутні.			

Таким чином, у разі застосування розрядника перенапруги в зоні забруднення d, додаткові випробування на забруднення не потрібні, а початкова температура робочого випробування повинна становити 60 °C тоді як для зони забруднення e необхідно виконати ще п'ять циклів випробувань на забруднення.

С.9.5 Розрахунок виконується після 10 циклів випробувань

С.9.5.1 Розрахунок K_{ie}

Опрацювання даних, отриманих під час перших 10 циклів випробування на забруднення, дає наступні результати:

$K_{ieM} = 0,182$ (тобто середнє арифметичне значень K_n)

$\sigma = 0,028$ (тобто стандартне відхилення значень K_n).

Статистичний коефіцієнт K_{ie} розраховується за наведеною нижче формулою:

$K_{ie} = 0,182 + 2 \times 0,028 = 0,238$ (С.11)

С.9.5.2 Розрахунок ΔT_z і T_{OD}

Розрахунок очікуваного підвищення температури під час експлуатації ΔT_z (див. С.8.2) і початкової температури для робочого випробування T_{OD} (див. С.8.3), що стосується різних зон забруднення (у цьому випадку розрахунок повинен бути зроблений лише для зона забруднення e) наведена в таблиці С.8.

Таблиця С.8 – Розраховані значення ΔT_z і T_{OD} після 10 циклів для вибраного прикладу

Зона забруднення	Тривалість події забруднення h	ΔT_z К	T_{OD} °C
e	2	54	74
	6	47	67
ПРИМІТКА. Зони забруднення відповідають визначенню рівнів забруднення, наведеному в розділі 8.3 IEC/TS 60815. Вид.1.0. Значення для нового класу забруднення «а» згідно з IEC TS 60815-1:2008 і відповідного значення RUSCD згідно з IEC TS 60815-2:2008, відповідно, недоступне.			

Отже, у разі застосування ОПН в зоні забруднення e робочий робочі випробування повинні проводитись, починаючи з 74 °C.

Додаток D (довідковий)

Типова інформація надається разом із запитами та тендерами

D.1 Інформація надана разом із запитом

D.1.1 Системні дані

– Найвища напруга системи.

– Частота.

– Максимальна напруга на землю за умов несправності системи (коефіцієнт замикання на землю або система заземлення нейтралі).

– Максимальна тривалість замикання на землю.

– Максимальне значення тимчасових перенапруг та їх максимальна тривалість (замикання на землю, втрата навантаження, ферорезонанс).

– Рівень ізоляції обладнання, яке підлягає захисту.

– Струм короткого замикання системи в місці розташування розрядника.

D.1.2 Умови обслуговування

Для нормальних умов див. 5.4.1.

Аномальні умови:

а) Для умов навколишнього середовища див. 5.4.2 і Додаток А:

– щодо природного рівня забруднення див. IEC 60071-2.

б) Система:

– можливість перевищення швидкості генератора (вольт-часові характеристики);

– номінальна частота живлення, відмінна від 48 Гц до 62 Гц;

– відмова навантаження та одночасне замикання на землю. Утворення при розломах частини в система з ізольованою нейтраллю в системі нормально ефективно заземленої нейтралі;

– неправильна компенсація струму замикання на землю.

Необхідно вказати будь-які інші спеціальні вимоги щодо умов експлуатації кількісно, наскільки це можливо

D.1.3 Робота розрядника

а) Підключення до системи:

– фаза на землю;

– нейтралі до землі;

– фаза до фази.

б) Тип обладнання, що захищається:

– трансформатори (безпосередньо підключені до лінії або через кабелі);

– обертові машини (безпосередньо підключені до лінії або через трансформатори);

– реактори;

– HF-реактори;

– інше обладнання підстанцій;

– елегазові підстанції ;

– батареї конденсаторів;

– кабелі (тип і довжина) тощо.

Максимальна довжина високовольтного провідника між розрядником і обладнанням, що захищається (захисна відстань).

D.1.4 Характеристики розрядника

а) Постійна робоча напруга.

Номінальна напруга.

Залишкова напруга різкого імпульсу струму.

Стандартний номінальний струм розряду та залишкова напруга.

Комутаційні імпульси струму та залишкові напруги.

Для розрядників 10 кА та 20 кА, рейтинг повторюваного перенесення заряду та рейтинг теплової енергії.

Рейтинг короткого замикання.

Довжина і форма шляху витoku корпусу розрядника. Підібрали за ознакою обслуговування досвід роботи з розрядниками перенапруги та/або іншими типами обладнання в реальній місцевості.

D.1.5 Додаткове обладнання та арматура

а) Розрядник у металевому корпусі.

Тип кріплення: п'єдестал, кронштейн, підвісний (в якому положенні) тощо, якщо ізоляційна основа

необхідні для підключення лічильників перенапруг. Для кронштейнів розрядників чи є кронштейн

бути заземленим чи ні.

Орієнтація монтажу, якщо не вертикальна.

Роз'єднувач заземлення/індикатор несправності, якщо потрібно.

Переріз з'єднувального проводу.

D.1.6 Будь-які особливі ненормальні умови

Необхідно вказати будь-які інші спеціальні вимоги щодо умов експлуатації кількісно, наскільки це можливо

D.2 Інформація надана разом з тендером

а) Усі елементи з D.1.4 та D.1.5.

В додаток:

- опорний струм і напруга при температурі навколишнього середовища;
- характеристики залежності напруги промислової частоти від часу (див. 8.8);
- залишкова напруга грозового імпульсу при номінальному струмі розряду в 0,5, 1 і 2 рази.

Якщо повне приймальне випробування розрядника не може бути проведено при одному з цих струмів, залишкова напруга додатково повинна бути визначена для струму в діапазоні від 0,01 до 0,25 номінального струму розряду, див. 6.3 і 8.3;

- функція скидання тиску;
- зазори;
- характеристики монтажу;
- можливості кріплення, схеми свердління, ізоляційна основа, кронштейн;
- тип затискачів розрядника та допустимий розмір провідника;
- максимально допустима довжина кабелю між розрядником і лічильником перенапруг, а також між лічильником перенапруг і земля;
- розміри та вага;
- консольна міцність.

Додаток Е (довідковий)

Процедура випробування на старіння – закон Арреніуса –

Проблеми з високими температурами

Закон Арреніуса забезпечив хорошу впевненість щодо очікуваної тривалості життя металооксидних блоків. Це є основою для поточного тесту на прискорене старіння (див. 8.4). Верхня межа нормальної температури навколишнього повітря для металооксидних розрядників відповідно до цього стандарту становить 40 °С. Для деяких розрядників, таких як розрядники з глухим фронтом або занурені в рідину, верхня межа температури навколишнього середовища, в якому працює розрядник, вище (відповідно +65 °С і +95 °С).

Прискорену швидкість старіння обґрунтовано оцінюють коефіцієнтом прискорення $AF_T = 2,5^{(\Delta T / 10)}$, де ΔT є різницею між температурою випробування та верхньою межею температури навколишнього середовища, пов'язаної з продуктом.

У таблиці Е.1 наведено приклади мінімального продемонстрованого прогнозованого терміну служби, отриманого за допомогою випробування на старіння протягом 1000 годин при 115 °С, як описано в 8.4.

Таблиця Е.1 – Прогнозований мінімальний продемонстрований термін служби

Верхня межа температури навколишнього середовища °С	Мінімальний продемонстрований прогноз тривалості життя Років
40	110
65	11
95	0,7
ПРИМІТКА. Мінімальний продемонстрований прогнозований термін служби отримують шляхом множення 1000 годин на коефіцієнт прискорення.	

Випробування тривалістю 1000 годин не дає достатньої впевненості щодо мінімального очікуваного терміну служби для найвищої температури навколишнього середовища. Щоб покращити ситуацію, можна розглянути можливість підвищення температури випробування, випробувальної напруги або тривалості випробування. Загалом неприйнятно підвищувати температуру випробування вище 115 °С змінюють фізику старіння, роблячи закон Арреніуса незастосовним. Підвищення випробувальної напруги також неприпустимо, оскільки цей коефіцієнт не встановлено як фактор прискорення.

Єдина можливість, що залишилася, це збільшити тривалість тесту. У таблиці Е.2 показано співвідношення між тривалістю випробування та еквівалентним часом для різних верхніх меж температури навколишнього середовища.

Таблиця Е.2 – Співвідношення між тривалістю випробування при 115 °С та еквівалентним часом при верхній межі температури навколишнього середовища

Верхня межа температури навколишнього °С	Тривалість випробування при 115 °С годин	Еквівалентний час при верхній межі температури Років
40	1 000	110
65	2 000	22
95	7 000	5

Якщо ці еквівалентні часи при безперервній температурі використання неприйнятні для користувача, час тестування може бути збільшений за домовленістю між виробником і користувачем. В якості альтернативи, якщо можна продемонструвати, що закон Арреніуса все ще застосовується, можна використовувати вищу температуру після згоди між виробником і користувачем.

Додаток F (довідковий)

Керівництво по визначенню розподілу напруги вздовж металооксидних розрядників перенапруг

F.1 Загальні положення

Розподіл напруги вздовж металооксидного розрядника перенапруги залежить від ємностей і опорів МО-резисторів, паразитних ємностей від стовпа МО-резистора та металевих фланців до заземлених і струмоведучих частин, а також граничних умов (прикладена напруга, близькість і напруга, прикладена до інших об'єктів поблизу). Блукаючі ємності призводять до нерівномірний розподіл напруги вздовж колони МО резистора, при цьому максимальна напруга зазвичай з'являється у верхній частині розрядника.

Випробувальна напруга U_{ct} для випробування на прискорене старіння (див. 8.4) визначається за максимальною напругою, що виникає вздовж стовпчика МО резистора. Розподіл напруги можна визначити за допомогою загальнодоступних комп'ютерних програм для розрахунку електричних полів і ланцюгів. Результати таких розрахунків, однак, залежать від зображень розрядника перенапруги та переважаючих граничних умов. Метою цього додатка є надання основних вказівок щодо представлення геометрії розрядника перенапруги та його електричні характеристики разом із загальною інформацією щодо моделювання граничних умов.

Через складність і відмінності в установках розрядників перенапруг часто потрібні спрощені представлення геометрії розрядника та граничних умов, щоб полегшити обчислення розподілу напруги для даної конструкції розрядника. Різні ступені спрощення геометрії розрядника обговорюються у F.2, а спрощене представлення граничних умов для трифазних установок пропонується у F.3. Для моделювання інших конструкцій розрядників перенапруги, наприклад, розрядників GIS, вказівки не надаються, оскільки геометрія та граничні умови зазвичай чітко визначені.

Процедуру обчислення можна виконувати двома різними способами залежно від ступеня складності електричного представлення колонки МО резистора, як описано в F.4. Приклади розрахунків електричного поля, що представляють собою типову зовнішню установку розрядника представлений у F.5.

F.2 Моделювання розрядника перенапруг

Оскільки паразитні ємності важливі для розподілу напруги вздовж стовпа МО-резистора, вплив різних спрощень у моделі розрядника перенапруги необхідно враховувати щодо цих ємностей. Серія розрахунків електричного поля, виконана з використанням осесиметричного зображення розрядника, дала наступні результати щодо ступеня спрощення моделі розрядника.

– Колонка резистора МО, включаючи будь-які металеві прокладки, повинна бути представлена фактично розміри і діелектрична проникність. «Еквівалентний» стовп МО резистора більшого діаметра, а відповідно знижена діелектрична проникність призводить до більш високого максимального напруги. Подібним чином, заміна фактичного МО-резистора/розпірної колонки на "еквівалентну" колонку без прокладок і з відповідно підвищеною діелектричною проникністю також призводить до вищою максимальна напруга.

– Корпус може бути представлений циліндром, внутрішній діаметр якого дорівнює внутрішньому діаметру фактичного корпусу і радіальна товщина дорівнює товщині стінки фактичне житло. Діелектрична проникність має відповідати фактичному матеріалу корпусу, наприклад,

фарфор або полімер. Навіси можна опустити, оскільки вони мають незначний вплив на розподіл напруги.

– Матеріал між ізолятором і стовпчиком МО резистора (наприклад, газ або будь-який інший пломбувальний матеріал) слід моделювати з його фактичними розмірами та діелектричною проникністю.

– Металеві фланці можуть бути представлені циліндрами, діаметр яких дорівнює максимальний зовнішній діаметр фактичних фланців і висоти, що дорівнюють висоті фактичних фланців.

– Кільця оцінювання можуть бути представлені тороїдами однакових розмірів і фізичних характеристик розташування тороїдальних елементів власне сортувальних кілець. Опускаючи підтримку елементів, які неможливо представити в осесиметричній моделі, може призвести до завищення максимальної напруги. Представлення опори членів у осесиметричних і тривимірних моделях обговорюється далі у F.5.

– П'єдестал, якщо він використовується, може бути представлений циліндром із площею поперечного перерізу достатній, щоб утримувати максимальний поперечний переріз фактичного п'єдесталу та рівну висоту до власне постаменту. Зменшення висоти постаменту призводить до більш високого максимуму напруги у верхній частині розрядника.

– Провід високої напруги повинен бути представлений вертикальним циліндричним провідником а діаметр не більше, ніж діаметр фактичного шнура. Опускаючи високу напругу свинець призводить до більшої максимальної напруги у верхній частині розрядника.

F.3 Моделювання граничних умов

Для обмежувачів перенапруг в типових трифазних зовнішніх установках, наприклад, на підстанціях, граничні умови визначаються відстанями до заземлених конструкцій і суміжних фаз. Загалом, це справді тривимірна задача електричного поля, де необхідно враховувати як величину, так і фазовий кут прикладених напруг.

Процедуру розрахунку можна спростити, зменшивши вихідну трифазну, тривимірну (3D) конфігурацію до еквівалентної однофазної, осесиметричної конфігурації, яку можна обробляти загальнодоступним програмним забезпеченням для двовимірних (2D) розрахунків. Еквівалентна осесиметрична конфігурація отримана шляхом моделювання розрядника в центрі заземленого циліндра, радіус якого визначається мінімальним зазором між фазою та землею, рекомендованим виробником. Висота заземленого циліндра повинна в 1,5 рази перевищувати загальну висоту розрядника плюс п'єдестал.

ПРИМІТКА. Еквівалентна осесиметрична конфігурація дійсна для типової трифазної установки з трьома розрядниками, розташованими на прямій лінії, паралельній заземленій конструкції, на відстані, що дорівнює мініальному рекомендованому зазору між фазою та землею, і з мінімальним рекомендованим міжфазним зазором, як показано на малюнку F.1.

F.4 Процедура розрахунку

Процедуру розрахунку можна виконувати двома різними способами, як описано в F.4.1 і F.4.2, залежно від того, як представлені електричні властивості колонки МО резистора. Виключно ємнісне представлення (див. F.4.1) завжди дає консервативні результати порівняння з комбінованим ємнісним/резистивним представленням (див. F.4.2), яке дає нижчі, але більш реалістичні стреси. Будь-яка інша процедура розрахунку, яка призводить до того самого або також можна використовувати більш консервативні результати.

F.4.1 Ємнісне представлення стовпця МО резистора

У цьому випадку стовпчик МО резистора представлений виключно його ємністю (діелектричною проникністю), нехтуючи впливом резистивної характеристики. Це консервативне наближення є виправданим, якщо розрахована максимальна напруга напруги відповідає а тестова напруга U_{ct} , яка є нижчою за опорну напругу резисторів МО. Максимальна напруга повинна визначатися на осьовій відстані, що не перевищує 3 % загальної довжини розрядника

F.4.2 Ємнісне та резистивне представлення колонки МО резистора

Тут колонка МО резистора представлена його ємністю, паралельною його нелінійній резистивній характеристиці. Таке представлення стовпця МО-резистора призводить до більш реалістичного обчисленого максимального напруги порівняно з випадком із більш консервативним представленням лише ємності.

Спочатку виконується розрахунок ємнісного електричного поля для визначення паразитних ємностей

на землю. По-друге, вводиться резистивна характеристика і розраховується розподіл напруги за допомогою аналізу електричного кола. Загалом потрібен ітераційний процес розрахунку через температурну залежність опору. Однак, як досить консервативне наближення, слід використовувати постійну резистивну характеристику при +20 °С. На рисунку F.2 показано спрощену багатоступінчасту еквівалентну схему розрядника, яка може використовуватися з програмою аналізу електричного кола для визначення розподілу напруги з урахуванням обох ємнісних та резистивних ефектів. Розрядник моделюється за допомогою залежних від напруги опорів, ємностей, що представляють стовпчик МО-резистора, і паразитних ємностей на землю. Кожен каскад еквівалентної схеми може являти собою один окремий металоксидний МО-резистор, як крайній випадок, або секцію колони МО-резистора. Довжина кожної секції не повинна перевищувати 3 % загальної довжини розрядника. З вузловими напругами, отриманими шляхом обчислення виключно ємнісного електричного поля відповідно до F.4.1, розсіювальні ємності щодо землі можуть бути отримані таким чином:

$$C_{e,x} = \frac{(U_{x+1} - U_x) \times C_{MO,x+1} - (U_x - U_{x-1}) \times C_{MO,x}}{U_x} \quad (x = 1, 2, \dots, n-1)$$

де

U_x – напруга у вузлі x ;

$C_{MO,x}$ – ємність ділянки x ;

$C_{e,x}$ – паразитна ємність відносно землі у вузлі x ;

n – кількість секцій.

ПРИМІТКА У деяких випадках ці обчислення можуть призвести до від'ємних значень. Це наслідок обраної моделі, коли всі паразитні ємності підключені до землі. Використовуючи інші моделі з іншими представленнями паразитних ємностей, можна уникнути негативних значень.

F.4.3 Визначення U_{ct}

Співвідношення U_{ct} до U_c у випробуванні на прискорене старіння (див. 8.4) визначається діленням розрахованої максимальної напруги на загальну довжину стовпа МО резистора (під напругою при $U = U_c$), середньою напругою на тій самій довжині.

F.5 Приклади розрахунків

Приклади розрахунків осьового розподілу напруги для типового металооксидного розрядника перенапруг були виконані з використанням двох різних методів обчислення: методу кінцевих елементів (FEM) і методу граничних елементів (BEM). Метод скінченних елементів використовувався лише для двовимірних обчислень, тоді як метод граничних елементів використовувався як для двовимірних, так і для тривимірних обчислень.

Приклади розрахунків були виконані з використанням як ємнісного представлення, так і ємнісного/резистивного представлення. Модель розрядника, використана в розрахунках, є спрощеним зображенням типового багатоблокового розрядника з порцеляновим корпусом (див. Рисунок F.3а).

F.5.1 Моделювання розрядника та граничних умов

Спрощення в моделюванні розрядника було зроблено відповідно до F.2, за винятком сортувальних кілець, де були застосовані різні підходи, як описано нижче. Було прийнято, що типовий розрядник оснащений одним градирувальним кільцем і чотирма опорними елементами для кільця, як показано на малюнку F.3a. Різні зображення градуировочного кільця та його опор, що відповідають різним ступеням спрощення, показані на малюнку F.3b. Перша модель з використанням одного кільця без опор використовувалася в осесиметричних 2D і 3D обчислень (випадки A і D відповідно). Друга модель була використана для дослідження доцільності додавання «віртуального» класифікаційного кільця в осесиметричних розрахунках для моделювання вплив кільцевих опор. Були проведені як 2D, так і 3D обчислення (випадки B і E відповідно). Третя модель є тривимірним представленням оцінки кільця, включаючи опори, використовується лише для 3D-обчислень (випадок F). Відносна діелектрична проникність «еквівалентних» стовпчиків МО резисторів була обрана рівною 800, тоді як відносна діелектрична проникність порцелянових корпусів була встановлена рівною п'яти. Граничні умови були обрані відповідно до F.3, тобто розрядник розташований у заземленому циліндрі з радіус, визначений мінімальними вимогами до кліренсу.

F.5.2 Резистивні ефекти металооксидних МО резисторів

Резистивний ефект металооксидних МО резисторів введено згідно з F.4.2. Нелінійна резистивна характеристика, використана в обчисленнях, показана на рисунку F.4. резистивний ефект досліджувався в двовимірних обчисленнях із включеним «віртуальним» кільцем градування (випадок C) для порівняння з випадком B, а також у тривимірних обчисленнях з включеними опорами (випадок G) для порівняння з випадком F. Через нелінійний ефект, створений резистивною характеристикою, необхідно виконувати комбіновані ємнісні/резистивні обчислення на заданому рівні напруги. Для прикладу розрахунків було прийнято, що $U_c = 333$ кВ середньоквадратичне значення (471 кВ пік) з частотою 50 Гц.

F.5.3 Результати та висновки розрахунків електричного поля

Розраховані максимальні напруги на опорі металооксидного МО резистора в кожному блоку підсумовані в таблиці F.1 для різних випадків, від A до G. Напряга напруги виражається у відсотках U_c на метр довжини опори МО резистора, припускаючи, що розрядник знаходиться під напругою при $U_c = 100$ %, що дає середнє значення напруги 34,7 %/м. Результати в таблиці F.1 є середніми значеннями з кількох обчислень з використанням різних методів FEM та BEM програмне забезпечення. Зазвичай можна очікувати відхилення від 1 %/м до 2 %/м. Максимальне напруження серед трьох одиниць також виражається через співвідношення U_{ct}/U_c для визначення випробувальна напруга під час випробування на прискорене старіння (див. F.4.3) Детальний приклад результатів розрахунку, що показує напругу напруги вздовж колони розрядника, представлено на рисунку F.5 для випадку B. Загалом можна зробити висновок, що 2D і 3D обчислення дають подібні результати (випадок A проти D і випадок B проти E). Однак час обчислення на кілька порядків довший при використанні методів 3D-обчислення.

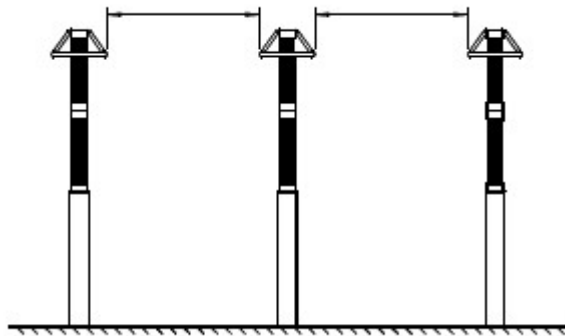
З посиланням на різні спрощення в моделюванні розрядника, розглянуті в попередні підпункти, деякі загальні висновки можна зробити з таблиці F.1:

- розрахована напруга у верхньому блоку значно нижча, ніж кільце для сортування опори включені в 3D-обчислення (випадки A і D проти випадку F);
- розраховане напруження додатково зменшується як у 2D, так і в 3D обчисленнях, якщо резистивне розглядаються ефекти (випадок B проти C і випадок F проти G);
- вплив опор кільця сортування може бути змодельований за допомогою введення «віртуального» сортування кільця в осесиметричній моделі (випадок B проти F і випадок C проти G). Однак ні загальні правила правильного визначення розміру або розміщення «віртуального» кільця можна надати на основі цих результатів.

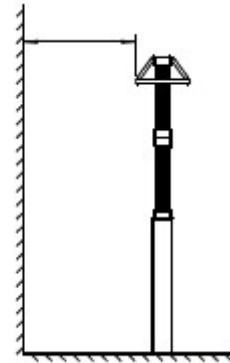
Таблиця F.1 – Результати прикладів розрахунків

Модель розрядника перенапруги	Корпус	Максимальна напруга			Максимум співвідношення U_{ct}/U_c
		Вища одиниця	Середня одиниця	нижча одиниця	
		% / m	% / m	% / m	р.п.
2D обчислення					
Одне оціночне кільце	A	50	39	26	1,44
Два сортувальних кільця	B	44	40	27	1,27
Два сортувальних кільця, резистивні ефекти	C	41	39	29	1,18
3D обчислення					
Одне оціночне кільце	D	50	37	27	1,44
Два сортувальних кільця	E	43	38	28	1,24
Одне грейферне кільце з чотирма опорами	F	44	39	27	1,27
Одне грейдерне кільце з чотирма опорами, резистивні ефекти	G	41	39	28	1,18

Мінімальний міжфазний зазор

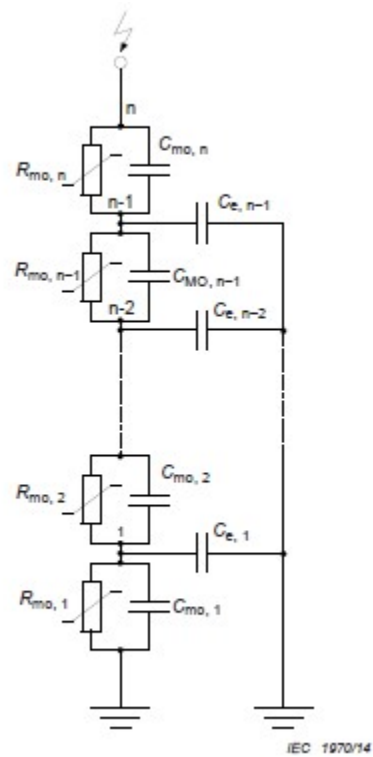


Мінімальний міжфазний зазор



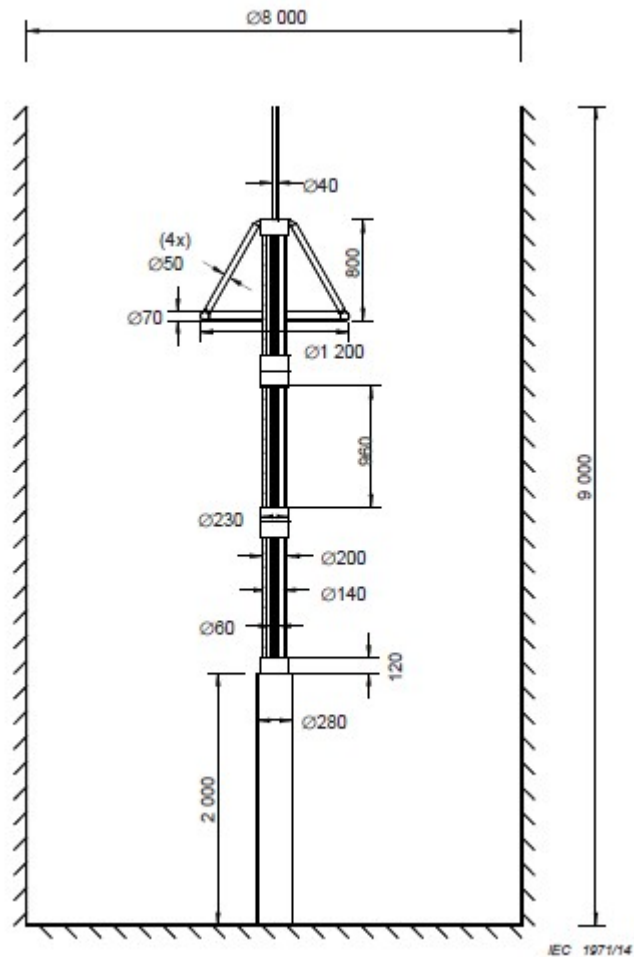
IEC 1999/14

Рисунок F.1 – Типова установка трифазного розрядника



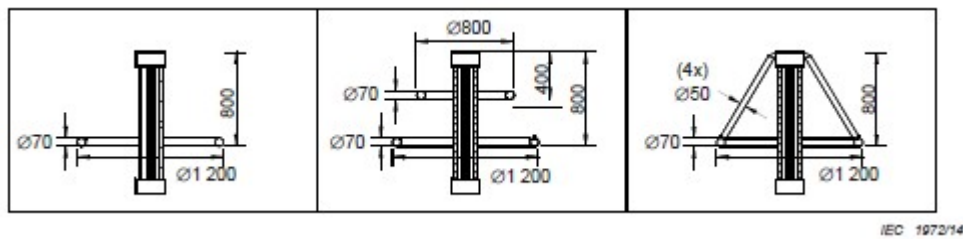
$R_{mo, x}$	Залежний від напруги опір ділянки x
$C_{mo, x}$	Ємність ділянки x
$C_{e, x}$	Блукаюча ємність на землю у вузлі x
n	Кількість секцій

Рисунок F.2 – Спрощена багатоступенева еквівалентна схема розрядника



Розміри в міліметрах

Рисунок F.3a – Спрощена модель багатоблокового розрядника



Корпус A, D

Корпус B, C, E

Корпус F, G

Розміри в міліметрах

Рисунок F.3b – Різні представлення кільця оцінювання

Рисунок F.3 – Геометрія моделі розрядника

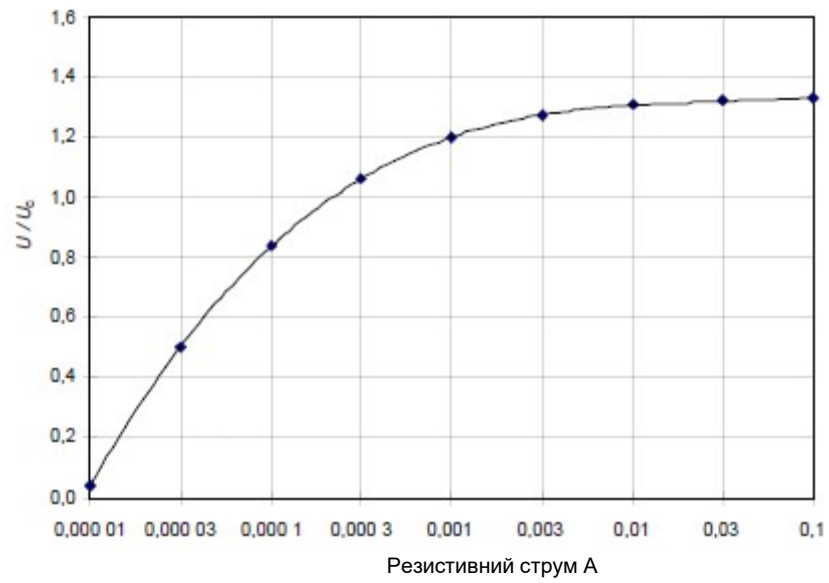


Рисунок F.4 – Приклад вольтамперної характеристики МО резисторів при +20 °C в області струму витоку

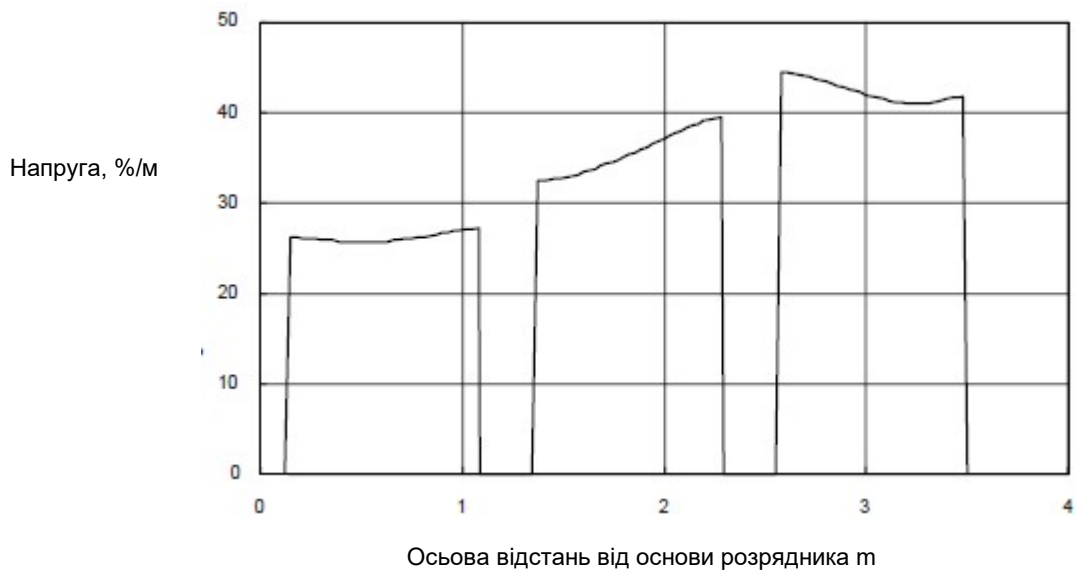


Рисунок F.5 – Розрахована напруга вздовж стовпчика МО резистора у випадку В

Додаток G (обов'язковий)

Механічні міркування

G.1 Випробування згинального моменту

У випадку розрядника, що складається з кількох блоків, кожен блок повинен бути випробуваний згинальним моментом згідно з рисунком G.1. Необхідне навантаження розраховується, як наведено нижче. Якщо одиниці відрізняються лише довжиною, але є ідентичними за матеріалами та конструкцією, немає необхідності перевіряти кожну одиницю.

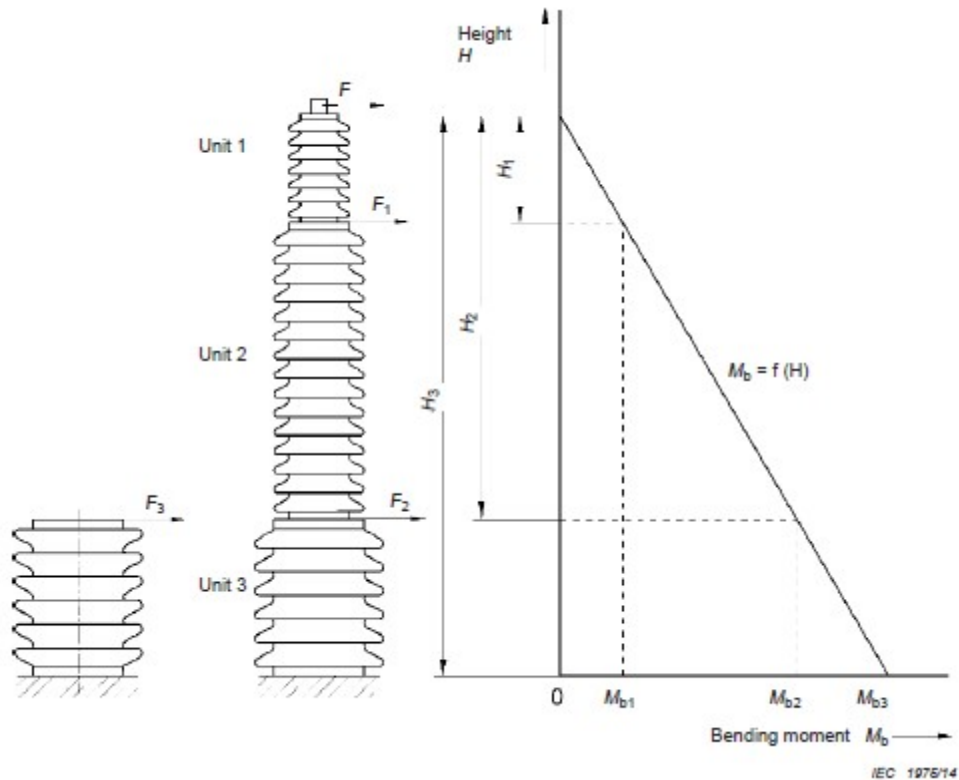


Рисунок G.1 – Згинальний момент – багатоблоковий розрядник перенапруг

При випробуванні повного розрядника момент, що впливає на нижній фланець, становить $M_{b3} = F \times H_3$.

Момент, що впливає на верхній фланець нижнього блоку, становить $M_{b2} = F \times H_2$.

Якщо один блок випробовується окремо (приклад для блоку 3), випробувальна сила F_2 для випробування нижнього фланця блоку 3 є наступною:

$$F_2 \times (H_3 - H_2) = F \times H_3;$$

$$F_2 = \frac{F \times H_3}{(H_3 - H_2)}$$

Випробування верхнього фланця агрегату 3 слід проводити з блоком у перевернутому положенні. Випробувальна сила F_3 для випробування верхнього фланця агрегату 3 є наступною:

$$F_3 \times (H_3 - H_2) = F \times H_2$$

$$F_3 = \frac{F \times H_2}{(H_3 - H_2)}$$

G.2 Сейсмічні випробування

Якщо за погодженням між виробником і користувачем проводяться сейсмічні випробування, відповідними стандартами є:

- IEC 62271-300
- IEC 62271-207
- GB 50260
- JEAG 5003
- IEEE 693
- IEC/TS 61463

Щоб виявити будь-які значні зміни в продуктивності розрядника до і після сейсмічні випробування повинні бути виконані наступні випробування:

- Вимірювання опорної напруги
- Перевірка внутрішнього часткового розряду
- Перевірка на герметичність (для розрядників із закритим об'ємом газу та окремою системою ущільнення)

G.3 Визначення механічних навантажень

На рисунку G.2 показано співвідношення між механічними навантаженнями.

Порцеляна та лита
смола
корпуси

Середнє значення
розривного
навантаження
(MBL)

$\geq 120 \%$

120 %

Зазначене короткочасне
навантаження
(SSL)

100 %

Зазначене короткочасне
навантаження
(SSL)

40 %

0

IEC 1976/14

Полімер (крім литої
смоли)
корпуси

100 %

$\leq 100 \%$

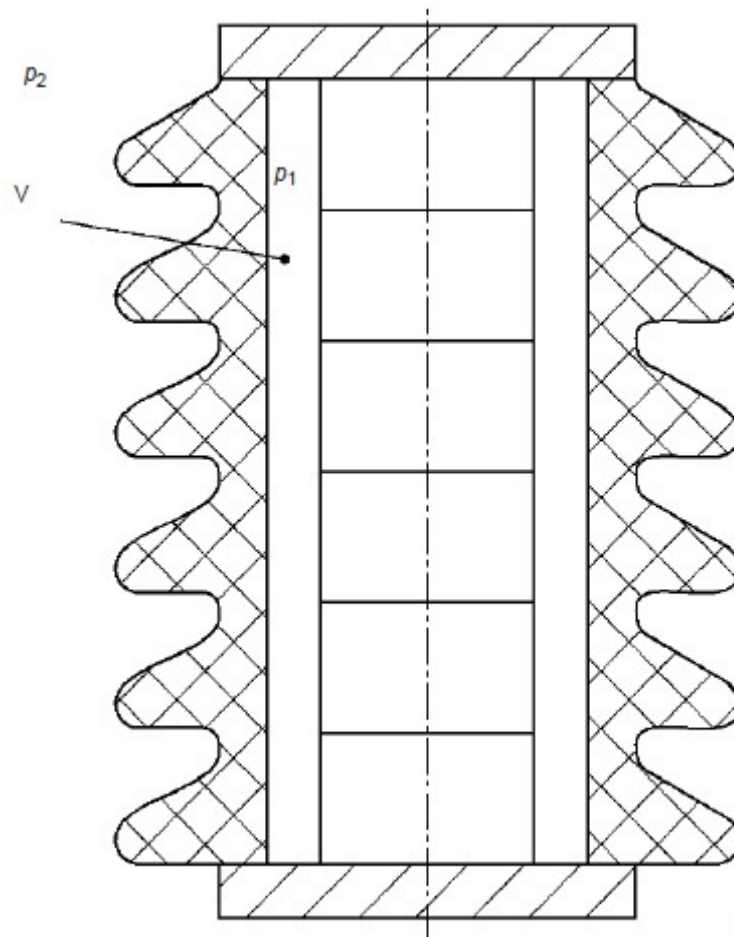
0

IEC 1977/14

Рисунок G.2 – Визначення механічних навантажень

G.4 Визначення швидкості витоку ущільнення

На рисунку G.3 схематично зображено розрядник.



IEC 1978/14

Рисунок G.3 – Розрядник перенапруги

Швидкість витоку ущільнення визначає кількість газу за одиницю часу, який проходить через ущільнення корпусу при різниці тиску не менше 70 кПа. Якщо ефективність системи ущільнення залежить від напрямку градієнта тиску, слід розглянути найгірший випадок.

Швидкість витоку ущільнення $\text{Seal leak rate} = \frac{\Delta p_1 \times V}{\Delta t} \text{ at } |p_1 - p_2| \geq 70 \text{ kPa}$ і при температурі $+20^\circ\text{C} \pm 15 \text{ K}$

де

$$\Delta p_1 = p_1(t_2) - p_1(t_1);$$

$p_1(t)$ – внутрішній тиск газу корпусу розрядника як функція часу (Па);

p_2 – тиск газу зовні розрядника (Па);

t_1 – час початку розглядуваного інтервалу часу (с);

t_2 – час закінчення розглянутого інтервалу часу (с);

$$\Delta t = t_2 - t_1;$$

V – внутрішній газовий об'єм розрядника (m^3).

G.5 Розрахунок згинального моменту вітру

На рисунку G.4 схематично зображено зібраний розрядник.

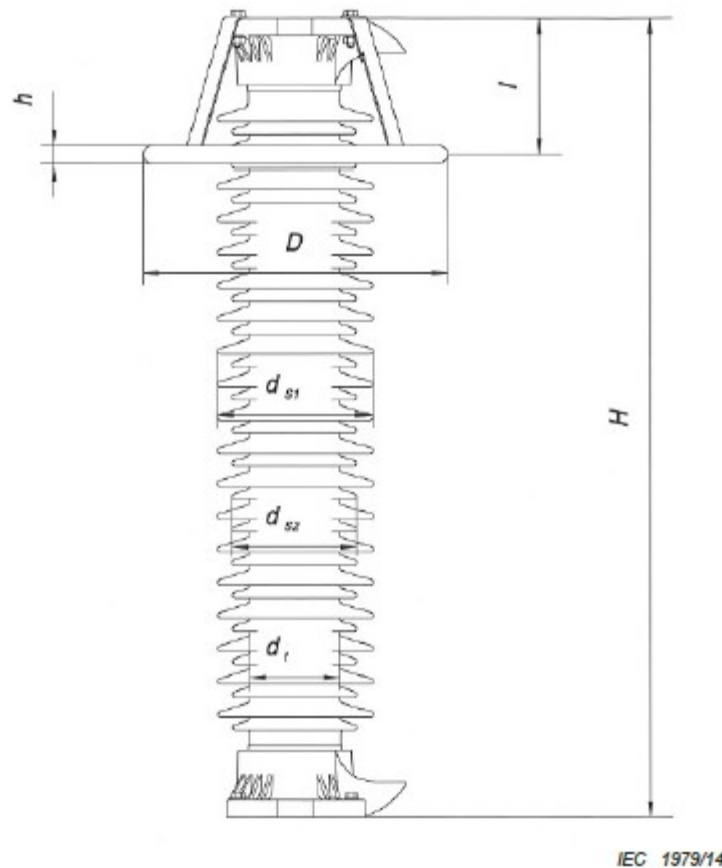


Рисунок G.4 – Розміри ОПН

Згинальний момент вітру визначається як

$$M_w = P \times H \times d_a \times C \times H/2 + P \times D \times h \times (H - l)$$

де

- P = $(P_1/2)V^2$;
- d_a = $(2d_t + d_{s1} + d_{s2})/4$ згідно з IEC 60815-2 ($d_{s1} = d_{s2}$ для неперемінних навісів)
- M_w – згинальний момент, викликаний вітром (Нм);
- H – висота розрядника (м);
- d_a – середнє значення діаметра ізолятора (м);
- h – товщина сортувального кільця (м);
- D – діаметр сортувального кільця (м);
- l – відстань сортувального кільця до верху (м);
- C – коефіцієнт лобового опору для циліндричних деталей; дорівнює 0,8;
- P – динамічний тиск вітру (Н/м^2);
- P_1 – густина повітря при 1013 бар і 0 °С; дорівнює 1,29 кг/м^3 ;
- V – швидкість вітру (м/с).

G.6 Процедури випробувань згинального моменту для порцеляни/літої смоли та розрядники в полімерному корпусі

Блок-схема процедур показана на рисунку G.5.



Рисунок G.5 – Блок-схема процедур випробування згинального моменту

Додаток Н (обов'язковий)

Процедура випробувань для визначення імпульсу блискавки здатність до розряду

Н.1 Загальні положення

Ця процедура випробування застосовується до розрядників перенапруги, що використовуються на лініях (NGLA) із системною напругою $U_s > 52$ кВ, щоб покращити характеристики таких ліній від блискавки. Загалом, ці розрядники піддаються вищому енергетичному і струмовому навантаженню, викликаному блискавкою, ніж розрядники, встановлені на станціях з ефективним блискавкозахистом на вхідних лініях. Крім того, очікувана форма хвилі струму для вирішальних випадків із тривалістю кілька десятків мікросекунд для розрядників, що застосовуються на екранованих лініях, і кілька сотень мікросекунд для розрядників на неекранованих лініях, значно відрізняється від форм сигналів, зазначених у випробуванні робочого режиму та довготривалого випробування імпульсним струмом.

Тривалість імпульсу 200 мкс розглядається як відповідний компроміс для покриття як типових застосувань, так і ефекту кількох ударів.

Тому розрядники, призначені для цього застосування, повинні бути випробувані відповідно до тесту на здатність до грозового імпульсу, щоб перевірити номінальний грозовий імпульсний розряд здатність розрядника.

Н.2 Відбір тестових зразків

Випробовують три зразки. Ці зразки повинні включати повні розрядники, секції розрядників або резистивні елементи. Вони не повинні проходити жодних попередніх випробувань, за винятком випадків, коли це необхідно для оцінки цього випробування. Зразки, які будуть обрані для випробування здатності до імпульсного розряду блискавки, повинні мати залишкову напругу при номінальному струмі розряду на найвищій межі діапазону зміни, заявленого виробником. Крім того, у випадку багатоколонних розрядників слід враховувати найбільше значення нерівномірного розподілу струму. Для дотримання цих вимог, що підлягають виконанню.

а) Співвідношення між номінальною напругою повного розрядника до номінальної напруги розділ визначається п.п. Обсяг елементів МО резисторів, що використовуються як дослідні зразки не повинен перевищувати мінімальний об'єм усіх елементів МО резисторів, що використовуються в повний розрядник ділиться на n .

б) Залишкова напруга випробувальної ділянки повинна дорівнювати $k \cdot U_{rIn}$, де k – відношення між максимальною залишковою напругою при стандартному номінальному струмі розряду розрядник і його номінальну напругу. У випадку, коли $U_{res} > k \cdot U_{rIn}$ для доступного тестового зразка коефіцієнт n потрібно відповідно зменшити. Якщо $U_{res} < k \cdot U_{rIn}$, розділ не є дозволено до використання.

в) Для багатоколонних розрядників розподіл струму між колонами має бути виміряний при імпульсному струмі, що використовується для перевірки розподілу струму (див. 9.1e)). Для кожного досліджуваного зразка відношення максимального струму в будь-якій колонці до середнього струму, кА, визначається і порівнюється з максимальним коефіцієнтом, K_m , зазначеним виробником. Найвище поточне значення в будь-якому зі стовпців не повинно бути вищим за значення, задане K_m .

Н.3 Процедура випробування

Перед початком випробувань перевірте залишкову напругу грозового імпульсу при номінальному розряді струм кожного тестового зразка повинен бути вимірний для цілей оцінки. Кожне випробування здатності до імпульсного розряду блискавки повинно складатися з 18 операцій розряду, розділених на шість груп по три операції. Інтервали між операціями мають становити від 50 до 60 с, а між групами – таким чином, щоб зразок охолоджувався до температури навколишнього середовища.

Після 18 операцій розряду та після того, як зразок охолоне майже до температури навколишнього середовища, випробування на залишкову напругу, які були проведені перед випробуванням, повинні бути повторені для порівняння зі значеннями, отриманими перед випробуванням, і значення не повинні змінюватися більш ніж на 5 %. Візуальний огляд досліджуваних зразків після випробування не повинен виявити доказів проколу, спалаху, розтріскування або інших значних пошкоджень МО резисторів. У разі конструкції, де МО-резистори не можуть бути зняті для перевірки, додатковий імпульс необхідно застосувати після того, як зразок охолоне до навколишнього середовища. Якщо зразок витримав цей 19-й імпульс без пошкоджень (перевіряється за осцилографічними записами), то зразок вважається таким, що пройшов перевірку.

ПРИМІТКА Щодо можливих змін у діапазоні низького струму через імпульсні розряди блискавки, це вважається достатньо охопленим поточними робочими випробуваннями.

Н.4 Параметри випробування для випробування здатності до імпульсного розряду блискавки Пікове значення струму вибирається виробником для отримання конкретного розряду енергії та заряду. Енергія не повинна перевищувати вказану теплову енергію, Вт. Якщо це не так, робоче випробування необхідно повторити зі збільшенням енергії до покриває заявлену енергію.

Форма імпульсу струму повинна відповідати 3.32. Пік будь-якої хвилі струму протилежної полярності має бути меншим ніж 5 % пікового значення струму. Поточне пікове значення кожного імпульсу на кожному випробувальному зразку повинно знаходитися між 100 % і 110 % вибраного пікового значення.

Н.5 Вимірювання під час випробування здатності до грозового імпульсного розряду Енергія, заряд і піковий струм повинні бути повідомлені для кожного імпульсу, а також тривалість часу, протягом якого миттєве значення імпульсного струму перевищує 5 % від його максимального значення. Осцилограми типових сигналів напруги та струму розсіяна енергія повинна постачатися на тій самій часовій основі.

Н.6 Номінальна здатність до імпульсного розряду блискавки Середній піковий струм, заряд і енергія розраховуються на основі 18 операцій розряду. Щоб отримати середню енергію, потрібно розділити на номінальну напругу зразка питома енергія. Для багатоконтактних розрядників піковий струм, заряд і енергію для кожного випробувального зразка слід помножити на коефіцієнт кА/км перед визначенням середнього значення.

Номінальна здатність грозового імпульсу розрядника є комбінацією наступне:

- а) найменший середній піковий струм для будь-якого з 3 досліджуваних зразків;

б) енергетичне значення, вибране зі списку К.7, нижче або дорівнює найнижчому питомому енергія для будь-якого з 3 досліджуваних зразків;

в) значення заряду, вибране зі списку К.8, нижче або дорівнює найнижчому середньому стягувати плату за будь-який із 3 тестових зразків.

Н.7 Перелік номінальних значень енергії

Наступні значення, виражені в кДж/кВ номінальної напруги, стандартизовані як значення номінальної енергії: 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20.

Н.8 Перелік номінальних значень заряду

Наступні значення, виражені в кулонах, стандартизовані як номінальні значення заряду: 0,4; 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2; 2,4; 2,8; 3,2; 3,6; 4; 4,4; 4,8; 5,2; 5,6; 6; 6,4; 6,8; 7,2; 7,6; 8; 8,4; 8,8; 9,2; 9,6; 10.

Додаток І (обов'язковий)

Визначення температури старту в тестах включаючи перевірку термічної стабільності

Ця процедура необхідна лише для розрядників, призначених для використання в системах $U_s > 800$ кВ.

Випробовується повний розрядник. Розрядник повинен бути встановлений у максимально реалістичних умовах з урахуванням фактичної 3-фазної установки. Оскільки випробування, швидше за все, має проводитися однофазним, реалістична установка може бути встановлена шляхом розрахунків, порівнюючи тестову та фактичну установку, щоб отримати приблизно такий самий розподіл напруги вздовж розрядника в умовах випробування та в польових умовах.

Температура навколишнього середовища під час випробування не повинна змінюватися більш ніж на ± 5 К. Температура щонайменше двох МО резисторів у кожній колонці та в кожному розряднику повинна бути виміряна в одиниць поруч із кільцем сортування (внизу та вгорі), у всіх інших одиницях принаймні один. Якщо використовуються дві точки вимірювання, вони повинні бути розташовані приблизно на 1/3 і 2/3 довжини від верхньої частини одиниці. У випадку з однією точкою вимірювання вона повинна бути розташована приблизно на 1/3 довжини від верхньої частини пристрою. Якщо використовується більше двох точок вимірювання, вони повинні бути рівномірно розподілені по довжині приладу.

Для визначення початкової температури під час випробувань, включаючи перевірку термічної стабільності, необхідно використовувати наступну покрокову процедуру.

1) Виміряйте опорну напругу, U_{refa} , повного розрядника та визначте відношення, k , до мінімальної заявленої еталонної напруги, U_{refmin} , виробником. U_{refmin} не буде бути менше U_{refmin} .

2) Увімкніть розрядник під напругу U_{ca} , що дорівнює k -кратній заявленій U_c для розрядника, доки всередині розрядника досягаються стійкі температури.

3) Визначити середню температуру розрядника в усталеному стані, T_{ar1} . Середня температура визначається з точок вимірювання шляхом зважування з відношенням номінальна напруга пристрою перевищує номінальну напругу повного розрядника (див. Додаток J). Для у конструкціях із кількома колонками важливо переконатися, що різні колонки мають приблизно однакові втрати потужності. Виміряна опорна напруга стовпців перед початком випробування, отже, не має відхилятися більш ніж на ± 1 % і підвищення температури не повинно відрізнятися більш ніж на ± 20 % між різними колонками.

4) При тій самій температурі навколишнього середовища, що й для випробування на повному розряднику, подайте напругу а термічно правильна ділянка (перевірена згідно з додатком В) розрядника при напрузі U_{cs} , яка призводить до тієї ж середньої температури ($+5/-0$ К), що і для повного розрядника. Це напруга може бути значно вищою за еквівалент U_c , визначений із співвідношення опорна напруга пристрою до опорної напруги повного розрядника через ефект нелінійного розподілу напруги. Після цього помістіть термоблок у спокійне повітряне середовище температурі 40 °С і вмикайте його на U_{cs} до стабільних температур МО резисторів досягнуто.

Для конструкцій з кількома колонками важливо переконатися, що різні колони мають приблизно однакові втрати потужності. Опорна напруга колонки, виміряні перед початком випробування, таким чином, не повинні відхилятися більш ніж ± 1 %, а підвищення температури не має відхилятися більш ніж на ± 20 % між різними стовпцями. Визначте середню температуру резисторів МО. Якщо результат перевищує 60 °С, цю температуру слід використовувати як температуру попереднього нагріву, інакше слід використовувати 60 °С.

Додаток J (обов'язковий)

Визначення середньої температури р багато блоковий розрядник високої напруги

Слід вибрати наступний підхід, якщо середня температура T_{ar} багатоблокового розрядника високої напруги повинна визначатися вимірюванням температури. Мінімальна необхідна кількість точок вимірювання: в одиницях поруч із кільцем для сортування (нижче та вище) принаймні два, у всіх інших підрозділах принаймні один. Для усереднення кожна точка вимірювання температури представляє наступну частку номінальної напруги

$$U_{r,repr} = U_{r,одиниця} / n_{mp}$$

де

$U_{r,repr}$ =	типова номінальна напруга пристрою
$U_{r,одиниця}$ =	номінальна напруга пристрою
n_{mp} =	кількість точок вимірювання на одиницю

Виміряна температура над навколишнім середовищем у кожній точці вимірювання потім зважується за допомогою співвідношення її типової номінальної напруги до номінальної напруги всього розрядника: $U_{r,repr}/U_{r,complete}$.

Приклад, наведений на рисунку J.1, показує триблоковий розрядник, де всі блоки мають однакові характеристики

Номінальна напруга:

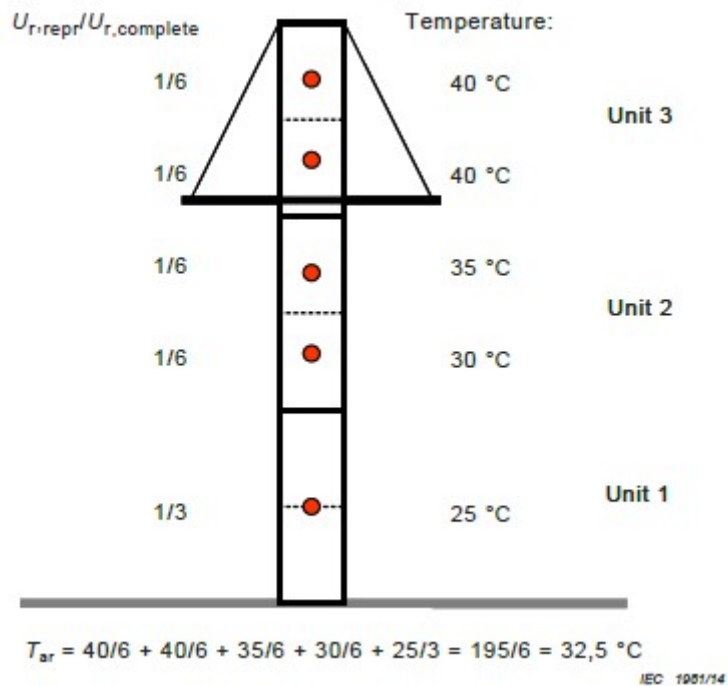


Рисунок J.1 – Визначення середньої температури
у випадку розрядників однакової номінальної напруги

Приклад, наведений на малюнку J.2, показує ту саму ситуацію у випадку, коли всі блоки мають різні номінальні напруги:

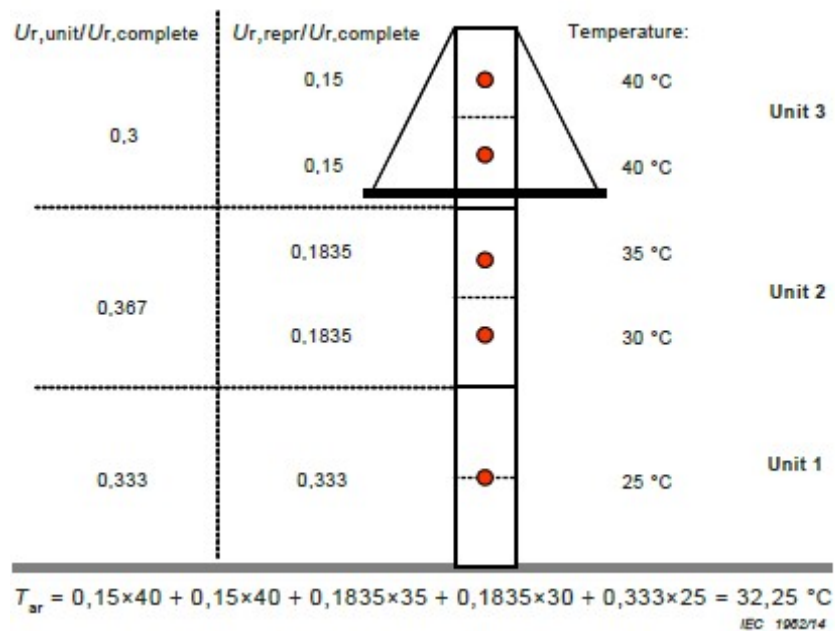


Рисунок J.2 – Визначення середньої температури
у разі розрядників різної номінальної напруги

Додаток К (довідковий)

Приклад розрахунку параметрів випробування для робочого випробування (8.7) згідно з вимогами 7.3

Технічні дані розрядника

- Номінальна напруга: U_r , розрядник = 198 кВ
- Мінімальна опорна напруга: U_{refmin} , розрядник = 194 кВ
- Тривала робоча напруга: U_c , розрядник = 154 кВ
- Рівень захисту від грозового імпульсу U_{pl} дорівнює максимальній залишковій напрузі при номінальному струмі розряду $I_n = 10$ кА: U_{pl} , розрядник = 475 кВ
- Мінімальна залишкова напруга при номінальному струмі розряду $I_n = 10$ кА:

U_{resmin} , розрядник = 460 кВ

- Номінальна теплова енергія: $W_{th} = 10$ кДж/кВ

Технічні характеристики металооксидних (МО) резисторів

- Діапазон залишкової напруги при 10 кА, 8/20 мкс: від 9,0 кВ до 10,0 кВ

Параметри випробувань секції розрядника

- Тестовий зразок, що складається з двох послідовно з'єднаних металооксидних резисторів ($N_{зразок} = 2$)
- Розрахунок номінальної напруги зразка $U_{г\text{ корр.}, зразок}$ згідно до 7.3 а)
– виконати вимогу мінімального об'єму МО резисторів з максимальним залишком напругою 10 кВ обрано мінімальну залишкову напругу розрядника:

$$- N_{arrester} = U_{resmin, розрядник} / U_{resmax, МО резистор} = 460 \text{ кВ} / 10 \text{ кВ} = 46$$

$$- n = N_{arrester} / N_{вибірка} = 46 / 2 = 23$$

$$- U_{г, зразок} = U_r, розрядник / n = 198 \text{ кВ} / 23 = 8,61 \text{ кВ}$$

– Виправлення згідно до 7,3 б)

$$- k = U_{refmin, розрядник} / U_r, розрядник = 194 \text{ кВ} / 198 \text{ кВ} = 0,98$$

$$- \text{виміряна еталонна напруга досліджуваного зразка (наприклад): } U_{ref, зразок} = 8,70 \text{ кВ}$$

$$- k \times U_r, розрядник / n = 0,98 \times 198 \text{ кВ} / 23 = 8,44 \text{ кВ}$$

$$- U_{ref, зразок} > k \times U_r, розрядник / n$$

$$- \text{Корекція: } n_{corr} = U_{refmin, розрядник} / U_{ref, зразок} = 194 \text{ кВ} / 8,70 \text{ кВ} = 22,3$$

$$- U_{г\text{ корр.}, вибірка} = U_r, розрядник / n_{кор} = 198 \text{ кВ} / 22,3 = 8,88 \text{ кВ}$$

- Розрахунок постійної робочої напруги зразка $U_{с, зразок}$ згідно до 7.3 д)

$$- U_{с, зразок} = (U_{с, розрядник} / U_r, розрядник) \times U_{г\text{ корр.}, зразок} = (154 \text{ кВ} / 198 \text{ кВ}) \times 8,88 \text{ кВ} = 6,91 \text{ кВ}$$

- Розрахунок необхідної інжекції теплової енергії

$$- W_{th, зразок} = W_{th} \times U_{г\text{ корр.}, зразок} = 10 \text{ кДж/кВ} \times 8,88 \text{ кВ} = 88,8 \text{ кДж}$$

Додаток L (довідковий)

Порівняння старої системи енергетичної класифікації на основі лінії класу розряду та нова система класифікації, заснована на рейтингах теплової енергії для робочих випробувань і рейтингах повторюваного перенесення заряду для повторюваних однократних енергій

Щоб продемонструвати здатність обробки енергії обмежувачами перенапруги «Довготривалий імпульс струму випробування на витримку» та «Випробування робочого режиму імпульсного перемикавання» мають проводитися відповідно до IEC 60099-4 ред. 2.2. «Випробування на витримку довготривалого імпульсу струму» має проводитися на одиничних металооксидних резисторах і, отже, це випробування, пов'язане з МО-резисторами. «Імпульс перемикавання при робочому режимі» повинен бути виконаний на пропорційних секціях – представлення електричної та теплової поведінки повного розрядника – для перевірки відновлення тепла після розсіювання енергії відповідно до конкретного класу розряду лінії. Таким чином, це пов'язано з характеристикою МО резистора та загальною конструкцією повного розрядника.

Параметри для випробування розряду старої лінії були визначені з наміром отримати збільшення енергії зі збільшенням класу розряду для розрядників із заданим відношенням залишкової напруги комутаційного імпульсу до номінальної напруги. Однак енергія, що розсіюється в досліджуваних зразках під час випробування, сильно залежить від фактичної залишкової напруги випробуваних МО-резисторів і, зокрема, для вищих класів розряду лінії 3-5, як показано на малюнку L.1. Таким чином, для оцінки енергії розряду важлива мінімальна залишкова напруга розрядника, а не вказана максимальна. Підвищуючи рівень захисту розрядника, наприклад, додавши більше МО-резисторів послідовно, енергія тестового розряду може бути зменшена та а вищий клас розряду лінії може бути заявлений для того ж типу резисторів. Тому важко порівняти фактичну здатність обробки енергії розрядником лише за номіналом розряду лінії, якщо фактична тестова енергія також не публікується.

Для довідки, Таблиця 4, Таблиця 5 і Рисунок E.1 з IEC 60099-4 ред. 2.2, які містять відповідну інформацію для цього обговорення, відтворюються тут як Таблиця L.1, Таблиця L.2 та Рисунок L.1 відповідно.

Таблиця L.1 – Пікові струми для випробування залишкової напруги комутаційного імпульсу
(Відтворення таблиці 4 IEC 60099-4:2009)

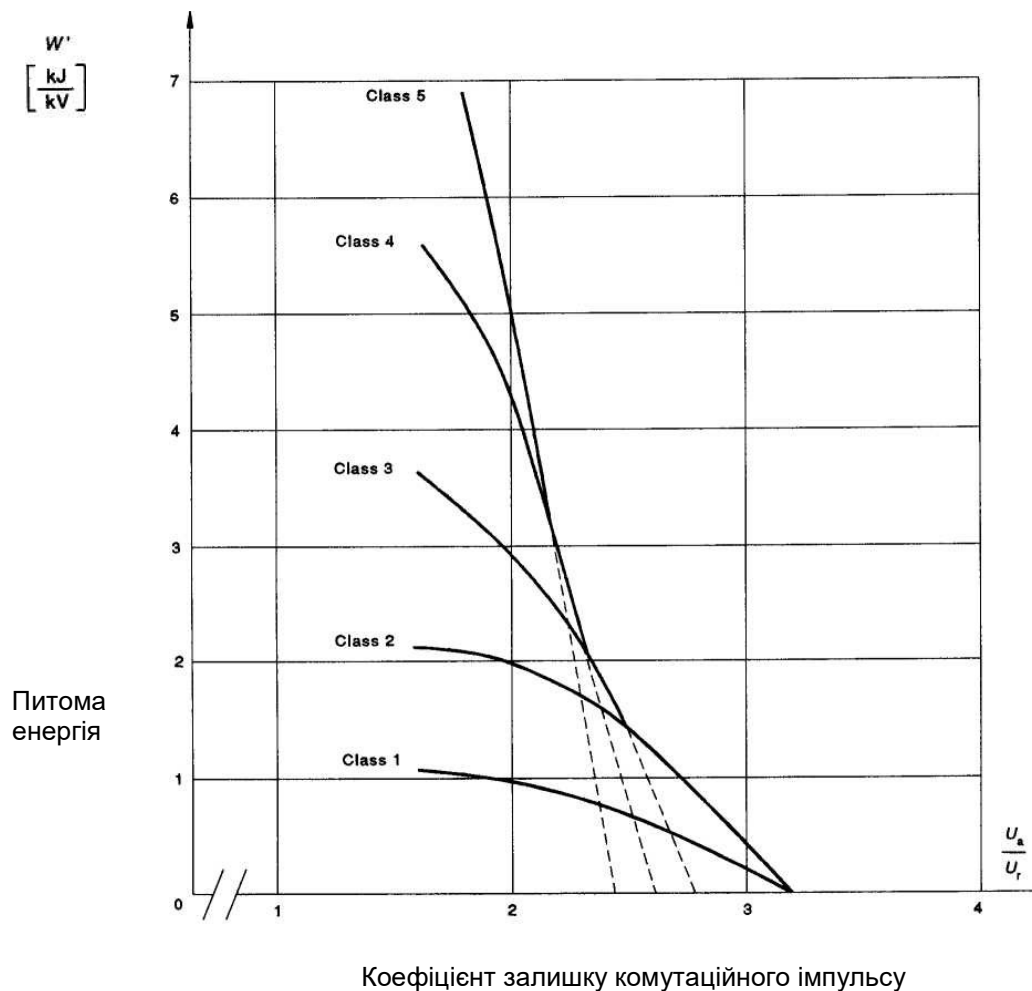
Класифікація розрядників	Пікові струми А
20 000 А, лінія розряду класів 4 та 5	500 та 2 000
10 000 А, лінія розряду класу 3	250 та 1 000
10 000 А, лінія розряду класів 1 та 2	125 та 500

Таблиця L.2 – Параметри для випробування лінійного розряду на розрядниках 20 000 А та 10 000 А
(Відтворення таблиці 5 IEC 60099-4:2009)

Розрядник класифікація	Клас розряду лінії	Перенапруга лінії Z Ω	Віртуальна тривалість піку T мкс	Напруга зарядки УЛ кВ постійного струму
10 000 А	1	4,9 U_r	2 000	3,2 U_r
10 000 А	2	2,4 U_r	2 000	3,2 U_r
10 000 А	3	1,3 U_r	2 400	2,8 U_r
20 000 А	4	0,8 U_r	2 800	2,6 U_r
20 000 А	5	0,5 U_r	3 200	2,4 U_r

U_r — номінальна напруга досліджуваного зразка в кіловольтах середньоквадратичне значення.

ПРИМІТКА. Класи від 1 до 5 відповідають зростаючим вимогам до розряду. Вибір відповідного класу розряду базується на системних вимогах і розглядається в Додатку Е.



Параметр: клас розряду лінії.

Рисунок L.1 – Питома енергія в кДж на кВ, що залежить від коефіцієнта перемикання імпульсна залишкова напруга (U_a) до середньоквадратичного значення номінальної напруги U_r розрядника
(Відтворення малюнка E.1 IEC 60099-4:2009)

Криві на рисунку L.1 отримані з формули

$$W' = \frac{U_{res}}{U_r} \left[\frac{U_L}{U_r} - \frac{U_{res}}{U_r} \right] \times \frac{U_r}{Z} \times T \quad (L.1)$$

де

- U_r — номінальна напруга (середньоквадратичне значення);
- U_L — напруга зарядки генератора;
- W' — питома енергія, що дорівнює енергії, поділеній на номінальну напругу;
- U_{res} — залишкова напруга при комутаційному імпульсному струмі (див. таблицю L.1);
- Z — імпульсний опір лінії;
- T — віртуальна тривалість поточного піку.

У новій системі класи лінійного розряду замінені номінальними значеннями заряду для перевірки повторюваної одноразової обробки енергії МО-резистора та енергетичними рейтингами для перевірки теплового відновлення розрядника після розсіювання енергії. Загалом у цьому додатку використовуються такі позначення:

- U_r Номінальна напруга
- LDC Клас розряду лінії LDC
- U_{pl} Рівень захисту від грозового імпульсу
- W енергії = $U_{res}(U_L - U_{res}) \cdot 1/Z \cdot T$ (необхідна мінімальна випробувальна енергія)
- $U_{resmax} (')$ максимальна залишкова напруга при заданому імпульсному струмі перемикачів згідно з таблицею L.1
- $U_{resmin} (')$ мінімальна залишкова напруга при заданому імпульсному струмі комутації I згідно з табл.L.1
- $U; L; Z;$ Параметри тесту згідно з таблицею L.2

Таблиця L.3 надає порівняння старого (IEC 60099-4:2009) і нового (IEC 60099-4, поточне видання) систем для типових системних конфігурацій.

ПРИМІТКА Інформація, наведена тут, не є нормативною, а надається для загальної ілюстрації для порівняння старих і нових систем. Енергія розряду в різних класах розряду лінії надається за такими припущеннями:

а) Максимальний рівень захисту від перенапруг комутації $U_{resmax} ('_{max}) = 2,0 \times U_r$ при максимальних струмах в таблиці L.1.

б) Мінімальний рівень захисту від перенапруг комутації $U_{resmin} ('_{max}) = 1,9 \times U_r$ при максимальних струмах в Таблиця L.1.

в) Мінімальна залишкова напруга $U_{resmin} ('_{min}) = 1,8 \times U_r$ при мінімальних струмах у таблиці L.1.

Потім наведено п'ять прикладів, щоб більш детально продемонструвати зв'язок між старою лінією класи розряду та нова класифікація з точки зору рейтингу теплової енергії, рейтингу повторного перенесення заряду та рівня захисту.

Таблиця L.3 – Порівняння системи класифікації згідно
відповідно до IEC 60099-4:2009 (вид. 2.2) та до IEC 60099-4:2014 (вид. 3.0)

Старий LDC	вимагається мінімум тест енергія ^a kJ/kV	Відповідний новий рейтинг теплової енергії згідно з 8.7.3 W^{th} kJ/kV	Розрахунковий струм при старий тест LD ^b A	Зарядити розраховані з тим же струмом і тривалістю, що і для старого LDC які дають необхідний мінімум енергії C	Відповідний новий повторний рейтинг передачі заряду згідно з 8.5.4 Q_{rs} C	Повторювані заряд передача тестового значення ($= 1,1 \times Q_{rs}$) C
1	1,0	2	277	0,56	0,5	0,55
2	2,1	4	538	1,10	1	1,10
3	3,3	7	721	1,78	1,6	1,76
4	5,0	10	962	2,75	2,4	2,64
5	6,9	14	1118	3,75	3,6	3,96
^a Розраховано за $U_{resmin} (I_{min}) = 1,8 \times U_r$ (див. рис. L.1).						
^b Розраховано на основі параметрів LD і б) і в) вище.						

Необхідно перевірити МО-резистори з найвищою прийнятною залишковою напругою в конструкції. Це може додатково знизити вибраний номінальний заряд.

Особливі приклади:

Приклад 1:

$$\begin{aligned}
 U_r &= 120 \text{ кВ} \\
 LDC &= 2 I_n = 10 \text{ кА} \\
 U_{pl} &= 300 \text{ кВ} \\
 U_{resmax} &(500 \text{ А}) = 233 \text{ кВ} (1,94 \times U_r) \\
 U_{resmin} &(500 \text{ А}) = 0,95 \times U_{resmax} (500 \text{ А}) = 221 \text{ кВ} \\
 U_{resmax} &(125 \text{ А}) = 220 \text{ кВ} \\
 U_{resmin} &(125 \text{ А}) = 0,95 \times U_{resmax} (125 \text{ А}) = 209 \text{ кВ}
 \end{aligned}$$

Розраховано:

- Мінімальна випробувальна енергія: $W = 254 \text{ кДж} \Rightarrow W/U_r = 2,12 \text{ кДж/кВ}$
- Застосовувати двічі під час робочого випробування перемикаючим імпульсом $\Rightarrow 4,24 \text{ кДж/кВ}$
- Рейтинг теплової енергії (новий) згідно з 8.7.3: $W_{th} = 4 \text{ кДж/кВ}$
- Сила струму на LD: $I = 558 \text{ А}$
- Заряд розраховується з тим самим струмом і тривалістю, що й для LD, щоб забезпечити необхідне мінімальна енергія: $Q = 1,14 \text{ С}$
- Рейтинг повторюваного перенесення заряду (новий) згідно з 8.5.4: $Q_{rs} = 1,2 \text{ С}$ (тобто тест значення $= 1,32 \text{ С}$)

Приклад 2:

$$\begin{aligned}
 U_r &= 120 \text{ кВ} \\
 LDC &= 3 I_n = 10 \text{ кА} \\
 U_{pl} &= 360 \text{ кВ} \\
 U_{resmax} &(1000 \text{ А}) = 289 \text{ кВ} (2,41 \times U_r)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 U_{\text{resmin}} (1000 \text{ A}) &= 0,95 \times U_{\text{resmax}} (1000 \text{ A}) = 274,6 \text{ кВ} \\
 U_{\text{resmax}} (250 \text{ A}) &= 270 \text{ кВ} \\
 U_{\text{resmin}} (250 \text{ A}) &= 0,95 \times U_{\text{resmax}} (250 \text{ A}) = 256,5 \text{ кВ}
 \end{aligned}$$

Розраховано:

- Мінімальна випробувальна енергія: $W_t = 313,7 \text{ кДж} \Rightarrow W/U_r = 2,61 \text{ кДж/кВ}$
- Застосовувати двічі під час робочого випробування перемикаючим імпульсом $\Rightarrow 5,22 \text{ кДж/кВ}$
- Номінальна теплова енергія (нова) згідно з 8.7.3: $W_{th} = 5 \text{ кДж/кВ}$
- Сила струму на LD: $I = 475 \text{ A}$
- Заряд розраховується з тим самим струмом і тривалістю, що й для LD, щоб забезпечити необхідне мінімальна енергія: $Q = 1,2 \text{ C}$
- Рейтинг повторюваного перенесення заряду (новий) згідно з 8.5.4: $Q_{rs} = 1,2 \text{ C}$ (тобто тест значення $= 1,32 \text{ C}$)

Приклади 1 і 2 показують, що розрядники з різними класами розряду лінії (2 і 3) призведуть до однакового рейтингу повторного перенесення заряду та майже однакового рейтингу теплової енергії при відповідній зміні рівня захисту від перемикаючих імпульсів. Також зауважте, що в прикладі 2

рівень захисту розрядника значно вищий за типові значення, яке використовується в таблиці L.1, що зменшує енергію розряду до типового значення для LDC 2.

Приклад 3:

$$\begin{aligned}
 U_r &= 120 \text{ кВ} \\
 \text{LDC} &= 3 \\
 I_n &= 10 \text{ кА} \\
 U_{pl} &= 300 \text{ кВ} \\
 U_{\text{resmax}} (1000 \text{ A}) &= 241 \text{ кВ} (2,01 \cdot U_r) \\
 U_{\text{resmin}} (1000 \text{ A}) &= 0,95 \times U_{\text{resmax}} (1000 \text{ A}) = 229,0 \text{ кВ} \\
 U_{\text{resmax}} (250 \text{ A}) &= 225 \text{ кВ} \\
 U_{\text{resmin}} (250 \text{ A}) &= 0,95 \times U_{\text{resmax}} (250 \text{ A}) = 213,8 \text{ кВ}
 \end{aligned}$$

Розраховано:

- Мінімальна випробувальна енергія: $W_t = 402,0 \text{ кДж} \Rightarrow W_t/U_r = 3,35 \text{ кДж/кВ}$
- Застосовувати двічі під час робочого випробування перемикаючим імпульсом $\Rightarrow 6,7 \text{ кДж/кВ}$
- Номінальна теплова енергія (нова) згідно з 8.7.3: $W_{th} = 7 \text{ кДж/кВ}$
- Сила струму на LD: $I = 722 \text{ A}$
- Заряд розраховується з тим самим струмом і тривалістю, що й для LD, щоб забезпечити необхідне мінімальна енергія: $Q = 1,8 \text{ C}$
- Рейтинг повторюваного перенесення заряду (новий) згідно з 8.5.4: $Q_{rs} = 1,6 \text{ C}$ або $Q_{rs} = 2,0 \text{ C}$ (тобто тестове значення $= 2,2 \text{ C}$)

Приклад 3, у порівнянні з прикладом 1, показує, що вищий клас розряду лінії призводить до вищих вимог до рейтингу повторного перенесення заряду та рейтингу теплової енергії, коли рівень захисту від перемикаючих імпульсів залишається незмінним.

Приклад 4:

U_r	= 420 кВ
LDC	= $5 I_n = 20$ кА
U_{pl}	= 1 100 кВ
U_{resmax} (2 000 А)	= 867 кВ ($2,06 \times U_r$)
U_{resmin} (2 000 А)	= $0,95 \times U_{resmax}$ (2 000 А) = 823,7 кВ
U_{resmax} (500 А)	= 810 кВ
U_{resmin} (500 А)	= $0,95 \times U_{resmax}$ (500 А) = 769,5 кВ

Розраховано:

Мінімальна випробувальна енергія: $W_t = 2797$ кДж $\Rightarrow W/U_r = 6,66$ кДж/кВ

Застосовувати двічі під час робочого випробування перемикаючим імпульсом $\Rightarrow 13,32$ кДж/кВ

Рейтинг теплової енергії (новий) згідно з 8.7.3: $W_{th} = 13$ кДж/кВ

Струм на LD: $I = 1042$ А

Заряд, розрахований з таким самим струмом і тривалістю, як для LD, щоб отримати необхідну мінімальну енергію: $Q = 3,54$ С

Рейтинг повторюваного перенесення заряду (новий) згідно з 8.5.4: $Q_{rs} = 3,6$ С (тобто тестове значення = 3,96 С)

Приклад 5:

U_r	= 420 кВ
LDC	= $5 I_n = 20$ кА
U_{pl}	= 1000 кВ
U_{resmax} (2 000 А)	= 788 кВ ($1,88 \times U_r$)
U_{resmin} (2 000 А)	= $0,95 \times U_{resmax}$ (2 000 А) = 748,6 кВ
U_{resmax} (500 А)	= 750 кВ
U_{resmin} (500 А)	= $0,95 \times U_{resmax}$ (500 А) = 712,5 кВ

Розраховано:

- Мінімальна випробувальна енергія: $W_t = 3208$ кДж $\Rightarrow W/U_r = 7,64$ кДж/кВ

- застосовувати двічі під час робочого випробування перемикаючим імпульсом $\Rightarrow 15,28$ кДж/кВ

- Номінальна тепла енергія (нова) згідно з 8.7.3: $W_{th} = 16$ кДж/кВ

- Сила струму на LD: $I = 1314$ А

- Заряд розраховується з тим самим струмом і тривалістю, що й для LD, щоб забезпечити необхідне

мінімальна енергія: $Q = 4,38$ С

- Рейтинг повторюваного перенесення заряду (новий) згідно з 8.5.4: $Q_{rs} = 4,4$ С (тобто тест значення = 4,84 С)

Як показано в прикладах 4 і 5, той самий клас розряду лінії призводить до різних номінальних значень теплової енергії та рейтингів повторюваного перенесення заряду залежно від рівня захисту від перемикаючих імпульсів. Також зауважте, що рівень захисту в прикладі 4 відносно високий для звичайного розрядника класу 5.

Бібліографія

IEC 60068-2-17 Основні процедури екологічних випробувань. Частина 2. Випробування. Випробування Q: Герметизація

IEC 60099-1 Розрядники перенапруги. Частина 1. Нелінійні розрядники резисторного типу для змінного струму. системи

IEC 60099-5:2013 Розрядники перенапруг. Частина 5. Рекомендації щодо вибору та застосування

IEC 60721-3-2 Класифікація умов навколишнього середовища. Частина 3. Класифікація груп параметрів навколишнього середовища та їх суворості. Розділ 2. Транспортування

IEC TS 60815-3 Вибір і визначення розмірів високовольтних ізоляторів, призначених для використання в забруднених умовах. Частина 3. Полімерні ізолятори для змінного струму. системи

IEC 62271-202:2006 Апаратура розподільна та контрольна високовольтна. Частина 202. Збірна підстанція високої/низької напруги

ISO 3274 Геометричні специфікації продукції (GPS) – Текстура поверхні: Профільний метод – Номінальні характеристики контактних (щупових) інструментів

IEEE C62.11:1999, стандарт металооксидних розрядників перенапруги для силових ланцюгів змінного струму (>1 кВ)