



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**КАБЕЛІ З ЕКСТРУДОВАНОЮ
ІЗОЛЯЦІЄЮ СИЛОВІ ТА АРМАТУРА
ДО НИХ НА НОМІНАЛЬНУ НАПРУГУ
ПОНАД 30 кВ ($U_m = 36$ кВ)
І ДО 150 кВ ($U_m = 170$ кВ)
ВКЛЮЧНО**

**Вимоги та методи випробування
(IEC 60840:2004, IDT)**

ДСТУ IEC 60840:2009

БЗ № 3–2009/473

Київ
ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ УКРАЇНИ
2015

ПЕРЕДМОВА

1 ВНЕСЕНО: Закрите акціонерне товариство завод «Південкабель» (ЗАТ завод «Південкабель»)

ПЕРЕКЛАД І НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ РЕДАГУВАННЯ: **Ю. Антонець**, канд. техн. наук; **Л. Василюк**, канд. техн. наук (науковий керівник); **В. Золотарьов**, канд. техн. наук; **В. Карпушенко**, канд. екон. наук; **Є. Чопов**; **О. Чульсєва**

2 НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Держспоживстандарту України від 12 березня 2009 р. № 108 з 2011–01–01

3 Національний стандарт відповідає ІЕС 60840:2004 Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV) up to 150 kV ($U_m = 170$ kV) — Test methods and requirements (Кабелі з екструдованою ізоляцією силові та арматура до них на номінальну напругу понад 30 кВ ($U_m = 36$ кВ) і до 150 кВ ($U_m = 170$ кВ) включно. Методи випробування та вимоги)

Ступінь відповідності — ідентичний (IDT)

Переклад з англійської (en)

4 УВЕДЕНО ВПЕРШЕ

Право власності на цей документ належить державі.

Відтворювати, тиражувати та розповсюджувати його повністю або частково на будь-яких носіях інформації без офіційного дозволу заборонено.

Стосовно врегулювання прав власності треба звертатися до Держспоживстандарту України

Держспоживстандарт України, 2015

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей стандарт є тотожний переклад ІЕС 60840:2004 Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV) up to 150 kV ($U_m = 170$ kV) — Test methods and requirements (Кабелі з екструдованою ізоляцією силові та арматура до них на номінальну напругу понад 30 кВ ($U_m = 36$ кВ) і до 150 кВ ($U_m = 170$ кВ) включно. Методи випробування та вимоги).

Технічний комітет, відповідальний за цей стандарт, — ТК 131 «Електроізоляційна та кабельна техніка».

Стандарт містить вимоги, які відповідають чинному законодавству України.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- назву стандарту наведено згідно з вимогами національної стандартизації України;
- структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмова», «Національний вступ», першу сторінку, «Терміни та визначення понять» і «Бібліографічні дані» — оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;
- слова «Цей міжнародний стандарт» та «Цей документ» замінено на «Цей стандарт»;
- у розділі 2 та «Бібліографії» наведено «Національне пояснення», виділене в тексті рамкою. ІЕС 60811-1-1; ІЕС 60811-1-2; ІЕС 60811-1-3; ІЕС 60811-1-4; ІЕС 60811-2-1; ІЕС 60811-3-1; ІЕС 60811-3-2 та ІЕС 60811-4-1, на які є посилання в цьому стандарті, прийнято в Україні як ідентичні національні стандарти. На основі ІЕС 60332-1:1993 розроблено два стандарти: ДСТУ 2910–94 (ГОСТ 30270–95) та ДСТУ 4216–2003. Перелік стандартів, прийнятих в Україні, наведено в додатку НА. Решту стандартів в Україні не прийнято і чинних нормативних документів натомість немає.

Копії нормативних документів, на які є посилання в цьому стандарті, можна замовити в Головному фонді нормативних документів.

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

**КАБЕЛІ З ЕКСТРУДОВАНОЮ ІЗОЛЯЦІЄЮ СИЛОВІ
ТА АРМАТУРА ДО НИХ НА НОМІНАЛЬНУ НАПРУГУ
ПОНАД 30 кВ ($U_m = 36$ кВ) І ДО 150 кВ ($U_m = 170$ кВ)
ВКЛЮЧНО**

Вимоги та методи випробування

**КАБЕЛИ С ЭКСТРУДИРОВАННОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ СИЛОВЫЕ
И АРМАТУРА К НИМ НА НОМИНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ
СВЫШЕ 30 кВ ($U_m = 36$ кВ) И ДО 150 кВ ($U_m = 170$ кВ)
ВКЛЮЧИТЕЛЬНО**

Требования и методы испытаний

**POWER CABLES WITH EXTRUDED INSULATION
AND THEIR ACCESSORIES FOR RATED VOLTAGES
ABOVE 30 kV ($U_m = 36$ kV) UP TO 150 kV ($U_m = 170$ kV)**

Requirements and test methods

Чинний від 2011-01-01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт установлює вимоги та методи випробування для силових кабельних систем для стаціонарного прокладання на номінальну напругу понад 30 кВ ($U_m = 36$ кВ) і до 150 кВ ($U_m = 170$ кВ) включно. В окремих розділах стандарту розглядають також кабелі й арматуру.

Вимоги застосовують до одножильних кабелів і до трижильних кабелів з окремими екранами по кожній жилі й до їхньої арматури за звичайних умов прокладання та експлуатування, але їх не застосовують до спеціальних кабелів і до їхньої арматури, таких як підводні кабелі, для яких необхідно внести зміни в стандартні випробування та розробити особливі умови випробування.

Стандарт не поширюється на перехідні з'єднувачі між кабелями з екструдованою ізоляцією та кабелями з паперовою ізоляцією.

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

Наведені нижче нормативні документи потрібні для застосування цього стандарту. У разі датованих посилань застосовують тільки наведені видання. У разі недатованих посилань треба користуватись останнім виданням наведених документів (разом зі змінами).

IEC 60060-1:1989 High-voltage test techniques — Part 1: General definitions and test requirements

IEC 60183:1984 Guide to the selection of high-voltage cables

IEC 60228:1978 Conductors of insulated cables

IEC 60229:1982 Tests on cable oversheaths which have a special protective function and are applied by extrusion

IEC 60230:1966 Impulse tests on cables and their accessories

IEC 60287-1-1:1994 Electric cables — Calculation of the current rating — Part 1: Current rating equations (100 % load factor) and calculation of losses — Section 1: General

IEC 60332-1:1993 Tests on electric cables under fire conditions — Part 1: Test on a single vertical insulated wire or cable

IEC 60811-1-1:1993 Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables — Part 1: Methods for general application — Section 1: Measurement of thickness and overall dimensions — Tests for determining the mechanical properties

IEC 60811-1-2:1985 Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables — Part 1: Methods for general application — Section 2: Thermal ageing methods

IEC 60811-1-3:1993 Insulating and sheathing materials of electric cables — Common test methods — Part 1: General application — Section 3: Methods for determining the density — Water absorption tests — Shrinkage test

IEC 60811-1-4:1985 Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables — Part 1: Methods for general application — Section 4: Tests at low temperature

IEC 60811-2-1:1998 Insulating and sheathing materials of electric and optical cables — Common test methods — Part 2-1: Methods specific to elastomeric compounds — Ozone resistance, hot set and mineral oil immersion tests

IEC 60811-3-1:1985 Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables — Part 3: Methods specific to PVC compounds — Section 1: Pressure test at high temperature — Tests for resistance to cracking

IEC 60811-3-2:1985 Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables — Part 3: Methods specific to PVC compounds — Section 2: Loss of mass test — Thermal stability test

IEC 60811-4-1:1985 Common test methods for insulating and sheathing materials of electric cables — Part 4: Methods specific to polyethylene and polypropylene compounds — Section 1: Resistance to environmental stress cracking — Wrapping test after thermal ageing in air — Measurement of the melt flow index — Carbon black and/or mineral content measurement in PE

IEC 60885-3:1988 Electrical test methods for electric cables — Part 3: Test methods for partial discharge measurements on lengths of extruded power cables

ISO 48:1994 Rubber vulcanized or thermoplastic — Determination of hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD).

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

IEC 60060-1:1989 Методики випробування високою напругою. Частина 1. Загальні визначення та вимоги до випробування

IEC 60183:1984 Настанова з вибирання високовольтих кабелів

IEC 60228:1978 Струмopрoвідні жили ізольованих кабелів

IEC 60229:1982 Випробування зовнішніх екстpудованих оболонok кабелів, що виконують спеціальну захисну функцію

IEC 60230:1966 Випробування імпульсною напругою кабелів й арматури до них

IEC 60287-1-1:1994 Електричні кабелі. Обчислення номінального струмового навантаження. Частина 1. Формула для обчислення номінального струмового навантаження (100-відсотковий коефіцієнт струмового навантаження) й обчислення втрат. Розділ 1. Загальні положення

IEC 60332-1:1993 Випробування електричних кабелів на поширення полум'я. Частина 1. Випробування одиночного вертикально розташованого ізольованого проводу чи кабелю

IEC 60811-1-1:1993 Загальні методи випробування матеріалів ізоляції й оболонok електричних кабелів. Частина 1. Методи загального застосування. Розділ 1. Вимірювання товщини та зовнішніх розмірів. Випробування для визначення механічних властивостей

IEC 60811-1-2:1985 Загальні методи випробування матеріалів ізоляції й оболонok електричних кабелів. Частина 1. Методи загального застосування. Розділ 2. Методи теплового старіння

IEC 60811-1-3:1993 Загальні методи випробування матеріалів ізоляції й оболонok електричних кабелів. Частина 1. Методи загального застосування. Розділ 3. Методи визначання густини. Випробування на водовбирання. Випробування на зсідання

ІЕС 60811-1-4:1985 Загальні методи випробування матеріалів ізоляції й оболонки електричних кабелів. Частина 1. Методи загального застосування. Розділ 4. Випробування за низької температури

ІЕС 60811-2-1:1998 Загальні методи випробування матеріалів ізоляції й оболонки електричних кабелів. Частина 2-1. Спеціальні методи випробування еластомерних композицій. Випробування на озоностійкість, теплову деформацію та стійкість до дії мінеральної оливи

ІЕС 60811-3-1:1985 Загальні методи випробування матеріалів ізоляції й оболонки електричних кабелів. Частина 3. Спеціальні методи випробування полівінілхлоридних композицій. Розділ 1. Випробування під тиском за високої температури. Випробування на стійкість до розтріскування

ІЕС 60811-3-2:1985 Загальні методи випробування матеріалів ізоляції й оболонки електричних кабелів. Частина 3. Спеціальні методи випробування полівінілхлоридних композицій. Розділ 2. Випробування для визначення втрати маси. Випробування на термостійкість

ІЕС 60811-4-1:1985 Загальні методи випробування матеріалів ізоляції й оболонки електричних кабелів. Частина 4. Спеціальні методи випробування поліетиленових і поліпропіленових композицій. Розділ 1. Стійкість до розтріскування за дії навколишнього середовища. Випробування навиванням після теплового старіння на повітрі. Визначення показника текучості розплаву. Вимірювання вмісту сажі та/чи мінерального наповнювача в поліетилені

ІЕС 60885-3:1988 Методи електричних випробувань електричних кабелів. Частина 3. Методи випробування з вимірювання часткових розрядів на довжинах силових екструдованих кабелів

ISO 48:1994 Гума вулканізована чи термопластична. Визначення твердості (твердість від 10 IRHD до 100 IRHD).

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

У цьому стандарті вжито такі терміни та визначення позначених ними понять.

3.1 Визначення розмірних параметрів (товщина, переріз тощо)

3.1.1 номінальне значення (*nominal value*)

Значення, яким визначають величину параметра і часто застосовують у таблицях.

Примітка. Зазвичай, у цьому стандарті, номінальні значення — це значення, які перевіряють вимірюваннями з урахуванням установлених граничних відхилів

3.1.2 медіанне значення (*median value*)

Після того як одержані результати розташовують у ряд у порядку зростання (або спадання) числових значень і визначають медіанне значення, яке міститься в середині ряду, якщо кількість одержаних результатів непарна, або є усередненим значенням із двох, які містяться в середині ряду, якщо кількість результатів парна.

3.2 Визначення щодо випробування

3.2.1 приймально-здавальні випробування (*routine tests*)

Випробування, які виконує виробник на кожній будівельній довжині кабелю або на кожному виді арматури для перевіряння відповідності встановленим вимогам

3.2.2 випробування зразків (*sample tests*)

Випробування, які виконує виробник на зразках готового кабелю або на конструктивних елементах, узятих від готового кабелю, або арматури, зі встановленою періодичністю для перевіряння відповідності готового виробу встановленим вимогам

3.2.3 випробування типу (*type tests*)

Випробування, які виконує виробник на стадії постановки на виробництво кабелю згідно з цим стандартом для забезпечення гарантії відповідності його експлуатаційних характеристик встановленим вимогам. Після випробування типу немає потреби в їхньому повторенні, доки не буде внесено змін у застосовані матеріали кабелю чи арматури, конструкцію кабелю чи технологію виготовлення, які можуть змінити його експлуатаційні характеристики

3.2.4 електричні випробування після прокладання (*electrical tests after installation*)

Випробування, які виконують для перевіряння цілісності кабельної системи після прокладання.

3.3 кабельна система (*cable system*)

Кабель, оснащений арматурою

3.4 номінальне електричне напруження (*nominal electrical stress*)

Електричне напруження, обчислене за U_0 із застосуванням номінальних розмірів.

4 ПОЗНАЧЕННЯ НАПРУГИ ТА МАТЕРІАЛІВ

4.1 Номінальна напруга

У цьому стандарті умовні позначки U_0 , U та U_m використано для подання номінальних напруг кабелів й арматури, значення цих умовних позначок наведено в ІЕС 60183.

4.2 Ізоляційні матеріали для кабелів

Цей стандарт застосовують для кабелів, ізольованих одним із матеріалів, наведених у таблиці 1. У ній також наведено для кожного типу ізоляційної композиції максимальну робочу температуру нагрівання жили, що є основою для встановлених умов випробування.

4.3 Матеріали для зовнішніх оболонок кабелів

Випробування, установлені для наведених нижче чотирьох типів зовнішніх оболонок:

— ST₁ та ST₂ — на основі полівінілхлориду;

— ST₃ та ST₇ — на основі поліетилену.

Вибирання типу зовнішньої оболонки залежить від конструкції кабелю, механічних та теплових впливів протягом прокладання й експлуатування.

Максимальну температуру нагрівання жили в нормальному режимі експлуатування для різних типів матеріалів зовнішніх оболонок кабелів, розглянутих у цьому стандарті, наведено в таблиці 2.

5 ЗАХИСНІ ЗАСОБИ ВІД ПРОНИКНЕННЯ ВОДИ В КАБЕЛІ

Якщо кабельні системи прокладено в землі, тунелях, що легко затоплюються, або у воді, то рекомендують радіально водонепроникний захисний бар'єр навколо кабелю.

Примітка. На цей час немає випробування на радіальне проникнення води.

Можна також застосовувати поздовжній водонепроникний захисний бар'єр навколо кабелю, щоб уникнути необхідної заміни великих відрізків кабелю в разі пошкодження за наявності води.

Випробування на поздовжнє проникнення води наведено у 12.4.18.

6 ПАРАМЕТРИ КАБЕЛЮ

Для випробування на кабельній системі, розглянутій у цьому стандарті, та реєстрація результатів кабелі треба ідентифікувати. Наведені нижче параметри має бути відомо чи оголошено.

а) Назва виробника, тип, позначка і дата виготовлення або код дати.

б) Номінальна напруга: значення має бути наведено для U_0 , U , U_m (див. 4.1 та 8.4).

с) Тип жили, її матеріал та номінальну площу поперечного перерізу в квадратних міліметрах. Якщо номінальна площа поперечного перерізу не відповідає вимогам ІЕС 60228, то має бути зазначено опір жили постійному струму. Можлива наявність і характер заходів, ужитих для забезпечення поздовжньої герметичності.

д) Матеріал і номінальна товщина ізоляції (див. 4.2). Якщо ізоляцію виконано зі зшитого поліетилену (XLPE), то треба зазначити спеціальні добавки, якщо застосовують вище значення tg δ , наведено в таблиці 3.

е) Технологія виготовлення системи ізоляції.

ф) Можлива наявність і характер заходів для забезпечення герметичності екрана.

г) Матеріал і конструкція металевого екрана, наприклад кількість і діаметр дротів. Має бути зазначено опір постійному струму металевого екрана. Матеріал, конструкція та номінальна товщина металевої оболонки або поздовжньо накладеної металевої фольги, за наявності.

- h) Матеріал і номінальна товщина зовнішньої оболонки.
- i) Номінальний діаметр струмопровідної жили (d).
- j) Номінальний зовнішній діаметр кабелю (D).
- k) Внутрішній і зовнішній номінальні діаметри ізоляції.
- l) Номінальна ємність між жилою та металевим екраном чи оболонкою.

7 ПАРАМЕТРИ АРМАТУРИ

Для випробування на кабельних системах або арматурі, розглянутих у цьому стандарті, та реєстрації результатів арматуру треба ідентифікувати. Наведені нижче параметри має бути відомо чи оголошено.

- a) Кабелі, застосовані для випробування арматури, має бути правильно ідентифіковано, як зазначено в розділі 6.
- b) Має бути правильно визначено, яку арматуру використано для з'єднання жили, стосовно:
 - техніки монтування;
 - інструменту, матриці й необхідного устаткування;
 - підготування контактних поверхонь;
 - типу, посилання на номер і будь-яку іншу ідентифікацію з'єднувача;
 - докладної процедури затвердження типу під час випробування типу з'єднувачів.
- c) Випробну арматуру має бути правильно визначено:
 - назву виробника;
 - тип, позначки, дату виготовлення або код дати;
 - номінальну напругу (див. 6b));
 - інструкції щодо встановлення (посилання і дата).

8 УМОВИ ВИПРОБУВАННЯ

8.1 Температура навколишнього середовища

Якщо не зазначено інакше для кожного окремого випробування, то випробування треба проводити за температури навколишнього середовища (20 ± 15) °C.

8.2 Частота і форма хвилі випробної напруги промислової частоти

Якщо не зазначено інакше, то частота випробної напруги змінного струму має перебувати в діапазоні від 49 Гц до 61 Гц. Форма хвилі цієї напруги має бути майже синусоїдальною. Наведені значення є середньоквадратичними значеннями.

8.3 Форма хвилі випробної імпульсної напруги грозового розряду

Згідно з ІЕС 60230 стандартна тривалість наростання напруги грозового розряду має перебувати в діапазоні від 1 мкс до 5 мкс. Тривалість до половини максимального значення має становити (50 ± 10) мкс, як визначено в ІЕС 60060-1.

8.4 Залежність між випробною та номінальною напругами

Якщо випробну напругу встановлено в цьому стандарті як кратну номінальній напрузі U_0 , то значення U_0 для визначення випробної напруги має відповідати наведеному в таблиці 4.

Для кабелів й арматури, номінальну напругу яких не наведено в таблиці, значення U_0 для визначення випробної напруги може бути вибрано найближче до номінальної напруги, наведеної за умови, що значення U_m для кабелю й арматури не повинно бути більше, ніж відповідне значення з таблиці. В іншому разі й зокрема, якщо номінальна напруга не наближається до одного зі значень у таблиці, то значення U_0 , що є основою випробної напруги, має дорівнювати номінальному значенню, тобто U , поділеному на $\sqrt{3}$.

Випробну напругу, зазначену в цьому стандарті, ґрунтовано на припущенні, що кабелі й арматуру застосовують у мережах категорії А чи В, як визначено в ІЕС 60183.

8.5 Визначення температури струмопровідної жили кабелю

Для визначення фактичної температури струмопровідної жили рекомендовано застосовувати один із методів випробування, наведених у додатку А.

9 ПРИЙМАЛЬНО-ЗДАВАЛЬНІ ВИПРОБУВАННЯ КАБЕЛІВ Й ОСНОВНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ГОТОВОЇ АРМАТУРИ

9.1 Загальні положення

Наведені нижче випробування має бути проведено на всіх будівельних довжинах кабелю:

- a) випробування на часткові розряди (див. 9.2);
- b) випробування напругою (див. 9.3);
- c) електричне випробування зовнішньої оболонки кабелю, за потреби (див. 9.4).

Послідовність цих випробувань установлює виробник.

Основна ізоляція кожної готової арматури має витримати випробування на часткові розряди (див. 9.2) та випробування напругою (див. 9.3) відповідно до одного з варіантів 1), 2) або 3), наведених нижче:

- 1) на арматурі, встановленій на кабелі;
- 2) використовуючи арматуру, в яку введено випробний елемент замість елемента, відповідного цій арматурі;
- 3) використовуючи моделювальний пристрій арматури, в якому відтворено умови електричного напруження елемента основної ізоляції.

У варіантах 2) та 3) випробну напругу треба вибирати так, щоб одержати електричні напруження, принаймні такі самі, як ті, що буде прикладено до елемента в готовій арматурі, до якої прикладено випробну напругу, встановлену в 9.2 та 9.3.

Примітка. Основна ізоляція готової арматури містить елементи, які перебувають у безпосередньому контакті з ізоляцією кабелю та необхідні для контролювання розподілу електричного напруження в арматурі; потрібен обов'язковий контроль розподілу електричного поля в арматурі. Прикладами можуть слугувати ізоляційні елементи з еластомеру або епоксидної смоли, заздалегідь виготовлені на заводі або відлиті, які можна використовувати окремо або в поєднанні, з тим щоб забезпечити необхідну ізоляцію або екранування арматури.

9.2 Випробування на часткові розряди

Випробування на часткові розряди має бути виконано згідно з ІЕС 60885-3 для кабелів, за винятком того, що чутливість така, як її визначено в ІЕС 60885-3, має бути 10 пКл або вище. Випробування арматури виконують за тими самими принципами, але чутливість має бути 5 пКл або вище.

Випробну напругу треба підвищувати поступово й утримувати на рівні $1,75 U_0$ протягом 10 с, потім повільно зменшувати до рівня $1,5 U_0$ (див. таблицю 4, колонку 5).

На рівні $1,5 U_0$ не має бути зафіксовано розряду, який надійшов від випробуваного об'єкта, що перевищує оголошену чутливість.

9.3 Випробування напругою

Випробування напругою має бути виконано за температури навколишнього середовища із застосуванням випробної напруги змінного струму промислової частоти.

Випробну напругу треба підвищувати поступово до рівня $2,5 U_0$ (див. таблицю 4, колонку 4) і потім утримувати на цьому рівні протягом 30 хв між жилою та металевими екраном чи оболонкою. Не повинно бути пробою ізоляції.

9.4 Електричне випробування зовнішньої оболонки кабелю

Якщо потрібно за окремим договором, то виконують електричне випробування зовнішньої оболонки кабелю відповідно до розділу 3 ІЕС 60229.

10 ВИПРОБУВАННЯ ЗРАЗКІВ КАБЕЛІВ

10.1 Загальні положення

Має бути виконано наведені нижче випробування на зразках, відібраних як представники від партії; для випробування відповідно до b) та g) це можуть бути довжини кабелю на барабані:

- a) перевіряння струмопровідної жили (див. 10.4);
- b) вимірювання електричного опору струмопровідної жили та металевого екрана (див. 10.5);
- c) вимірювання товщини ізоляції та зовнішньої оболонки (див. 10.6);
- d) вимірювання товщини металеві оболонки (див. 10.7);
- e) вимірювання діаметрів, за потреби (див. 10.8);

- f) випробування на теплову деформацію ізоляції зі зшитого поліетилену (XLPE), етиленпропіленової гуми (EPR) та високомодульної етиленпропіленової гуми (HEPR) (див. 10.9);
- g) вимірювання ємності (див. 10.10);
- h) вимірювання густини ізоляції з поліетилену високої густини (HDPE) (див. 10.11);
- i) випробування на водонепроникність, якщо застосовно (див. 12.4.18).
- j) випробування на елементах кабелів із поздовжньо накладеною металевую фольгою (див. 12.4.19).

10.2 Періодичність випробування

Випробування на зразках відповідно до 10.1 а) — h) виконують на одній довжині від кожної партії (виробничої серії) кабелів одного типу та поперечного перерізу, у цьому разі кількість випробних довжин має бути не більше ніж 10 % від загального числа довжин, що постачають за даним контрактом. Число довжин округлюють до найближчого цілого числа.

Випробування відповідно до 10.1 i) та j) виконують із періодичністю, прийнятою в домовленостях за контролем якості. Якщо таких домовленостей немає, то виконують одне випробування за довжини кабелю понад 20 км, що постачають за контрактами.

10.3 Повторні випробування

Якщо один із відібраних зразків на будь-якій довжині не дає задовільних результатів в одному з наведених у 10.1 випробувань, то має бути відібрано нові зразки на двох інших довжинах кабелю з тієї самої партії, і вони мають пройти ті самі випробування, у яких на першому зразку виявлено дефекти. Якщо результати випробування на цих двох довжинах задовільні, то всю партію кабелів, з якої їх відібрано, розглядають як таку, що відповідає вимогам цього стандарту. Якщо одна з цих довжин кабелю має дефекти, то партію кабелів розглядають як таку, що не відповідає вимогам.

10.4 Перевіряння струмопровідної жили

Перевіряння відповідності конструкції жили вимогам ІЕС 60228 чи оголошеної конструкції виконують зовнішнім огляданням або вимірюванням, по можливості.

10.5 Вимірювання електричного опору жили й металевого екрана

Довжину кабелю або зразок від неї розміщують у випробній камері й витримують за сталої температури не менше ніж 12 год перед випробуванням. У разі невпевненості щодо збігу температури жили або металевого екрана з температурою в камері опір вимірюють після витримання кабелю у випробній камері не менше ніж 24 год. Як варіант опір вимірюють на зразку жили або металевого екрана, витримавши його не менше ніж 1 год у ванні з рідиною та регульованою температурою.

Опір жили або металевого екрана постійному струму має бути приведено до температури 20 °С та довжини 1 км із використанням формул і коефіцієнтів, наведених в ІЕС 60228. Для екранів не з міді або алюмінію температурні коефіцієнти й формули поправок треба враховувати відповідно до таблиці 1 та 2.1.1 ІЕС 60287-1-1.

Опір жили постійному струму за температури 20 °С не повинен бути більше ніж відповідне максимальне значення, наведене в ІЕС 60228, або оголошене значення.

Опір металевого екрана постійному струму за 20 °С не повинен бути більше ніж оголошене значення.

10.6 Вимірювання товщини ізоляції та зовнішньої оболонки кабелю

10.6.1 Загальні положення

Метод випробування має відповідати наведеному в розділі 8 ІЕС 60811-1-1.

Від кожної відібраної для випробування будівельної довжини кабелю беруть від кінця зразок кабелю та за потреби видаляють пошкоджені частини.

10.6.2 Вимоги до ізоляції

Найменше значення товщини, одержане під час вимірювання, не повинно бути менше ніж 90 % від номінальної товщини:

$$t_{\min} \geq 0,90 t_n,$$

окрім того:

$$\frac{t_{\max} - t_{\min}}{t_{\max}} \leq 0,15,$$

де t_{\max} — максимальна товщина, мм;

t_{\min} — мінімальна товщина, мм;

t_n — номінальна товщина, мм.

Примітка. t_{\max} та t_{\min} — значення, виміряні на одному й тому самому поперечному перерізі ізоляції.

Товщина напівпровідних екранів на жилі й ізоляції не повинна входити в товщину ізоляції.

10.6.3 Вимоги до зовнішньої оболонки кабелю

Найменше значення з вимірних значень товщини не повинно зменшуватися більше ніж на 0,1 мм від 85 % від номінальної товщини:

$$t_{\min} \geq 0,85 t_n - 0,1,$$

де t_{\min} — мінімальна товщина, мм;

t_n — номінальна товщина, мм.

Окрім того, для оболонок, накладених на практично гладку поверхню, середнє значення з вимірних значень, округлене до 0,1 мм згідно з додатком В, не повинно бути менше ніж номінальна товщина.

Останню вимогу не застосовують до оболонок, накладених на нерівну поверхню, наприклад, утворену металевими екранами дротів та проводів або на металеві гофровані оболонки.

10.7 Вимірювання товщини металеві оболонки

Якщо кабель має металеву оболонку зі свинцю, свинцевого сплаву або алюмінію, то виконують наведені нижче випробування.

10.7.1 Оболонка зі свинцю або свинцевого сплаву

Мінімальна товщина оболонки не повинна зменшуватися більше ніж на 0,1 мм від 95 % від номінальної товщини:

$$t_{\min} \geq 0,95 t_n - 0,1.$$

Вимірювання товщини оболонки на вибір виробника виконують одним із наведених нижче методів.

10.7.1.1 Метод вимірювання на плоскому зразку

Вимірювання виконують із застосуванням мікрометра з плоскими щічками, діаметром щупів від 4 мм до 8 мм і похибкою вимірів $\pm 0,01$ мм.

Вимірювання виконують на випробному зразку оболонки завдовжки приблизно 50 мм, відібраному від готового кабелю. Зразок розрізають поздовжньо до осі, потім ретельно випрямляють. Після очищення випробного зразка товщину зразка вимірюють уздовж кола оболонки не менше ніж у 10 мм від краю випрямленого зразка в достатньо великій кількості точок, щоб упевнитися, що визначено мінімальну товщину.

10.7.1.2 Вимірювання на зразку у вигляді кільця

Вимірювання виконують із застосуванням мікрометра, що має або одну пласку, а іншу сферичну щічку, або одну пласку, а іншу прямокутну щічку завширшки 0,8 мм та завдовжки 2,4 мм. Сферичну або прямокутну щічку має бути прикладено до внутрішньої поверхні кільця. Похибка мікрометра має становити $\pm 0,01$ мм.

Вимірювання виконують на кільці оболонки, ретельно відрізаному від зразка. Товщину вимірюють у достатній кількості точок по колу кільця, щоб упевнитися, що визначено мінімальну товщину.

10.7.2 Гладка чи гофрована алюмінієва оболонка

Мінімальна товщина оболонки не повинна зменшуватися більше ніж на 0,1 мм від 90 % від номінальної товщини для гладкої алюмінієвої оболонки:

$$t_{\min} \geq 0,9 t_n - 0,1$$

та зменшуватися більше ніж на 0,1 мм від 85 % від номінальної товщини для гофрованої алюмінієвої оболонки:

$$t_{\min} \geq 0,85 t_n - 0,1.$$

Вимірювання виконують із застосуванням мікрометра, що має сферичні щічки радіусом приблизно 3 мм. Похибка має становити $\pm 0,01$ мм.

Вимірювання виконують на кільці оболонки завширшки приблизно 50 мм, ретельно відрізаних від готового кабелю. Товщину вимірюють у достатній кількості точок по колу кільця, щоб упевнитися, що визначено мінімальну товщину.

10.8 Вимірювання діаметра

Якщо покупець вимагає, щоб було виміряно діаметр жили та/або зовнішній діаметр кабелю, то вимірювання виконують відповідно до 8.3 ІЕС 60811-1-1.

10.9 Випробування на теплову деформацію ізоляції зі зшитого поліетилену (XLPE), етиленпропіленової гуми (EPR) та високомодульної етиленпропіленової гуми (HEPR)

10.9.1 Метод випробування

Відбирання зразків і метод випробування мають відповідати розділу 9 ІЕС 60811-2-1, а умови випробування наведено в таблиці 8.

Випробні зразки відбирають у тій частині ізоляції, де ступінь зшивання розглядають як найслабкіший для використовуваного процесу зшивання.

10.9.2 Вимоги

Результати випробування мають відповідати вимогам, наведеним у таблиці 8.

10.10 Вимірювання ємності

Ємність зразка вимірюють між жилою та металевим екраном/оболонкою.

Вимірне значення не повинно перевищувати більше ніж на 8 % номінальне значення, оголошене виробником.

10.11 Визначення густини ізоляції з поліетилену високої густини (HDPE)

10.11.1 Метод випробування

Густину ізоляції з поліетилену високої густини (HDPE) має бути виміряно відповідно до розділу 8 ІЕС 60811-1-3, де встановлено вимоги до відбирання зразків і методу випробування.

10.11.2 Вимоги

Результати випробування мають відповідати вимогам, наведеним у таблиці 8.

11 ВИПРОБУВАННЯ ЗРАЗКІВ АРМАТУРИ

11.1 Випробування елементів конструкції арматури

Характеристики кожного елемента конструкції арматури перевіряють відповідно до технічних умов виробника арматури або за протоколами випробування від постачальника цього елемента арматури, або внутрішніми випробуваннями.

Виробник цієї арматури має подати перелік випробувань, які виконують на кожному елементі конструкції арматури з настановою про періодичність кожного випробування. Елементи перевіряють на відповідність кресленикам. Не має бути відхилів за межі заявлених допусків.

Примітка. Оскільки елементи конструкції арматури різних постачальників відрізняються один від одного, то неможливо встановити загальні випробування на зразках елементів у цьому стандарті.

11.2 Випробування готової арматури

Якщо на основній ізоляції арматури не можна виконати випробування типу (див. 9.1), то наведені нижче електричні випробування виконує виробник на повністю зібраній арматурі:

- a) випробування на частковій розряді (див. 9.2);
- b) випробування напругою (див. 9.3).

Послідовність, у якій виконують ці випробування, установлює виробник.

Примітка. Прикладами основної ізоляції, на якій не виконують випробування типу, є: термозсідальна ізоляція й ізоляційна стрічка та/чи лита ізоляція.

Ці випробування виконують на одній арматурі кожного типу за контрактом, якщо кількість цього типу арматури в контракті більше ніж 50.

Якщо зразок не витримав одного з двох наведених вище випробувань, тоді відбирають два нові зразки того самого типу арматури, що постачають за контрактом, і виконують ті самі випробування. Якщо обидва додаткові зразки витримали випробування, то решту арматури того самого типу за контрактом розглядають як відповідну вимогам цього стандарту. Якщо один із них не витримав, цей тип арматури розглядають як такий, що не відповідає вимогам.

12 ВИПРОБУВАННЯ ТИПУ КАБЕЛЬНИХ СИСТЕМ

Випробування, установлені в цьому розділі, призначено для підтвердження задовільних експлуатаційних характеристик кабельних систем.

Перелік випробувань типу кабельних систем наведено в додатку С.

Примітка. Випробування з'єднувачів стосовно зовнішніх кліматичних умов в цьому стандарті не розглядають.

12.1 Діапазон застосування випробувань типу для затвердження типу зразка

Якщо випробування типу пройшли успішно на одній або кількох кабельних системах установленій площі поперечного перерізу, номінальної напруги й конструкції, то процедуру затвердження типу зразка треба розглядати як застосовну і для кабельних систем, наведених у цьому стандарті, з іншими площами поперечних перерізів, номінальною напругою та конструкціями, якщо виконано всі наведені нижче умови:

а) група напруги не вище ніж для випробної кабельної системи(-м).

Примітка. У цьому контексті кабельні системи однієї групи номінальної напруги є системами, які мають номінальну напругу загального значення U_n , найвищу напругу для устаткування і ті самі рівні випробної напруги (див. таблицю 4, колонки 1 та 2). Наприклад, випробування кабельних систем на номінальну напругу $U = 66$ кВ також буде поширюватися на кабельні системи на номінальну напругу $U = 60$ кВ та $U = 69$ кВ;

б) площа поперечного перерізу жили не більше ніж площа поперечного перерізу випробуваного кабелю;

с) кабель й арматура мають конструкцію таку саму або подібну до конструкції випробуваної кабельної системи.

Примітка. Кабелі й арматуру розглядають як такі, що мають подібну конструкцію, якщо тип і процес накладання ізоляції і напівпровідних екранів такі самі. Немає потреби повторювати електричні випробування типу через відмінності в типі або матеріалі жили або з'єднувачів, або захисних покривів, накладених на екрановані жили, або по основній ізоляції арматури, якщо ці відмінності не можуть спричинити значних впливів на результати випробування. У деяких випадках, наприклад прокладання трижильних кабелів, може бути потреба повторити одне або кілька випробувань типу (наприклад, випробування на вигинання, випробування циклічним нагріванням та/чи випробування на сумісність);

д) розрахункове значення номінальної напруженості електричного поля в матеріалі екрана по жилі кабелю не перевищує значення напруженості електричного поля в матеріалі екрана по жилі випробної кабельної системи(-м) більше ніж на 10 %;

е) розрахункове значення номінальної електричної напруженості екрана по ізоляції кабелю не перевищує значення електричної напруженості екрана по ізоляції випробної кабельної системи(-м);

ф) розрахункове значення номінальної електричної напруженості на частинах основної ізоляції арматури і на кабелі, і на поверхні арматури не перевищує встановлених для випробної кабельної системи(-м).

Випробування типу елементів конструкції кабелю (див. 12.4) необхідно виконувати тільки на зразках кабелю з різною номінальною напругою та/або площею поперечного перерізу жили, якщо для їхнього виготовлення використано різні матеріали та/або різні способи виготовлення. Однак може бути потреба повторити випробування на старіння зразків готового кабелю для визначення сумісності матеріалів (див. 12.4.4), якщо поєднання матеріалів, накладених на екранованій жилі, відрізняється від поєднання матеріалів кабелю, на якому випробування типу виконано раніше.

Прийнятними доказами випробування типу є свідоцтво про випробування типу, підписане представником компетентного контрольного органу, або протокол, складений виробником, у якому надано результати випробування, та підписаний відповідною особою, або свідоцтво про випробування типу, видане незалежною випробувальною лабораторією.

12.2 Огляд випробування типу

Випробування типу охоплює електричні випробування, які виконують на готовій кабельній системі, наведеній у 12.3, і відповідні неелектричні випробування на елементах конструкції кабелю та готовому кабелі, наведених у 12.4.

Неелектричні випробування на елементах конструкції кабелю та готовому кабелі наведено в таблиці 5, де зазначено випробування, застосовні до кожного типу матеріалу ізоляції та зовнішньої оболонки. Випробування кабелів в умовах загоряння потрібно тільки в тому разі, якщо виробник бажає підтвердити відповідність цьому випробуванню як особливу характеристику типу кабелю.

Випробування, наведені у 12.3.2, виконують на одному або кількох зразках готового кабелю, залежно від кількості арматури, завдовжки не менше ніж 10 м без урахування арматури.

Вільна довжина кабелю між арматурами має бути не менше ніж 5 м.

Арматуру має бути встановлено після випробування кабелю на вигинання. Випробовують зразок кожного типу арматури.

Кабелі й арматуру має бути змонтовано відповідно до інструкцій виробника, якості й кількості матеріалів, що входять у постачання, разом зі змащувальними матеріалами, якщо є.

Зовнішня поверхня арматури має бути сухою та чистою, але ні кабелі, ні арматуру не має бути надано в іншій формі, не встановленій в інструкціях виробника, що могло б змінити електричні, термічні або механічні характеристики.

Протягом випробування відповідно до 12.3.2 с)—g) випробний з'єднувач має бути з'єднано із захисним покривом. Якщо можна довести, що цей захисний покрив не впливає на характеристики ізоляції з'єднувача, наприклад немає термомеханічного впливу або ефекту сумісності, то захисний покрив може бути відсутнім.

Вимірювання питомого опору напівпровідних екранів, наведене у 12.3.9, має бути виконано на окремому зразку.

12.3 Електричні випробування типу готових кабельних систем

12.3.1 Значення випробної напруги

Перед електричними випробуваннями типу вимірюють товщину ізоляції кабелю відповідно до методу, установленому у 8.1 ІЕС 60811-1-1, на відрізку випробного кабелю відповідної довжини, щоб перевірити, що середнє значення товщини не перевищує номінального значення.

Якщо середня товщина ізоляції не перевищує номінального значення більше ніж на 5 %, то випробна напруга повинна мати значення, установлене в таблиці 4 для номінальної напруги до кабелю.

Якщо середня товщина ізоляції перевищує номінальне значення більше ніж на 5 %, але менше ніж на 15 %, то випробну напругу має бути скориговано так, щоб напруженість електричного поля на екрані по жилі дорівнювала напруженості електричного поля, яку одержали б, якби середня товщина ізоляції дорівнювала номінальному значенню та випробна напруга мала нормоване значення, визначене для номінальної напруги кабелю.

Середня товщина ізоляції відрізка кабелю, який використовують для електричних випробувань типу, не повинна перевищувати номінального значення більше ніж на 15 %.

12.3.2 Випробування та послідовність випробувань

Випробування а)—h) виконують у такій послідовності:

а) випробування кабелю на вигин (див. 12.3.3) із подальшим монтуванням арматури та випробування на частковій розряді за температури навколишнього середовища (див. 12.3.4);

б) вимірювання тангенса кута діелектричних втрат $\tan \delta$ (див. 12.3.5).

Примітка. Це випробування можна виконати на іншому зразку кабелю, що має спеціальні з'єднувачі для випробування, а не на тому, який використано для решти випробувань;

с) випробування циклічним нагріванням під напругою (див. 12.3.6);

д) випробування на частковій розряді (див. 12.3.4):

— за температури навколишнього середовища і

— за вищої температури.

Вимірювання виконують після останнього циклу відповідно до с), наведеного вище або, як варіант, після випробування імпульсною напругою грозового розряду відповідно до е), наведеним нижче.

е) випробування імпульсною напругою грозового розряду з подальшим випробуванням напругою промислової частоти (див. 12.3.7);

ф) випробування на часткові розряди, якщо його не виконано відповідно до d), наведеним вище;

g) випробування зовнішнього захисного покриття з'єднувачів, прокладених у землі (див. додаток Н).

Примітка 1. Ці випробування можна виконати на з'єднувачі, який витримав випробування відповідно до с), випробування циклічним нагріванням під напругою, або на окремому з'єднувачі, який піддавали не менше ніж трьом циклам нагрівання (див. додаток Н).

Примітка 2. Якщо кабель і з'єднувач у процесі експлуатування не піддають дії вологи (тобто не прокладено безпосередньо в ґрунті або не занурено час від часу або постійно у воду), то випробування відповідно до g) можна не виконувати;

h) перевіряння кабельної системи, що охоплює кабель й арматуру, виконують після випробувань, наведених вище (див. 12.3.8).

Питомий опір напівпровідних екранів кабелів (див. 12.3.9) вимірюють на окремому зразку.

Випробні напруги мають відповідати значенням, наведеним у відповідній колонці таблиці 4.

12.3.3 Випробування на вигин

Зразок кабелю намотують на стрижень для випробування (наприклад, шийка барабана) за температури навколишнього середовища не менше ніж одним повним витком і розмотують без осьового обертання. Потім зразок повертають на 180° і зазначену операцію повторюють.

Цей цикл операцій треба виконувати тричі.

Діаметр стрижня для випробування має бути не більше ніж:

— для кабелів із гладкою алюмінієвою оболонкою:

— $36(d + D) + 5\%$ — для одножильних кабелів;

— $25(d + D) + 5\%$ — для трижильних кабелів;

— для кабелів з оболонкою зі свинцю, свинцевого сплаву, з гофрованою металеву оболонкою чи оболонкою з металеві фольги, накладеної поздовжньо (з перекриттям або привареної) та приєднаної до зовнішньої оболонки:

— $25(d + D) + 5\%$ — для одножильних кабелів;

— $20(d + D) + 5\%$ — для трижильних кабелів;

— для інших кабелів:

— $20(d + D) + 5\%$ — для одножильних кабелів;

— $15(d + D) + 5\%$ — для трижильних кабелів,

де d — номінальний діаметр струмопровідної жили, мм (див. 6 і));

D — номінальний зовнішній діаметр кабелю, мм (див. 6 ж)).

Примітка. Мінусовий допустимий відхил не визначено, але випробування на стрижні діаметром, меншим від установленого, має бути узгоджено з виробником.

12.3.4 Випробування на часткові розряди

Випробування виконують згідно з ІЕС 60885-3, чутливість має становити не менше ніж 5 пКл.

Випробну напругу збільшують поступово та підтримують на рівні $1,75 U_0$ упродовж 10 с, а потім повільно зменшують до $1,5 U_0$ (див. таблицю 4, колонку 5).

За вищої температури вимірювання виконують на збірці, оскільки температура жили кабелю на (5—10) °С вище від максимальної температури жили кабелю в умовах нормального експлуатування. Температуру жили має бути утримано в зазначених температурних межах не менше ніж 2 год.

На рівні $1,5 U_0$ не має бути виявлено розряду від випробного об'єкта, що перевищує оголошену чутливість.

12.3.5 Вимірювання тангенса кута діелектричних втрат

Зразок має бути нагріто у відповідний спосіб, температуру жили вимірюють резистором або термопарами, установленими на поверхні екрана чи оболонки, або термопарами, установленими на жилі іншого зразка того самого кабелю, який нагріто в той самий спосіб.

Зразок має бути нагріто так, щоб жила досягла температури на (5—10) °С вище від максимальної температури жили за нормальних умов експлуатування.

$\tan \delta$ має бути виміряно за напруги промислової частоти U_0 і температури, наведеної вище.

Виміряне значення не повинно перевищувати значення, наведені в таблиці 3.

12.3.6 Випробування циклічним нагріванням під напругою

Кабель має бути зігнуто у вигляді літери U діаметром, зазначеним у 12.3.3.

Збірку має бути нагріто пропусканням струму по жилі до досягнення усталеної температури, на $(5—10)^\circ\text{C}$ вище від максимальної температури на жилі за нормальних умов експлуатування.

Примітка. Якщо з практичних причин не може бути досягнуто температури випробування, то можна застосувати додаткову термоізоляцію.

Нагрівання виконують упродовж не менше ніж 8 год. Температура жили має утримуватися в зазначених температурних межах упродовж не менше ніж 2 год під час кожного періоду нагрівання. Потім збірку залишають охолоджуватися природньо не менше ніж 16 год до досягнення температури на жилі, що не перевищує температури навколишнього середовища більше ніж на 10°C . Реєструють силу струму в жилі впродовж двох останніх годин кожного періоду нагрівання.

Загалом має бути проведено 20 циклів нагрівання й охолодження.

Упродовж усього періоду випробування до збірки має бути прикладено напругу $2 U_0$ (див. таблицю 4, колонку 7).

12.3.7 Випробування імпульсною напругою грозового розряду з подальшим випробуванням напругою змінного струму промислової частоти

Випробування виконують на збірці за температури жили кабелю на $(5—10)^\circ\text{C}$ вище від максимальної температури жили за нормальних умов експлуатування.

Імпульсну напругу має бути прикладено згідно з методом, наведеним в ІЕС 60230.

Збірка має витримати без пробою або перекриття випробування 10-ма позитивними й 10-ма негативними імпульсами напруги відповідного значення, наведеного в таблиці 4, колонка 8.

Після випробування імпульсною напругою виконують на збірці випробування напругою промислової частоти $2,5 U_0$ упродовж 15 хв (див. таблицю 4, колонку 4). На вибір виробника це випробування виконують під час охолодження або за температури навколишнього середовища.

Не повинно виникати пробою ізоляції або перекриття.

12.3.8 Зовнішній огляд

12.3.8.1 Системи й арматури кабелю

Під час зовнішнього огляду кабелю і по можливості арматури без збільшувальних приладів не повинно бути виявлено жодних ознак пошкодження (наприклад, електричних порушень, негерметичності, корозії чи небезпечного зсідання), яке може вплинути на експлуатацію системи.

12.3.8.2 Кабелі з поздовжньою накладеною металеву фольгою

Від довжини кабелю відбирають зразок завдовжки 1 м та випробовують його відповідно до 12.4.19.

12.3.9 Питомий опір напівпровідних екранів

Вимірювання питомого опору напівпровідних екранів кабелю виконують на окремому зразку.

Питомий опір екструдованих напівпровідних екранів, накладених на жилу й ізоляцію, має бути виміряно на випробних зразках, відібраних на жилі зразка готового кабелю та зразка кабелю, що пройшов випробування на старіння відповідно до 12.4.4, призначеного для перевіряння сумісності матеріалів, використаних у конструкції.

12.3.9.1 Випробування

Випробування має відповідати опису, наведеному в додатку D.

Вимірювання має бути виконано за максимальної температури жили з допустимим відхилом $\pm 2^\circ\text{C}$ за нормальних умов експлуатування.

12.3.9.2 Вимоги

До та після старіння питомий опір не повинен перевищувати таких значень:

- екран по жилі — $1000 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;
- екран по ізоляції — $500 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

12.4 Неелектричні випробування типу елементів кабелю та готового кабелю

До цих випробувань належать такі:

- a) перевіряння конструкції кабелю (див. 12.4.1);
- b) випробування для визначення механічних властивостей ізоляції до та після старіння (див. 12.4.2);
- c) випробування для визначення механічних властивостей зовнішніх оболонок до та після старіння (див. 12.4.3);

- d) випробування на старіння зразків готового кабелю для перевірення сумісності матеріалів (див. 12.4.4);
- e) випробування на втрату маси зовнішніх оболонок із полівінілхлориду (PVC) типу ST₂ (див. 12.4.5);
- f) випробування під тиском за високої температури зовнішніх оболонок (див. 12.4.6);
- g) випробування за низької температури зовнішніх оболонок із полівінілхлориду (PVC) (ST₁ та ST₂) (див. 12.4.7);
- h) випробування на тепловий удар зовнішніх оболонок із полівінілхлориду (PVC) (ST₁ та ST₂) (див. 12.4.8);
- i) випробування на озонотійкість ізоляції з етиленпропіленової (EPR) та високомодульної етиленпропіленової (HEPR) гуми (див. 12.4.9);
- j) випробування на теплову деформацію ізоляції з етиленпропіленової гуми (EPR), високомодульної етиленпропіленової гуми (HEPR) та зшитого поліетилену (XLPE) (див. 12.4.10);
- k) визначення густини ізоляції з поліетилену високої густини (HDPE) (див. 12.4.11);
- l) визначення вмісту сажі в зовнішніх оболонках із чорного поліетилену (PE) (ST₃ та ST₇, див. 12.4.12);
- m) випробування на зсідання ізоляції з поліетилену (PE), поліетилену високої густини (HDPE) та зшитого поліетилену (XLPE) (див. 12.4.13);
- n) випробування на зсідання зовнішніх оболонок з поліетилену (PE) (ST₃ та ST₇, див. 12.4.14);
- o) визначення твердості ізоляції з високомодульної етиленпропіленової гуми (HEPR) (див. 12.4.15);
- p) визначення модуля пружності ізоляції з високомодульної етиленпропіленової гуми (HEPR) (див. 12.4.16);
- q) випробування на непоширення горіння (див. 12.4.17);
- г) випробування на водонепроникність (див. 12.4.18);
- s) випробування на елементах кабелю з поздовжньо накладеною металевую фольгою (див. 12.4.19).

12.4.1 Перевірення конструкції кабелю

Зовнішній огляд жили й вимірювання товщини ізоляції, зовнішньої оболонки й металеві оболонки має бути виконано відповідно до 10.4, 10.6 та 10.7 згідно з вимогами до них.

12.4.2 Випробування для визначення механічних властивостей ізоляції до та після старіння

12.4.2.1 Відбирання зразків

Відбирання та готування випробних зразків має бути виконано відповідно до 9.1 ІЕС 60811-1-1.

12.4.2.2 Старіння

Старіння виконують відповідно до 8.1 ІЕС 60811-1-2 за умов, наведених у таблиці 6.

12.4.2.3 Кондиціонування та випробування для визначення механічних властивостей

Кондиціонування та визначення механічних властивостей має бути виконано відповідно до 9.1 ІЕС 60811-1-1.

12.4.2.4 Вимоги

Результати випробування зразків до та після старіння мають відповідати вимогам таблиці 6.

12.4.3 Випробування для визначення механічних властивостей зовнішніх оболонок до та після старіння

12.4.3.1 Відбирання зразків

Відбирання випробних зразків та їхнє готування виконують відповідно до 9.2 ІЕС 60811-1-1.

12.4.3.2 Старіння

Старіння зразків виконують відповідно до 8.1 ІЕС 60811-1-2 за умов, наведених у таблиці 7.

12.4.3.3 Кондиціонування та випробування для визначення механічних властивостей

Кондиціонування та визначення механічних властивостей виконують відповідно до 9.2 ІЕС 60811-1-1.

12.4.3.4 Вимоги

Результати випробування зразків до та після старіння мають відповідати вимогам, наведеним у таблиці 7.

12.4.4 Випробування на старіння зразків готових кабелів для перевіряння сумісності матеріалів

12.4.4.1 Загальні положення

Випробування на старіння зразків готових кабелів має бути виконано для перевіряння, що ізоляцію, екструдовані напівпровідні шари й зовнішню оболонку не може бути пошкоджено в процесі експлуатування внаслідок контактування з іншими елементами конструкції кабелю.

Випробування виконують на всіх типах кабелів.

12.4.4.2 Відбирання зразків

Зразки, призначені для випробування ізоляції та зовнішньої оболонки, відбирають від готового кабелю відповідно до 8.1.4 ІЕС 60811-1-2.

12.4.4.3 Старіння

Старіння зразків кабелів виконують у термостаті з циркуляцією повітря відповідно до 8.1.4 ІЕС 60811-1-2 за наведених нижче умов:

- температура: на (10 ± 2) °С вище від максимальної температури жили кабелю за нормальних умов експлуатування (див. таблицю 1);
- тривалість: 7 × 24 год.

12.4.4.4 Випробування для визначення механічних властивостей

Випробні зразки ізоляції та зовнішньої оболонки, що заздалегідь пройшли старіння, має бути підготовлено та випробувано для визначення механічних властивостей відповідно до 8.1.4 ІЕС 60811-1-2.

12.4.4.5 Вимоги

Відхили між медіанними значеннями міцності під час розтягування та відносного видовження в разі розривання під час старіння і відповідними значеннями, одержаними до старіння (див. 12.4.2 та 12.4.3), не повинні перевищувати значень, установлених випробуванням після старіння в термостаті з циркуляцією повітря, що наведено в таблиці 6 — для ізоляції і таблиці 7 — для зовнішніх оболонок.

12.4.5 Випробування на втрату маси зовнішніх оболонок із PVC типу ST₂

12.4.5.1 Випробування

Випробування на втрату маси зовнішніх оболонок типу ST₂ виконують відповідно до 8.2 ІЕС 60811-3-2 за умов, наведених у таблиці 9.

12.4.5.2 Вимоги

Результати мають відповідати вимогам, наведеним у таблиці 9.

12.4.6 Випробування натисненням за високої температури зовнішніх оболонок

12.4.6.1 Випробування

Випробування натисненням за високої температури зовнішніх оболонок типів ST₁, ST₂ та ST₇ виконують відповідно до 8.2 ІЕС 60811-3-1 в умовах випробування, наведених у методі випробування і таблиці 7.

12.4.6.2 Вимоги

Результати випробування мають відповідати вимогам, наведеним у 8.2 ІЕС 60811-3-1.

12.4.7 Випробування за низької температури зовнішніх оболонок із PVC (ST₁ та ST₂)

12.4.7.1 Випробування

Випробування за низької температури зовнішніх оболонок типів ST₁ та ST₂ виконують відповідно до розділу 8 ІЕС 60811-1-4, застосовуючи випробні температури, зазначені в таблиці 9.

12.4.7.2 Вимоги

Результати випробування мають відповідати вимогам, наведеним у розділі 8 ІЕС 60811-1-4.

12.4.8 Випробування на тепловий удар зовнішніх оболонок із полівінілхлориду (PVC) (ST₁ та ST₂)

12.4.8.1 Випробування

Випробування на тепловий удар зовнішніх оболонок типів ST₁ та ST₂ виконують відповідно до 9.2 ІЕС 60811-3-1, випробувальну температуру і тривалість нагрівання зазначено в таблиці 9.

12.4.8.2 Вимоги

Результати випробування мають відповідати вимогам, наведеним у 9.2 ІЕС 60811-3-1.

12.4.9 Випробування на озоностійкість ізоляції з етиленпропіленової гуми (EPR) та високомодульної етиленпропіленової гуми (HEPR)

12.4.9.1 Випробування

Ізоляцію з етиленпропіленової гуми (EPR) та високомодульної етиленпропіленової гуми (HEPR) випробовують на озоностійкість; відбирання зразків і методи випробування наведено в розділі 8 ІЕС 60811-2-1. Концентрацію озону і тривалість випробування наведено в таблиці 8.

12.4.9.2 Вимоги

Результати випробування мають відповідати вимогам, наведеним у розділі 8 ІЕС 60811-2-1.

12.4.10 Випробування на теплову деформацію ізоляції з етиленпропіленової гуми (EPR), високомодульної етиленпропіленової гуми (HEPR) та зшитого поліетилену (XLPE)

Ізоляцію з етиленпропіленової гуми (EPR), високомодульної етиленпропіленової гуми (HEPR) та зшитого поліетилену (XLPE) має бути випробовано на теплову деформацію відповідно до 10.9 і вона має відповідати вимогам, установленим у цьому підрозділі.

12.4.11 Визначення густини ізоляції з поліетилену високої густини (HDPE)

Густину ізоляції з поліетилену високої густини (HDPE) визначають відповідно до 10.11 і вона має відповідати вимогам, установленим у цьому підрозділі.

12.4.12 Визначення вмісту сажі в зовнішніх оболонках із чорного поліетилену (PE) (ST₃ та ST₇)

12.4.12.1 Випробування

Уміст сажі в зовнішніх оболонках типу ST₃ та ST₇ визначають, застосовуючи відбирання зразків і метод випробування, наведений у розділі 11 ІЕС 60811-4-1.

12.4.12.2 Вимоги

Номінальне значення вмісту сажі має бути 2,5 % із допустимим відхилом $\pm 0,5$ %.

12.4.13 Випробування на зсідання ізоляції з поліетилену (PE), поліетилену високої густини (HDPE) та зшитого поліетилену (XLPE)

12.4.13.1 Випробування

Випробування на зсідання ізоляції з поліетилену (PE), поліетилену високої густини (HDPE) та зшитого поліетилену (XLPE) виконують, застосовуючи відбирання зразків і метод випробування, наведений у розділі 10 ІЕС 60811-1-3 та за умов, зазначених у таблиці 8.

12.4.13.2 Вимоги

Результати випробування мають відповідати вимогам, наведеним у таблиці 8.

12.4.14 Випробування на зсідання зовнішньої оболонки з поліетилену (ST₃ та ST₇)

12.4.14.1 Випробування

Випробування на зсідання зовнішньої оболонки з поліетилену (PE) виконують, застосовуючи відбирання зразків і метод випробування, зазначений у розділі 11 ІЕС 60811-1-3 за наведених нижче умов:

- температура — (80 ± 2) °C;
- тривалість нагрівання — 5 год;
- кількість циклів нагрівання — 5.

12.4.14.2 Вимоги

Зсідання не повинно перевищувати 3 %.

12.4.15 Визначення твердості ізоляції з високомодульної етиленпропіленової гуми (HEPR)

12.4.15.1 Випробування

Відбирання зразків і метод випробування мають відповідати зазначеним у додатку Е.

12.4.15.2 Вимоги

Результати випробування мають відповідати вимогам, наведеним у таблиці 8.

12.4.16 Визначення модуля пружності ізоляції з високомодульної етиленпропіленової гуми (HEPR)

12.4.16.1 Випробування

Відбирання, готування зразків та випробування мають відповідати вимогам розділу 9 ІЕС 60811-1-1.

Вимірюють навантаги, необхідні для 150 % відносного видовження. Відповідні напруження визначають діленням на значення навантаги, виміряне на поперечному перерізі невитягнутого зразка. Для одержання модуля пружності для 150 % відносного видовження визначають відношення напруження до величини деформації.

За модуль пружності беруть медіанне значення.

12.4.16.2 Вимоги

Результати випробування мають відповідати вимогам таблиці 8.

12.4.17 Випробування кабелів на непоширення горіння

Випробування кабелів на непоширення горіння має відповідати ІЕС 60332-1. Його виконують на зразку готового кабелю, якщо зовнішня оболонка типу ST₁ або ST₂ і виробник бажає підтвердити, що цей тип кабелю спеціальної конструкції відповідає вимогам.

Результати мають відповідати вимогам, наведеним в ІЕС 60332-1.

12.4.18 Випробування на водонепроникність

Випробування на водонепроникність треба застосовувати до кабелів, у конструкції яких є бар'єри, що перешкоджають поздовжньому проникненню вологи, як зазначено в б с) та f). Випробування поширюється на кабелі, прокладені в землі, і не поширюється на кабелі, сконструйовані для підводного прокладання.

Устаткування, спосіб відбирання зразків, метод випробування та вимоги мають відповідати додатку F.

Для кабелів із поздовжньою накладеною металеву фольгою від довжини кабелю відбирають один зразок завдовжки 1 м і випробовують його відповідно до 12.4.19.

12.4.19 Випробування на елементах конструкції кабелю з поздовжньою накладеною металеву фольгою

Від готового кабелю відбирають зразок завдовжки 1 м і виконують на ньому наведені нижче випробування:

- a) зовнішній огляд (див. розділ G.1);
 - b) міцність адгезії металеву фольги (див. розділ G.2);
 - c) стійкість до відшарування металеву фольги, накладеної з перекриттям (див. розділ G.3).
- Апаратура, метод випробування та вимоги мають відповідати додатку G.

13 ВИПРОБУВАННЯ ТИПУ КАБЕЛІВ

Випробування, установлені в цьому розділі, призначено для підтвердження задовільних експлуатаційних характеристик самих кабелів.

Перелік випробувань типу кабелів наведено в додатку С.

13.1 Діапазон застосування випробування типу для затвердження типу зразка

Якщо випробування типу пройшли успішно на одному чи більше кабелях установленого поперечного перерізу, однакової номінальної напруги й конструкції, то процедуру затвердження типу зразка треба розглядати як застосовну і для кабелів, наведених у цьому стандарті, з іншим перерізом, номінальною напругою та конструкціями, якщо виконано всі наведені нижче умови:

- a) група напруги не вище, ніж для випробного кабелю(-ів).

Примітка. У цьому контексті кабелями однієї групи номінальної напруги є кабелі, які мають номінальну напругу загального значення U_m , найвищу напругу для устаткування і ті самі значення випробної напруги (див. таблицю 4, колонки 1 та 2). Наприклад, випробування кабелів на номінальну напругу $U = 66$ кВ також будуть поширюватися на кабелі на номінальну напругу $U = 60$ кВ та $U = 69$ кВ);

- b) поперечний переріз жили не більше, ніж поперечний переріз випробного кабелю;
- c) кабель має таку саму чи подібну конструкцію до конструкції випробного кабелю(-ів).

Примітка. Кабелі розглядають як такі, що мають подібну конструкцію, якщо тип і процес накладання ізоляції та напівпровідних екранів такі самі. Немає потреби повторювати електричні випробування типу через відмінності в типі або матеріалі жили, або захисних покривів, накладених на екрановані жили, якщо ці відмінності не можуть спричинити значних впливів на результати випробування. У деяких випадках, наприклад для прокладання трижильних кабелів, може бути необхідно повторити одне чи кілька випробувань типу (наприклад, випробування на вигин, випробування циклічним нагріванням та/або випробування на сумісність);

d) розрахункове значення номінальної електричної напруженості екрана по жилі кабелю не перевищує значення електричної напруженості екрана по жилі випробного кабелю(-ів) більше ніж на 10 %;

e) розрахункове значення номінальної електричної напруженості екрана по ізоляції кабелю не перевищує значення електричної напруженості екрана по ізоляції випробного кабелю(-ів).

Випробування типу елементів конструкції кабелю (див. 12.4) необхідно виконувати тільки на зразках кабелю з різною номінальною напругою та/або площею поперечного перерізу жили, якщо для їхнього виготовлення використано різні матеріали та/або різні способи виготовлення. Однак може бути потреба повторити випробування на старіння зразків готового кабелю для визначення сумісності матеріалів (див. 12.4.4), якщо поєднання матеріалів, накладених на екранованій жилі, відрізняється від поєднання матеріалів кабелю, на якому випробування типу виконано раніше.

Прийнятними доказами випробування типу є свідоцтво про випробування типу, підписане представником компетентного контрольного органу, або протокол, складений виробником, у якому надано результати випробування, та підписаний відповідною особою, або свідоцтво про випробування типу, видане незалежною випробувальною лабораторією.

13.2 Огляд випробування типу

У випробування типу вміщено електричні випробування, які виконують на готовому кабелі, наведені у 12.3.1 та 13.3, і відповідні неелектричні випробування на елементах конструкції кабелю та готовому кабелі, наведені у 12.4.

Неелектричні випробування на елементах конструкції кабелю та готовому кабелі, наведено в таблиці 5, де зазначено випробування, застосовні до кожного типу матеріалу ізоляції та зовнішньої оболонки. Випробування кабелів в умовах загоряння потрібно тільки в тому разі, якщо виробник бажає підтвердити відповідність цьому випробуванню як особливу характеристику типу кабелю.

13.3 Електричні випробування типу готових кабелів

Випробування а)—f) виконують послідовно на одному зразку готового кабелю завдовжки 10 м без урахування арматури.

a) випробування на вигин (див. 12.3.3) із подальшим монтуванням з'єднувачів для випробування та випробування на частковій розряди (див. 12.3.4);

b) вимірювання тангенса кута діелектричних втрат ($\tan \delta$) (див. 12.3.5).

Примітка. Це випробування можна виконати на іншому зразку кабелю, а не на тому, який використано для решти випробувань;

c) випробування циклічним нагріванням під напругою (див. 12.3.6) із подальшим випробуванням на частковій розряди за температури навколишнього середовища (див. 12.3.4), яке виконують після останнього циклу нагрівання, або, як варіант, після випробування імпульсною напругою грозового розряду (див. перелік d), наведений нижче);

d) випробування імпульсною напругою грозового розряду з подальшим випробуванням напругою промислової частоти (див. 12.3.7);

e) випробування на частковій розряди, якщо його не виконали відповідно до c), наведеного вище;

f) зовнішній огляд кабелю виконують після випробувань, наведених вище (див. 12.3.8).

Питомий опір напівпровідних екранів (див. 12.3.9) вимірюють на окремому зразку.

Випробні напруги мають відповідати значенням, наведеним у відповідній колонці таблиці 4.

14 ВИПРОБУВАННЯ ТИПУ АРМАТУРИ

Випробування, установлені в цьому розділі, призначено для підтвердження задовільних експлуатаційних характеристик самої арматури.

Перелік випробування типу арматури наведено в додатку С.

Примітка. Випробування з'єднувачів на кінцях кабелю щодо зовнішніх умов у цьому стандарті не розглядають.

14.1 Діапазон застосування випробування типу для затвердження типу

Якщо випробування типу пройшли успішно на одній чи більше арматур з одним чи більше кабелями встановленого поперечного перерізу(-ів), однакової номінальної напруги й конструкції, то процедуру затвердження типу треба розглядати як застосовну і для арматури, наведеної в цьому стандарті, з іншими номінальними напругами й конструкціями та іншими кабелями, якщо виконано всі наведені нижче умови:

а) група напруги не вище ніж для випробної арматури.

Примітка. У цьому контексті арматура однієї групи номінальної напруги є арматурою, яка має номінальну напругу загального значення U_m , найвищу напругу для устаткування і ті самі значення випробної напруги (див. таблицю 4, колонки 1 та 2). Наприклад, випробування арматури на номінальну напругу $U = 66$ кВ також буде поширюватися на арматуру на номінальну напругу $U = 60$ кВ та $U = 69$ кВ;

б) кабель з іншим поперечним перерізом жили, номінальною напругою та конструкцією перебуває в межах діапазону застосування випробування типу для затвердження типу, як встановлено в 13.1. Якщо розрахункові значення номінального електричного напруження на екрані по ізоляції кабелю не перевищують $2,5$ кВ/мм, то процедуру затвердження типу поширюють на арматуру, змонтовану на всіх кабелях у цьому діапазоні;

с) арматура має таку саму або подібну конструкцію до конструкції випробної арматури.

Примітка. Арматуру розглядають як таку, що має подібну конструкцію, якщо тип і процес накладення ізоляції і напівпровідних екранів такі самі. Немає потреби повторювати електричні випробування типу через відмінності в типі з'єднувача чи матеріалі, або захисних покривів, накладених по основній ізоляції частини арматури, якщо ці відмінності не можуть спричинити значних впливів на результати випробування. У деяких випадках може бути потреба повторити одне або кілька випробувань типу (наприклад, вимірювання часткових розрядів);

д) розрахункові значення номінального електричного напруження в основній ізоляції частини арматури й на кабелю, й на поверхні арматури не перевищують значень для випробної арматури.

Прийнятними доказами випробування типу є свідоцтво про випробування типу, підписане представником компетентного контрольного органу, або протокол, складений виробником, у якому надано результати випробування, та підписаний відповідною особою, або свідоцтво про випробування типу, видане незалежною випробувальною лабораторією.

14.2 Огляд випробування типу

Арматура має відповідати випробуванням, визначеним у 14.3.1 та 14.3.2.

Вільна довжина кабелю між арматурами має бути не менше ніж 5 м.

Випробовують по одному зразку кожного типу арматури.

Арматуру встановлюють перед першим випробуванням на часткові розряди.

Арматуру має бути змонтовано на кабелі відповідно до інструкцій виробника, якості й кількості матеріалів, що входять у постачання, разом зі змащувальними матеріалами, якщо є.

Зовнішня поверхня арматури має бути сухою та чистою, але ні кабелі, ні арматуру не має бути надано в іншій формі, не встановленій в інструкціях виробника, що могло б змінити електричні, термічні або механічні характеристики.

Протягом випробування відповідно до 14.3.2 а)–е) випробний з'єднувач має бути з'єднано з його зовнішнім захисним покривом. Якщо можна довести, що цей захисний покрив не впливає на характеристики ізоляції випробного з'єднувача, наприклад немає термомеханічного впливу або ефекту сумісності, то захисний покрив може бути відсутнім.

14.3 Електричні випробування типу арматури

14.3.1 Значення випробної напруги

Перед електричними випробуваннями типу арматури вимірюють товщину ізоляції використованого кабелю і за потреби відрегулюють значення випробних напруг, як встановлено у 12.3.1.

14.3.2 Випробування та послідовність випробувань

Випробування арматури виконують у такій послідовності:

- а) випробування на часткові розряди за температури навколишнього середовища (див. 12.3.4);
- б) випробування циклічним нагріванням під напругою (див. 12.3.6).

Примітка. Кабель може мати U -подібний вигин діаметром, установленим у 12.3.3;

с) випробування на часткові розряди (див. 12.3.4):

- за температури навколишнього середовища і
- за вищої температури.

Вимірювання виконують після останнього циклу випробування відповідно до b), наведеного вище або, як варіант, після випробування імпульсною напругою грозового розряду відповідно до d), наведеного нижче;

d) випробування імпульсною напругою грозового розряду з подальшим випробуванням напругою промислової частоти (див. 12.3.7);

e) випробування на часткові розряди, якщо його не виконано відповідно до c), наведеного вище;

f) випробування зовнішнього захисного покриття випробуваних з'єднувачів, прокладених у землі (див. додаток Н).

Примітка 1. Ці випробування можна виконати на випробному з'єднувачі, який витримав випробування відповідно до b), випробування циклічним нагріванням під напругою, або на окремому з'єднувачі, який піддавали не менше ніж трьом циклам нагрівання (див. додаток Н).

Примітка 2. Якщо випробний з'єднувач у процесі експлуатування не піддають впливу вологи (тобто не прокладено безпосередньо в землі або не занурено час від часу або постійно у воду), то випробування відповідно до f) можна не виконувати;

d) зовнішній огляд арматури виконують після випробувань, наведених вище (див. 12.3.8.1).

Випробні напруги мають відповідати значенням, наведеним у відповідній колонці таблиці 4.

15 ЕЛЕКТРИЧНІ ВИПРОБУВАННЯ ПІСЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ

Випробування нових установлень виконують після встановлення кабелю й арматури до нього.

Рекомендовано виконувати випробування зовнішньої оболонки напругою постійного струму відповідно до 15.1 та/чи випробування ізоляції напругою змінного струму відповідно до 15.2. Для встановлень, де виконують тільки випробування зовнішньої оболонки відповідно до 15.1, процедури забезпечення якості під час встановлення арматури за угодою між споживачем та постачальником можуть замінити випробування ізоляції.

15.1 Випробування зовнішньої оболонки напругою постійного струму

Рівень напруги й тривалість, установлені в розділі 5 ІЕС 160229, має бути прикладено між кожною металевою оболонкою чи металевим екраном і землею.

Для того щоб випробування було результативним, необхідно, щоб земля була в прийнятному контакті з усією зовнішньою поверхнею зовнішньої оболонки. У зв'язку з цим може бути корисним провідний шар по зовнішній оболонці.

15.2 Випробування ізоляції напругою змінного струму

Випробну прикладену напругу змінного струму визначають за угодою між споживачем та постачальником. Форма хвилі напруги має бути синусоїдальною, а частота в діапазоні від 20 Гц до 300 Гц. Напругу має бути прикладено впродовж 1 год, значення якої наведено в колонці 9 таблиці 4.

Як варіант допустимо застосовувати напругу U_0 упродовж 24 год.

Примітка. Для встановлень, які вже були в експлуатаванні, можна використовувати нижчу напругу та/або меншу тривалість. Треба узгоджувати значення, ураховуючи старіння, умови навколишнього середовища, попередні проби та мету випробування.

Таблиця 1 — Ізоляційні композиції для кабелів

Ізоляційні композиції	Максимальна температура жили, °C	
	Нормальні умови експлуатування	Коротке замикання (максимальна тривалість 5 с)
Термопластичний поліетилен низької густини (PE)	70	130 ¹⁾
Термопластичний поліетилен високої густини (HDPE)	80	160 ¹⁾
Зшитий поліетилен (XLPE)	90	250
Етиленпропіленова гума (EPR)	90	250
Високомодульна чи підвищеної твердості етиленпропіленова гума (HEPR)	90	250

¹⁾ Для PE та HDPE температура короткого замикання на 20 °C перевищує зазначену температуру; може бути прийнятою, якщо по жилі й ізоляції за угодою між виробником і замовником використовують відповідні напівпровідні шари.

Таблиця 2 — Композиції зовнішньої оболонки для кабелів

Композиція оболонки	Скорочена позначка	Максимальна температура жили в умовах нормального експлуатування, °С
Полівінілхлорид (PVC)	ST ₁	80
	ST ₂	90
Поліетилен (PE)	ST ₃	80
	ST ₇	90

Таблиця 3 — Вимоги до tg δ ізоляційних композицій для кабелів

Позначка композиції (див. 4.2)	PE	HDPE	EPR/HEPR	XLPE
Максимальне значення tg δ · 10 ⁻⁴	10	10	50	10 ¹⁾

¹⁾ Для кабелів, що їх випускають з ізоляцією на основі композицій зшитого поліетилену (XLPE), які містять спеціальні добавки, максимальне значення tg δ — 50 · 10⁻⁴.

Таблиця 4 — Випробні напруги

1	2	3	4 ¹⁾	5 ¹⁾	6 ¹⁾	7 ¹⁾	8 ¹⁾	9
Номінальна напруга	Максимальна напруга для устаткування	Значення U ₀ для визначення випробної напруги	Випробна напруга відповідно до 9.3 та 12.3.7	Випробування на частковій розряді відповідно до 9.2 та 12.3.4	Вимірювання tg δ відповідно до 12.3.5	Випробування циклічним нагріванням під напругою відповідно до 12.3.6	Випробування імпульсною напругою грозового розряду відповідно до 12.3.7	Випробування напругою після встановлення відповідно до 15.2
U	U _m	U ₀	2,5 U ₀	1,5 U ₀	U ₀	2 U ₀		
кВ	кВ	кВ	кВ	кВ	кВ	кВ	кВ	кВ
Від 45 до 47	52	26	65	39	26	52	250	52
» 60 » 69	72,5	36	90	54	36	72	325	72
» 110 » 115	123	64	160	96	64	128	550	128
» 132 » 138	145	76	190	114	76	152	650	132
» 150 » 161	170	87	218	131	87	174	750	150

¹⁾ За потреби ці значення випробних напруг має бути скориговано, як зазначено у 12.3.1.

Таблиця 5 — Неелектричні випробування типу композицій для ізоляції та зовнішніх оболонок кабелів

Позначка композиції (див. 4.2 та 4.3)	Ізоляція					Зовнішня оболонка			
	PE	HDPE	EPR	HEPR	XLPE	ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇
<i>Перевіряння конструкції. Випробування на водонепроникність¹⁾</i>	Застосовують незалежно від матеріалів ізоляції та зовнішньої оболонки								
<i>Механічні властивості (міцність під час розтягування та відносне видовження під час розривання)</i>									
a) до старіння	X	X	X	X	X	X	X	X	X
b) після старіння в термостаті	X	X	X	X	X	X	X	X	X
c) після старіння з циркуляцією повітря	—	—	X	X	—	—	—	—	—
d) після старіння готового кабелю (випробування на сумісність)	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Кінець таблиці 5

Позначка композиції (див. 4.2 та 4.3)	Ізоляція					Зовнішня оболонка			
	PE	HDPE	EPR	HEPR	XLPE	ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇
Випробування під тиском за високої температури	—	—	—	—	—	X	X	—	X
Стойкість до впливу низької температури									
а) випробування на видовження за низької температури	—	—	—	—	—	X	X	—	—
б) випробування на удар за низької температури	—	—	—	—	—	X	X	—	—
Випробування на втрату маси в термостаті з циркуляцією повітря	—	—	—	—	—	—	X	—	—
Випробування на тепловий удар	—	—	—	—	—	X	X	—	—
Випробування на озоностійкість	—	—	X	X	—	—	—	—	—
Випробування на теплову деформацію	—	—	X	X	X	—	—	—	—
Вимірювання густини	—	X	—	—	—	—	—	—	—
Визначення вмісту сажі ²⁾	—	—	—	—	—	—	—	X	X
Випробування на зсідання	X	X	—	—	X	—	—	X	X
Визначення твердості	—	—	—	X	—	—	—	—	—
Визначення модуля пружності	—	—	—	X	—	—	—	—	—
Випробування на непоширення горіння ³⁾	—	—	—	—	—	X	X	—	—
Примітка. X означає потребу в типовому випробуванні.									
¹⁾ Застосовують до конструкцій кабелів, де виробник передбачив бар'єри, які перешкоджають поздовжньому проникненню води. ²⁾ Тільки для зовнішніх оболонок чорного кольору. ³⁾ Застосовувати тільки, якщо виробник має намір підтвердити відповідність типу кабелю.									

Таблиця 6 — Вимоги до випробування для визначення механічних властивостей ізоляційних композицій для кабелів (до та після старіння)

Позначка матеріалу (див. 4.2)	Одиниця виміру	PE	HDPE	XLPE	EPR	HEPR
Максимальна температура жили за нормальних умов експлуатування	°C	70	80	90	90	90
До старіння (9.1 ІЕС 60811-1-1)						
Міцність під час розтягування, не менше ніж	Н/мм ²	10,0	12,5	12,5	4,2	8,5
Відносне видовження під час розривання, не менше ніж	%	300	350	200	200	200
Після старіння в термостаті з циркуляцією повітря (8.1 ІЕС 60811-1-2)						
Умови випробування:						
— температура	°C	100	110	135	135	135
— допустимий відхил	°C	± 2	± 2	± 3	± 3	± 3
— тривалість	год	240	240	168	168	168
Міцність під час розтягування						
а) значення після старіння, не менше ніж	Н/мм ²	—	—	—	—	—
б) відхили ¹⁾ , не більше ніж	%	—	—	± 25	± 30	± 30

Кінець таблиці 6

Познака матеріалу (див. 4.2)	Одиниця виміру	PE	HDPE	XLPE	EPR	HEPR
Відносне видовження під час розривання						
а) значення після старіння, не менше ніж	%	300	350	—	—	—
б) відхили ¹⁾ , не більше ніж	%	—	—	± 25	± 30	± 30
<i>Після старіння в термостаті з циркуляцією повітря за (55 ± 2) Н/см² (8.2 ІЕС 60811-1-2)</i>						
Умови випробування:						
— температура	°С	—	—	—	127	127
— допустимий відхил	°С	—	—	—	± 1	± 1
— тривалість	год	—	—	—	40	40
Відхили ¹⁾ , не більше ніж						
Міцність під час розтягування	%	—	—	—	± 30	± 30
Відносне видовження під час розривання	%	—	—	—	± 30	± 30
¹⁾ Відхили: різниця між медіанним значенням після старіння та медіанним значенням до старіння, виражена у відсотках.						

Таблиця 7 — Вимоги до випробування для визначення механічних властивостей композицій зовнішньої оболонки для кабелів (до та після старіння)

Познака композиції (див. 4.3)	Одиниця виміру	ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₇
<i>До старіння (9.2 ІЕС 60811-1-1)</i>					
Міцність під час розтягування, не менше ніж	Н/мм ²	12,5	12,5	10,0	12,5
Відносне видовження під час розривання, не менше ніж	%	150	150	300	300
<i>Після старіння в термостаті з циркуляцією повітря (8.1 ІЕС 60811-1-2)</i>					
Умови випробування:					
— температура	°С	100	100	100	110
— допустимий відхил	°С	± 2	± 2	± 2	± 2
— тривалість	год	168	168	240	240
Міцність під час розтягування:					
а) значення після старіння, не менше ніж	Н/мм ²	12,5	12,5	—	—
б) відхили ¹⁾ , не більше ніж	%	± 25	± 25	—	—
Відносне видовження під час розривання:					
а) значення після старіння, не менше ніж	%	150	150	300	300
б) відхили ¹⁾ , не більше ніж	%	± 25	± 25	—	—
Випробування під тиском за високої температури (8.2 ІЕС 60811-3-1)					
Температура випробування	°С	80	90	—	110
Допустимий відхил	°С	± 2	± 2	—	± 2
¹⁾ Відхили: різниця між медіанним значенням після старіння та медіанним значенням до старіння, виражена у відсотках.					

Таблиця 8 — Вимоги до випробування для визначення особливих властивостей ізоляційних композицій для кабелів

Познака композиції (див. 4.2)	Одиниця виміру	PE	HDPE	XLPE	EPR	HEPR
<i>Випробування на озоностійкість</i> (розділ 8 ІЕС 60811-2-1)						
Концентрація озону (об'ємна)	%				Від 0,025 до 0,030	Від 0,025 до 0,030
Тривалість випробування без розтріскування	год	—	—	—	24	24
<i>Випробування на теплову деформацію</i> (розділ 9 ІЕС 60811-2-1)						
Умови випробування:						
— температура повітря	°C	—	—	200	250	250
— допустимий відхил	°C	—	—	± 3	± 3	± 3
— період часу під навантагою	хв	—	—	15	15	15
— механічне напруження	Н/см ²	—	—	20	20	20
Відносне видовження під навантагою, не більше ніж	%	—	—	175	175	175
Залишкове відносне видовження після охолодження, не більше ніж	%	—	—	15	15	15
<i>Випробування на зсідання</i> (розділ 10 ІЕС 60811-1-3)						
Відстань L між відмітками	мм	200	200	200	—	—
Температура	°C	100	115	130	—	—
Допустимий відхил	°C	± 2	± 2	± 3	—	—
Тривалість	год	6	6	6	—	—
Допустиме значення зсідання, не більше ніж	%	4	4	4	—	—
<i>Густина</i> (розділ 8 ІЕС 60811-1-3)						
Густина, не менше ніж	г/см ³	—	0,94	—	—	—
Визначення твердості (див. додаток Е) IRHD ¹⁾ , не менше ніж		—	—	—	—	80
Модуль пружності під час 150 % відносного видовження, не менше ніж	Н/мм ²	—	—	—	—	4,5
¹⁾ IRHD — міжнародна одиниця твердості гуми.						

Таблиця 9 — Вимоги до випробування для визначення особливих властивостей композицій на основі PVC зовнішніх оболонок для кабелів

Познака композиції (див. 4.3)	Одиниця виміру	ST ₁	ST ₂
<i>Втрата маси в термостаті з циркуляцією повітря</i> (8.2 ІЕС 60811-3-2)			
Умови випробування:			
— температура	°C	—	100
— допустимий відхил	°C	—	± 2
— тривалість	год	—	168
Допустима втрата маси, не більше ніж	мг/см ²	—	1,5

Кінець таблиці 9

Позначка композиції (див. 4.3)	Одиниця виміру	ST ₁	ST ₂
<p>Випробування за низької температури¹⁾ (розділ 8 ІЕС 60811-1-4)</p> <p>Випробування, які виконують без попереднього старіння:</p> <p>Відносне видовження за низької температури на зразках у вигляді двобічної лопатки</p> <p>Температура випробування</p> <p>Допустимий відхил</p>	<p>°C</p> <p>°C</p>	<p>– 15</p> <p>± 2</p>	<p>– 15</p> <p>± 2</p>
<p>Випробування на тепловий удар (9.2 ІЕС 60811-3-1)</p> <p>Температура випробування</p> <p>Допустимий відхил</p> <p>Тривалість випробування</p>	<p>°C</p> <p>°C</p> <p>год</p>	<p>150</p> <p>± 3</p> <p>1</p>	<p>150</p> <p>± 3</p> <p>1</p>
<p>¹⁾ Залежно від кліматичних умов у національних стандартах може бути потреба встановити нижчу температуру випробування.</p>			

ДОДАТОК А
(довідковий)

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ СТРУМОПРОВІДНОЇ ЖИЛИ КАБЕЛЮ

А.1 Мета

Для деяких випробувань необхідно підвищити температуру струмопровідної жили кабелю до встановленого значення, зазвичай на (5—10) °C вище від максимальної температури жили за нормальних умов експлуатування за умови подавання до кабелю напруги промислової частоти або імпульсної напруги. Можливості доступу до струмопровідної жили для безпосереднього вимірювання її температури немає.

Окрім того, температуру жили треба підтримувати в обмеженому діапазоні (5 °C), тоді як температура навколишнього середовища може змінюватися в ширшому діапазоні.

Хоча спочатку попереднє калібрування випробного кабелю або обчислення можуть бути задовільними, зміна умов навколишнього середовища впродовж усього випробування може призвести до відхилів температури жили за допустимі межі діапазону.

Тому треба використовувати методи, за якими температуру жили можна постійно реєструвати та контролювати впродовж усього випробування.

Нижче наведено рекомендації щодо загальноприйнятих методів.

А.2 Калібрування за температурою основного випробного контуру

Мета калібрування полягає у визначенні температури струмопровідної жили безпосереднім вимірюванням за встановленого значення сили струму в потрібному для випробування діапазоні температури.

Використовуваний для калібрування кабель (тут і далі названо стандартний кабель) має бути ідентичним використовуваному в основному випробному контурі.

А.2.1 Монтування кабелю й термопар

Калібрування виконують на відрізку кабелю завдовжки не менше ніж 5 м, відібраному від того самого випробного кабелю. Довжина має бути такою, щоб передавання тепла вздовж кабелю до його кінців не змінювало температури центральної 2-метрової частини кабелю більше ніж на 1 °C.

У середині стандартного кабелю поміщають дві термопари: одну термопару на струмопровідній жилі (TC_{1c}), а іншу — на зовнішній поверхні чи безпосередньо під зовнішньою поверхнею (TC_{1s}).

Дві інші термопари TC_{2c} та TC_{3c} установлюють на струмопровідній жилі стандартного кабелю (див. рисунок А.1): одну на відстані приблизно 0,5 м, іншу — приблизно 1 м від середини кабелю.

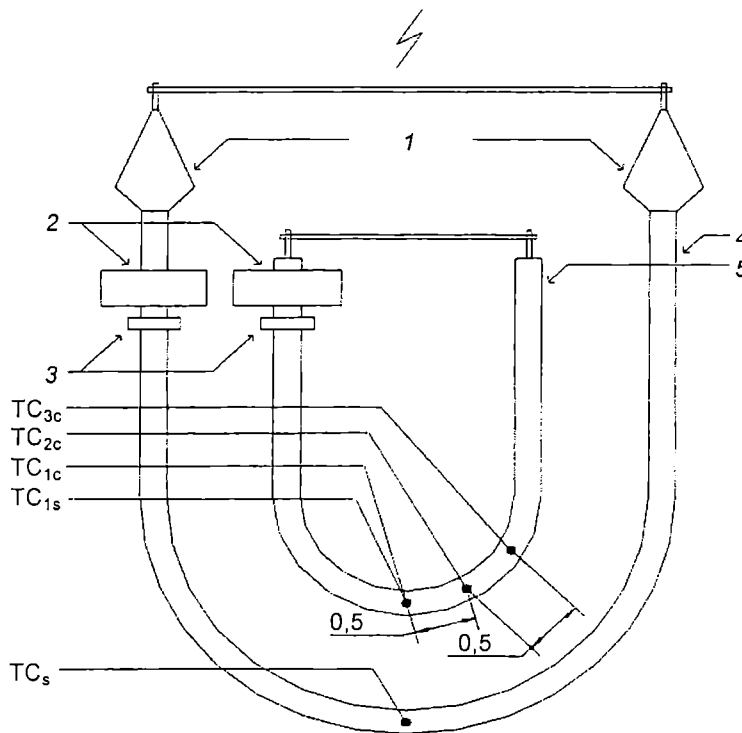
Термопари кріплять до струмопровідної жили за допомогою механічних засобів, оскільки вони можуть переміщуватися внаслідок вібрації кабелю під час нагрівання. Рекомендовано кріпити термопари, як зображено на рисунку А.2.

Примітка 1. Треба вживати заходів щодо запобігання передаванню тепла по термопарах.

Примітка 2. Для доказу передавання незначної кількості тепла в напрямку кінців кабелю різниця між трьома показниками має бути менше ніж $2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Якщо фактичний основний випробний контур складається з кількох окремих відрізків кабелю, змонтованих близько один до одного, то ці відрізки піддано впливу теплового ефекту близькості. Тому калібрування треба виконувати з урахуванням фактичної випробної установки, вимірювання виконують на найгарячішому з відрізків кабелю (зазвичай у серединній частині).

Розміри в метрах



Позначки:

- 1 — кінцеві з'єднувачі;
- 2 — трансформатори струму;
- 3 — вимірювальні трансформатори;
- 4 — випробний кабель;
- 5 — стандартний кабель.

Рисунок А.1 — Типова випробна установка стандартного контуру й основного випробного контуру

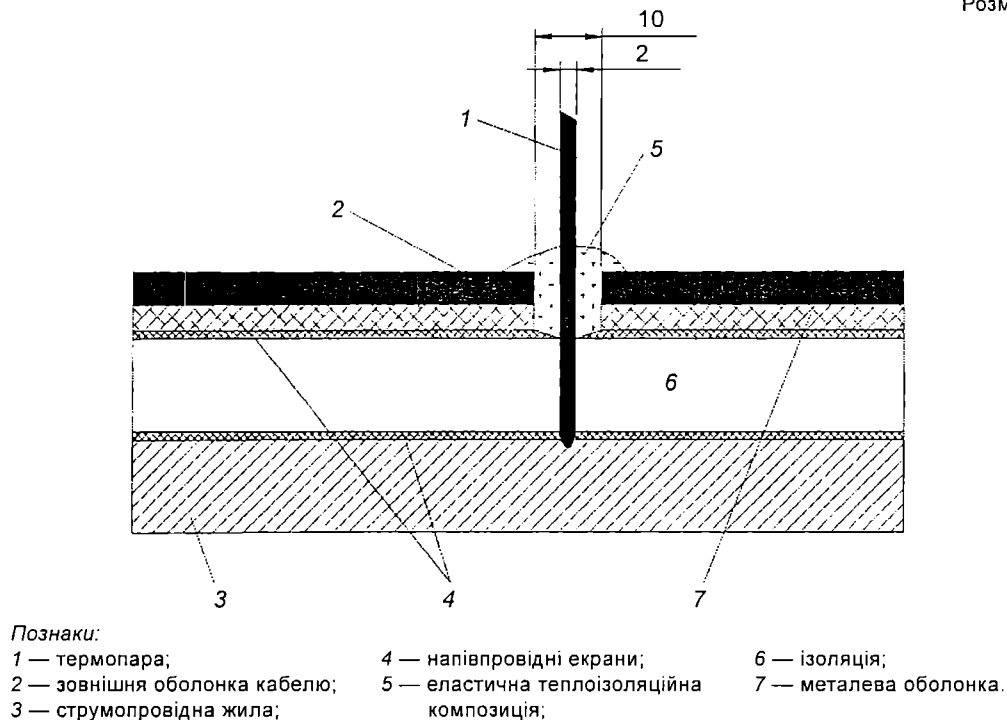


Рисунок А.2 — Конструкція розташування термопар на струмопровідній жилі стандартного контуру

А.2.2 Метод калібрування

Калібрування виконують у приміщенні без циркуляції повітря за температури $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Для одночасного вимірювання температури струмопровідної жили, зовнішньої оболонки й навколишнього середовища треба використовувати записувальні пристрої.

Кабель нагрівають, доки температури струмопровідної жили за показами термопар TC_{1c} , TC_{2c} , та TC_{3c} , зображених на рисунку А.1, не буде стабілізовано та не досягнуто значень на $(5—10) ^\circ\text{C}$ вище від максимальної температури жили кабелю за нормальних умов експлуатування, як зазначено в таблиці 1.

Після досягнення стабілізації треба зафіксувати такі параметри:

- температуру струмопровідної жили: середнє значення в точках 1, 2 та 3;
- температуру зовнішньої оболонки в точці 1;
- температуру навколишнього середовища;
- силу струму для нагрівання.

А.3 Нагрівання під час випробування

А.3.1 Метод 1. Випробування із застосуванням стандартного кабелю

У цьому методі стандартний кабель, ідентичний кабелю, який використовують під час випробування, нагрівають тим самим струмом, який проходить по основному випробному контуру.

Монтування кабелю та термопар для обох контурів має відповідати зазначеному в А.2.

Випробна установка має бути такою, що:

- стандартним кабелем постійно проходить струм тієї самої сили, що в основному випробному контурі;
- монтування виконано так, що взаємний тепловий ефект урахують упродовж усього випробування.

Силу струму для нагрівання має бути відрегульовано так, щоб температуру струмопровідної жили підтримувати в установлених межах.

Термопару (TC_S) кріплять на або під зовнішньою поверхнею основного випробного контуру в найгарячішій точці, зазвичай у його середині, аналогічно термопару TC_{1s} кріплять у найгарячішій точці стандартного кабелю.

Примітка 1. Температуру, виміряну термометрами на або під зовнішньою оболонкою основного випробного контуру (TC_S) і на стандартному контурі (TC_{1S}), використовують для перевіряння того, що зовнішня оболонка обох контурів має однакову температуру.

Температуру, виміряну термометром TC_{1C} на струмопровідній жилі стандартного контуру, можна прийняти за температуру струмопровідної жили випробного контуру під напругою.

Примітка 2. Температура струмопровідної жили основного випробного контуру може бути трохи вище за температуру стандартного контуру внаслідок діелектричних втрат. За потреби вводять поправку.

Усі термометри має бути з'єднано із записувальним пристроєм для забезпечення контролювання температури. Силу струму для нагрівання кожного контуру має бути також зафіксовано для того, щоб перевірити, що обидва значення сили струму однакові протягом усього випробування. Різниця між силою для струму нагрівання має бути в межах $\pm 1\%$.

Стандартний кабель може бути приєднано послідовно з випробним кабелем, якщо температуру вимірюють через оптичний зв'язок чи в аналогічний спосіб.

А.3.2 Метод 2. Випробування із застосуванням обчислення температури струмопровідної жили й вимірювання температури поверхні

А.3.2.1 Калібрування за температурою струмопровідної жили випробного кабелю

Мета цього калібрування — визначити температуру струмопровідної жили безпосереднім вимірюванням за встановленим значенням сили струму в межах діапазону температур, потрібних для випробування.

Використовуваний для калібрування кабель має бути ідентичним випробному, і спосіб нагрівання має бути також ідентичним.

Монтування кабелю та термометрів для калібрування має відповідати зазначеному в розділі А.2.

Калібрування виконують відповідно до А.2.2 для стандартного кабелю.

А.3.2.2 Випробування на основі вимірювання зовнішньої температури

Під час калібрування та випробування основного контуру температуру струмопровідної жили кабелю основного випробного контуру має бути обчислено згідно з ІЕС 60287 або ІЕС 60853-2, на основі виміряної зовнішньої температури зовнішньої оболонки (TC_S). Вимірювання виконують за допомогою термометри в найгарячішій точці, установленій під зовнішньою поверхнею аналогічно як для стандартного кабелю.

Силу струму для нагрівання має бути відрегульовано для одержання необхідного значення розрахункової температури струмопровідної жили, основу на виміряній температурі зовнішньої оболонки.

ДОДАТОК В (обов'язковий)

ОКРУГЛЕННЯ ЧИСЕЛ

За потреби округляти значення до певного знака після коми, наприклад, якщо обчислюють середнє значення кількох вимірювань або мінімальне значення, використовуючи допустимий відхил у відсотках від встановленого номінального значення, процедура є такою.

Якщо до округлення останній знак, який має бути залишено після коми, — 0, 1, 2, 3 або 4, то цифра залишається без зміни (округлення в бік зменшення).

Якщо до округлення останній знак, який має бути залишено після коми, — 9, 8, 7, 6 або 5, то цифра збільшується на одиницю (округлення в бік збільшення).

Приклади:

2,449 \approx 2,45 округлення до двох знаків після коми.

2,449 \approx 2,4 округлення до одного знака після коми.

2,453 \approx 2,45 округлення до двох знаків після коми.

2,453 \approx 2,5 округлення до одного знака після коми.

25,0478 \approx 25,048 округлення до трьох знаків після коми.

25,0478 \approx 25,05 округлення до двох знаків після коми.

25,0478 \approx 25,0 округлення до одного знака після коми.

ДОДАТОК С
(довідковий)ПЕРЕЛІК ВИПРОБУВАННЯ ТИПУ КАБЕЛЬНИХ СИСТЕМ,
КАБЕЛІВ Й АРМАТУРИ

Випробування типу кабельних систем, кабелів й арматури наведено в розділах 12, 13 та 14 відповідно.

У таблиці С.1 наведено перелік випробувань типу кабельних систем, кабелів й арматури та посилання на зазначені розділи.

Таблиця С.1 — Випробування типу кабельних систем, кабелів й арматури

Перелік	Випробування	Розділи		
		Кабельні системи	Кабелі	Арматура
a	Діапазон застосування випробування типу для затвердження типу зразка	12.1	13.1	14.1
b	Електричні випробування типу	12.3	13.3	14.3
c	Значення випробної напруги	12.3.1	12.3.1	12.3.1
d	Випробування на вигин Випробування на часткові розряди за температури навколишнього середовища	12.3.3 12.3.4	12.3.3 12.3.4	— 12.3.4
e	Вимірювання $\text{tg } \delta$	12.3.5	12.3.5	—
f	Випробування циклічним нагріванням під напругою	12.3.6	12.3.6	12.3.6
g	Випробування на часткові розряди за високої температури Випробування на часткові розряди за температури навколишнього середовища (після останнього циклу нагрівання або після випробування імпульсною напругою грозового розряду згідно з переліком і)	12.3.4 12.3.4	— 12.3.4	12.3.4 12.3.4
h	Випробування імпульсною напругою грозового розряду з подальшим випробуванням напругою промислової частоти	12.3.7	12.3.7	12.3.7
i	Випробування на часткові розряди за високої температури (якщо не проводили після випробування згідно з переліком f) Випробування на часткові розряди за температури навколишнього середовища (якщо не проводили після випробування згідно з переліком f)	12.3.4 12.3.4	— 12.3.4	12.3.4 12.3.4
j	Випробування зовнішнього захисного покриття сполучних муфт, прокладених у землі	Додаток Н	—	Додаток Н
k	Зовнішній огляд	12.3.8	12.3.8	12.3.8.1
l	Питомий опір напівпровідних екранів	12.3.9	12.3.9	—
m	Неелектричні випробування типу елементів конструкції кабелю та готового кабелю	12.4	12.4	—

ДОДАТОК D
(обов'язковий)МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ПИТОМОГО ОПОРУ
НАПІВПРОВІДНИХ ЕКРАНІВ

Кожен випробний зразок має бути відібрано від готового кабелю завдовжки 150 мм.

Для вимірювання на екрані по жилі зразок готують так: ізоляцію жили розрізають уздовж на-
впіл та видаляють жилу і сепаратор, якщо він є (див. рисунок D.1a). Для вимірювання на екрані по
ізоляції зразок готують так: видаляють усі покриття зі зразка жили (див. рисунок D.1b).

Процедуру для визначення питомого об'ємного опору екранів наведено нижче.

Чотири посріблені електроди А, В, С та D (див. рисунки D.1a та D.1b) має бути прикладено до
напівпровідних поверхонь. Два електроди напруги В та С мають перебувати на відстані 50 мм один
від одного, а два електроди струму А та D — на відстані не менше ніж 25 мм від електродів напруги.

Підімкнення має бути виконано на електродах за допомогою відповідних затискачів. Викону-
ючи підімкнення електродів екрана по жилі, треба переконатися, що на зовнішній поверхні випро-
бного зразка затискачі надійно ізолювано від екрана по ізоляції.

Цю збірку поміщають у заздалегідь нагрітий до встановленої температури термостат. Піс-
ля проміжку не менше ніж 30 хв вимірюють питомий опір між електродами за допомогою кола,
потужність якого не повинна перевищувати 100 мВт.

Після електричних вимірювань треба виміряти за температури навколишнього середовища
діаметри екрана по жилі й екрана по ізоляції, а також товщину екранів по жилі й ізоляції, кожне
прийняте значення є середнім із шести вимірювань, виконаних на зразку, зображеному на ри-
сунку D.1b.

Питомий об'ємний опір ρ_c , Ом · м, має бути обчислено так:

Екран по жилі:

$$\rho_c = \frac{R_c \pi (D_c - T_c) T_c}{2L_c},$$

де ρ_c — питомий об'ємний опір, Ом · м;

R_c — виміряний опір, Ом;

L_c — відстань між електродами напруги, м;

D_c — діаметр екрана по жилі, м;

T_c — середня товщина екрана по жилі, м.

Екран по ізоляції:

$$\rho_i = \frac{R_i \pi (D_i - T_i) T_i}{L_i},$$

де ρ_i — питомий об'ємний опір, Ом · м;

R_i — виміряний опір, Ом;

L_i — відстань між електродами напруги, м;

D_i — діаметр екрана по ізоляції, м;

T_i — середня товщина екрана по ізоляції, м.

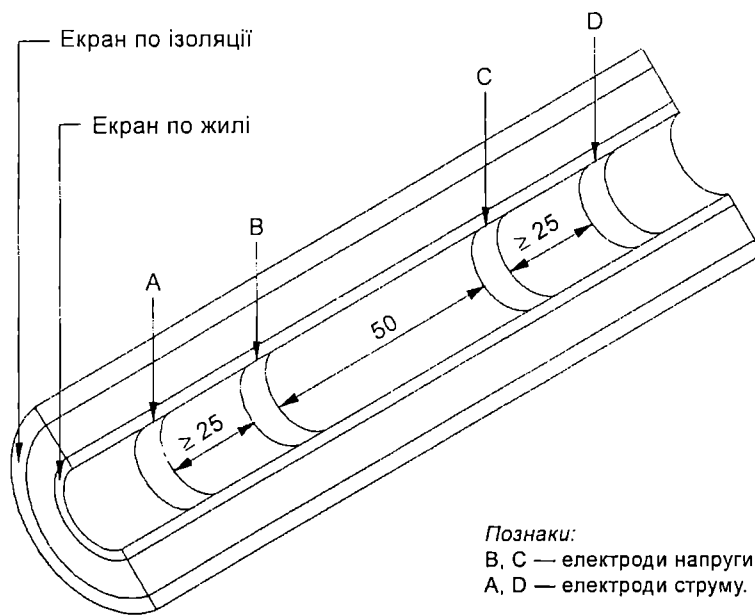


Рисунок D.1a — Вимірювання питомого об'ємного опору екрана по жилі

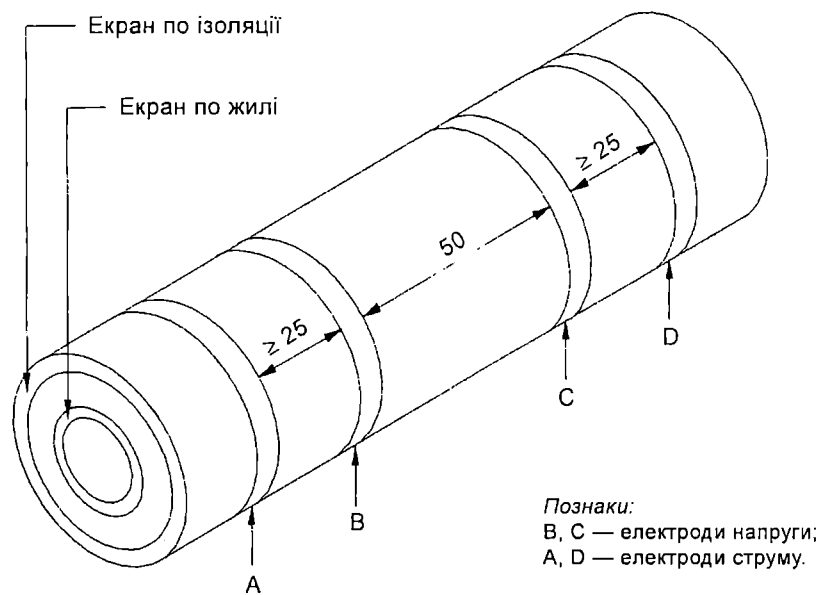


Рисунок D.1b — Вимірювання питомого об'ємного опору екрана по ізоляції

Рисунок D.1 — Готування зразків для вимірювання питомого опору екранів по жилі й ізоляції

ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДОСТІ ІЗОЛЯЦІЇ З ВИСОКОМОДУЛЬНОЇ ЕТИЛЕНПРОПІЛЕНОВОЇ ГУМИ (HEPR)

Е.1 Випробний зразок

Випробним зразком є зразок готового кабелю, з якого обережно видалено всі покриття, які були ззовні ізоляції з високомодульної етиленпропіленової гуми (HEPR). Допустимо виконувати випробування на зразку ізольованої жили.

Е.2 Випробування

Випробування виконують згідно з ISO 48, за винятками, зазначеними нижче.

Е.2.1 Поверхні з великим радіусом кривизни

Випробний прилад згідно з ISO 48 повинен мати таку конструкцію, щоб твердо прилягати до ізоляції з високомодульної етиленпропіленової гуми (HEPR), забезпечуючи вертикальний контакт притискної лапки й індентора з цією поверхнею одним із наведених нижче способів:

а) прилад має бути оснащено лапкою, що переміщується на універсальних шарнірах, які забезпечують регулювання зіткнення з кривою поверхнею;

б) на опорі приладу мають бути два паралельні ролики А й А', розташовані на відстані, визначеній кривизною поверхні (див. рисунок Е.1).

Ці методи може бути використано під час випробування на поверхні з радіусом кривизни менше ніж 20 мм.

Якщо товщина ізоляції з високомодульної етиленпропіленової гуми (HEPR) менше ніж 4 мм, то використовують прилад, описаний у методі згідно з ISO 48 для тонких і невеликих випробних зразків.

Е.2.2 Поверхні з невеликим радіусом кривизни

Якщо поверхня має менший радіус кривизни, ніж зазначено в Е.2.1, то випробний зразок має бути розташовано на тій самій жорсткій опорі, що й випробний прилад так, щоб мінімізувати переміщення ізоляції з високомодульної етиленпропіленової гуми (HEPR) під час прикладання до індентора додаткового зусилля продавлювання та забезпечити його вертикальне розташування над віссю випробного зразка. Для цього має бути передбачено таке:

а) розташування зразка в канавці або пазу металевого затискача (див. рисунок Е.2а):

б) розташування кінців жили випробного зразка у V-подібному блоці (див. рисунок Е.2б).

Найменший радіус кривизни поверхні, вимірюваний за допомогою цих методів, має бути не менше ніж 4 мм.

Для менших радіусів використовують прилад, описаний у методі згідно з ISO 48 для тонких і невеликих випробних зразків.

Е.2.3 Кондиціонування та температура випробування

Мінімальний проміжок часу між виготовленням, тобто вулканізацією, та випробуванням має бути не менше ніж 16 год.

Випробування виконують за температури (20 ± 2) °С, а випробні зразки витримують за цієї температури не менше ніж 3 год безпосередньо перед випробуванням.

Е.2.4 Кількість вимірювань

Проводять по одному вимірюванню в кожній із трьох або п'яти різних точок, розташованих по колу випробного зразка. Медіанне значення з результатів приймають за величину твердості зразка, округлену до найближчого цілого числа та виражену в міжнародних одиницях твердості гуми (IRHD).

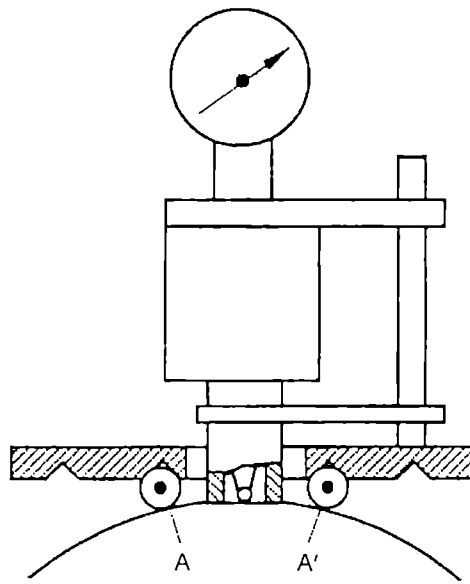


Рисунок Е.1 — Випробування на поверхні з великим радіусом кривизни

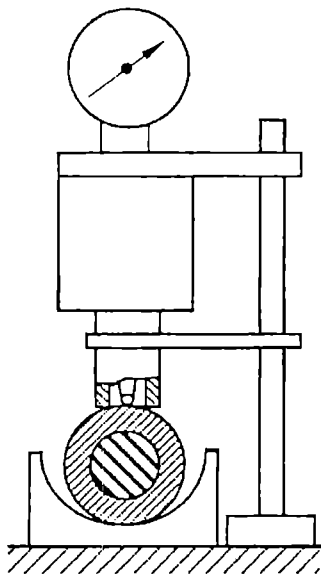


Рисунок Е.2а — Зразок у канавці блока

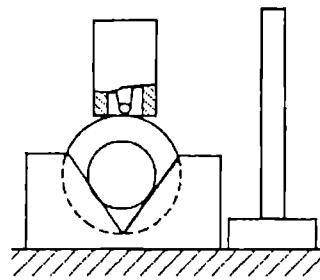


Рисунок Е.2б — Випробний зразок у V-подібному блоці

Рисунок Е.2 — Випробування на поверхні з невеликим радіусом кривизни

ДОДАТОК F
(обов'язковий)

ВИПРОБУВАННЯ НА ВОДОНЕПРОНИКНІСТЬ

F.1 Випробний зразок

Зразок готового кабелю завдовжки не менше ніж 6 м, який попередньо не проходив жодного з випробувань відповідно до 12.3 або 13.3, має бути випробувано на вигин відповідно до 12.3.3.

Від зразка кабелю, який випробовують на вигин, відрізають зразок завдовжки 6 м і розташовують його горизонтально. У центрі цього зразка видаляють кільце завширшки приблизно 50 мм. Це кільце має містити всі шари, що знаходяться із зовнішнього боку екрана по ізоляції. Якщо струмопровідна жила повинна мати поздовжньо водонепроникний бар'єр, кільце має охоплювати всі шари, що знаходяться із зовнішнього боку струмопровідної жили.

Якщо кабель містить проміжні бар'єри, що перешкоджають поздовжньому проникненню вологи, і зразок має принаймні два такі бар'єри, тоді кільце видаляють і з ділянки між бар'єрами. У цьому разі середню відстань між бар'єрами в таких кабелях має бути відомо.

Поверхні має бути відрізано так, щоб поверхні зрізу, що перевіряють на поздовжню герметичність, легко піддавалися дії води. Поверхні зрізу, не призначені для перевіряння на поздовжню герметичність (наприклад, поверхні зрізу між зовнішньою та металевою оболонкою, або якщо водонепроникний бар'єр має тільки струмопровідна жила), має бути герметизовано відповідним матеріалом або має бути видалено зовнішні покриття.

Випробний пристрій (див. рисунок F.1) має бути змонтовано так, щоб трубку діаметром не менше ніж 10 мм було розташовано вертикально над вирізаним кільцем із герметичним приляганням до поверхні зовнішньої оболонки. У тих місцях, де кабель виходить з апаратури, герметизація не повинна чинити механічного напруження на кабель.

Примітка. Стійкість окремих бар'єрів до поздовжнього проникнення вологи може залежати від складу води (наприклад, рН, концентрації іонів).

F.2 Випробування

Упродовж 5 хв трубку заповнюють водопровідною водою за температури (20 ± 10) °С так, щоб рівень води в трубці становив 1 м над центром кабелю (див. рисунок F.1).

Зразок витримують упродовж 24 год.

Потім зразок піддають 10 циклам нагрівання. Струмопровідну жилу нагрівають у відповідний спосіб, доки вона не досягне усталеної температури, яка на $(5—10)$ °С вище від максимальної температури жили за нормальних умов експлуатування, але вона в цьому разі не повинна досягати точки кипіння води.

Тривалість циклу нагрівання щонайменше 8 год. Температуру струмопровідної жили підтримують у межах усталеної температури щонайменше 2 год за кожного періоду нагрівання. Потім триває період природного охолодження щонайменше 16 год.

Стовп води підтримують на рівні 1 м.

Примітка. Упродовж усього випробування напругу не прикладають, доцільно послідовно з'єднати макетний кабель із випробним кабелем, у разі чого температуру вимірюють безпосередньо на струмопровідній жилі цього кабелю.

F.3 Вимоги

Під час випробування на кінцях випробного зразка не повинна з'являтися вода.

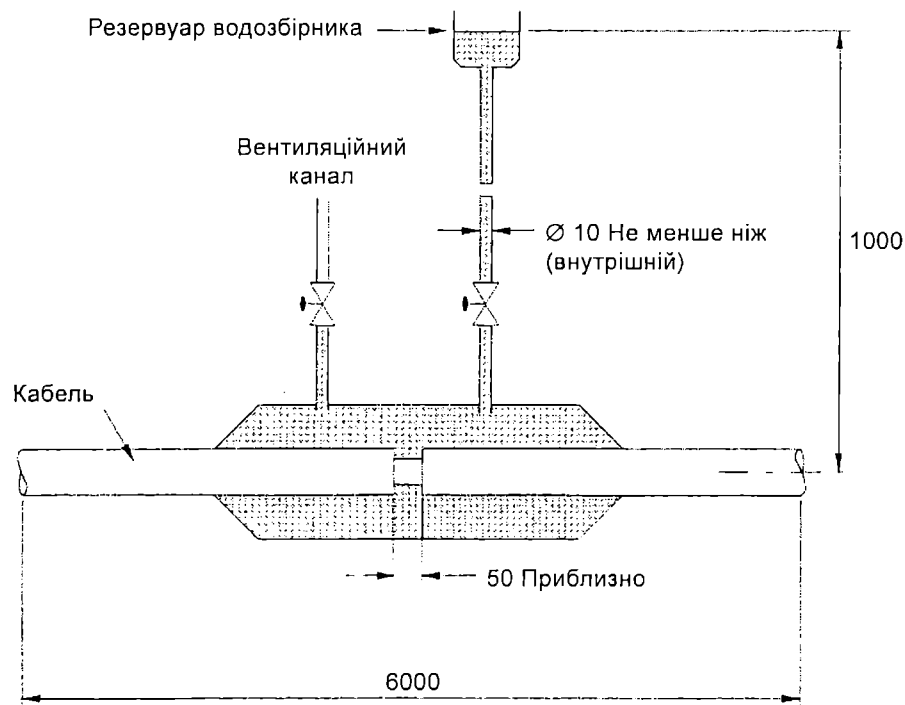


Рисунок F.1 — Схема устаткування для випробування на водонепроникність

ДОДАТОК G
(обов'язковий)

ВИПРОБУВАННЯ НА ЕЛЕМЕНТАХ КАБЕЛЮ З ПОЗДОВЖНЬО НАКЛАДЕНОЮ МЕТАЛЕВОЮ ФОЛЬГОЮ

G.1 Зовнішній огляд

Кабель розбирають і виконують зовнішнє оглядання. Зовнішнє оглядання зразків без застосування збільшувальних приладів має констатувати відсутність тріщин або відокремлення металевої фольги ламінованого захисного покритву або пошкодження інших частин кабелю.

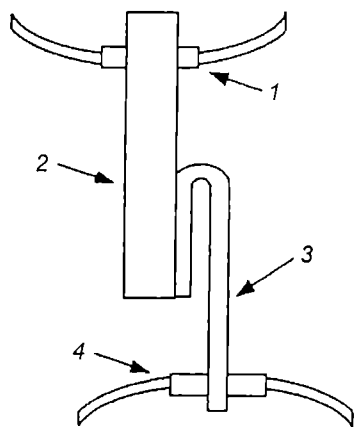
G.2 Міцність адгезії металевої фольги

G.2.1 Випробування

Випробний зразок відбирають від покритву кабелю в тому місці, де металева фольга має адгезію до зовнішньої оболонки.

Випробний зразок має бути завдовжки 200 мм та завширшки 10 мм відповідно.

З одного кінця випробного зразка знімають поверхневий шар на довжині (50—120) мм й уставляють його в розривну машину, закріпивши вільний кінець зовнішньої оболонки або екрана по ізоляції в одному затискачу. Вільний кінець металевої фольги відгинають вниз і закріплюють в іншому затискачу, як зображено на рисунку G.1.



Позначки:
 1, 4 — затискач;
 2 — зовнішня оболонка;
 3 — металева фольга чи ламінована металева фольга.

Рисунок G.1 — Адгезія металевої фольги

Під час випробовування зразок має міститися приблизно у вертикальному положенні в площині затискачів.

Після регулювання неперервно записувального пристрою починають відшарування зразка під кутом приблизно 180 °С і продовжують його на достатній відстані, щоб виміряти значення міцності адгезії. Щонайменше половину адгезійної поверхні, що залишилася, має бути відшаровано зі швидкістю приблизно 50 мм/хв.

G.2.2 Вимоги

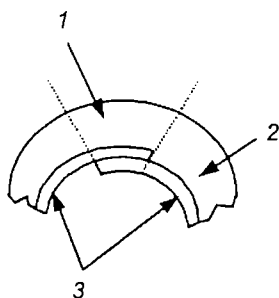
Обчислюють міцність адгезії діленням зусилля відшарування, у ньютонках, на ширину зразка, у міліметрах. Випробування виконують щонайменше на п'яти зразках; лінійне значення міцності адгезії має бути не менше ніж 0,5 Н/мм.

Примітка. Якщо міцність адгезії більше, ніж міцність під час розтягування металевої фольги настільки, що остання обривається до відшарування, то випробування треба припинити, а точку розриву зафіксувати.

G.3 Міцність відшарування металевої фольги, накладеної з перекриттям

G.3.1 Випробування

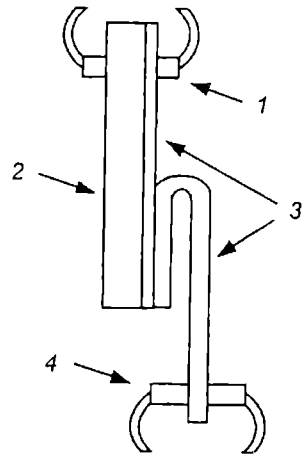
Відрізок зразка завдовжки 200 мм відбирають від кабелю, охоплюючи частину металевої фольги, накладеної з перекриттям. Випробний зразок готують, вирізуючи лише частину з перекриттям від цього зразка, як зображено на рисунку G.2.



Позначки:
 1 — зразок;
 2 — зовнішня оболонка;
 3 — металева фольга чи ламінована металева фольга.

Рисунок G.2 — Зразок металевої фольги, накладеної з перекриттям

Випробування має бути виконано так, як зазначено в G.2. Розташування випробного зразка зображено на рисунку G.3.



Позначки:

- 1, 4 — затискач;
- 2 — зовнішня оболонка;
- 3 — металева фольга чи ламінована металева фольга.

Рисунок G.3 — Міцність відшарування металевої фольги, накладеної з перекриттям

G.3.2 Вимоги

Мінімальне значення міцності відшарування має бути не менше ніж 0,5 Н/мм.

Примітка. Якщо міцність відшарування більше, ніж міцність під час розтягування металевої фольги настільки, що остання обривається до відшарування, то випробування треба припинити, а точку розриву зафіксувати.

ДОДАТОК Н (обов'язковий)

ВИПРОБУВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ЗАХИСНОГО ПОКРИВУ З'ЄДНУВАЧІВ, ПРОКЛАДЕНИХ У ЗЕМЛІ

Н.1 Сфера застосування

Цей додаток установлює процедуру, яку треба прийняти для затвердження типу випробування зовнішнього захисного покриття з'єднувача всіх типів, використаного в з'єднувачах, прокладених у землі, або пристосовань розривів оболонок, використовуваних у силових кабельних системах з ізоляційною оболонкою і, за потреби, ізоляції оболонок із перериванням екрана.

Н.2 Діапазон застосування випробування типу для затвердження типу

Якщо для зовнішнього захисного покриття з'єднувача, що має входи для таких деталей конструкції, як з'єднання кабелів, потрібно випробування типу для затвердження типу, то за випробування зовнішнього захисного покриття ці деталі конструкції має бути ввімкнено.

Успішне випробування зовнішнього захисного покриття з'єднувача для розриву оболонки для найменших і найбільших діаметрів готового кабелю з метою визначення застосування типу випробування для затвердження типу підтверджує застосування цього захисту для подібної арматури без розриву оболонки, але не навпаки.

Якщо затвердження одержано для одного типу зовнішнього захисного покриття з'єднувача, це затвердження треба розглядати як допустиме для всіх типів зовнішнього захисного покриття, запропоноване тим самим виробником, що використовує ті самі основні принципи конструювання та матеріали, у діапазоні випробувальних діаметрів і менших або тих, що дорівнюють значенням випробних напруг.

Випробування відповідно до Н.3 та Н.4 має бути виконано послідовно на покритті з'єднувача, на якому одержано позитивний результат під час випробування циклічним нагріванням під напругою (див. 12.3.6) або на окремому покритті з'єднувача, яке витримало не менше ніж три цикли нагрівання без напруги, як установлено в 12.3.2g).

Н.3 Занурення у воду та циклічне нагрівання

Випробну збірку має бути занурено у воду на глибину не менше ніж 1 м від найвищої точки зовнішнього захисного покриття. За потреби випробування може бути виконано з використанням резервуара для води, з'єднаного з герметичним резервуаром, у якому міститься випробна збірка.

Усього має бути виконано 20 циклів нагрівання/охолодження з підвищенням температури води до температури на (15—20) °С нижче від максимальної температури жили кабелю за нормальних умов експлуатування. У кожному циклі воду має бути нагріто до встановленої температури, витриманої за цього значення не менше ніж 5 год, а потім охолоджено до температури на 10 °С вище за температуру навколишнього середовища. Випробну температуру можна одержати, змішуючи воду з водою нижчої або вищої температури.

Н.4 Випробування напругою

Після циклів нагрівання випробну збірку залишають у воді й проводять випробування напругою, як зазначено нижче.

Н.4.1 Збірки, що мають арматуру без розриву ізоляційної оболонки

Треба прикласти випробну напругу постійного струму 20 кВ упродовж 1 хв між металевим екраном/оболонкою силового кабелю та зовнішньою частиною уземленого зовнішнього захисного покриття з'єднувача.

Н.4.2 Збірки, що мають арматуру з розривом ізоляційної оболонки

Н.4.2.1 Випробування напругою постійного струму

Треба прикласти випробувальну напругу постійного струму 20 кВ упродовж 1 хв між металевими екранами/оболонками силового кабелю на одному з кінців арматури, а також між металевими екранами/оболонками й зовнішньою частиною уземленого зовнішнього захисного покриття з'єднувача.

Н.4.2.2 Випробування імпульсною напругою

Для випробування кожної частини до землі випробну напругу відповідно до таблиці Н.1 має бути прикладено між металевими екранами/оболонками й зовнішньою частиною вузла, що міститься у воді. Якщо не можна виконати випробування імпульсною напругою на вузлі, що міститься у воді, то її може бути виїнято з води та швидко випробувано, або її можна підтримувати вологою, обернувши мокрою тканиною, або по всій зовнішній поверхні випробної збірки може бути накладено провідний покрив. Для випробування між металевими екранами/оболонками вузол має бути виїнято з води перед випробуванням імпульсною напругою.

Процедуру виконують згідно з ІЕС 60230, а з'єднувач перебуває за температури навколишнього середовища.

Таблиця Н.1 — Випробування імпульсною напругою

Номинальна імпульсна напруга грозового розряду основної ізоляції ¹⁾ , кВ	Рівень імпульсу, кВ			
	Між частинами		Між кожною частиною та землею	
	Провід ≤ 3 м	Провід > 3 м та ≤ 10 м ²⁾	Провід ≤ 3 м	Провід > 3 м та ≤ 10 м ²⁾
Від 250 до 325 включ.	60	60	30	30
Понад 325 до 750 включ.	60	75	30	37,5

¹⁾ Див. таблицю 4, колонку 8.
²⁾ Якщо обмежувачі напруги на оболонці розташовано біля з'єднувача, то використовують напруги для проводів ≤ 3 м.

Під час випробувань, наведених вище, не повинно спостерігатися жодного пробою.

Н.5 Зовнішнє оглядання випробного вузла

Після випробування відповідно до Н.4 треба оглянути випробний вузол.

Коробки для захисного покриття з'єднувача, заповнені змінними композиціями, розглядають як такі, що задовольняють вимоги, якщо немає видимих слідів внутрішніх порожнеч, внутрішніх переміщень композицій, обумовлених проникненням води, або витоку композиції через різні герметизувальні засоби або стінки коробки.

У зовнішньому захисному покритті з'єднувача, де використовують інші варіанти конструкції та матеріали, не повинно бути слідів проникнення води або внутрішньої корозії.

БІБЛІОГРАФІЯ

- IEC 60287 (all parts) Electric cables — Calculation of the current rating
- IEC 60853-2 Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables — Part 2: Cyclic rating of cables greater than 18/30 (36) kV and emergency ratings for cables of all voltages
- IEC 61443 Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV)
- Guide to the protection of specially bonded cable systems against sheath overvoltages, *Electra* No 128, January 1990, pp. 46—62
- Guidelines for tests on high voltage cables with extruded insulation and laminated protective coverings, *Electra* No 141, April 1992, pp. 53—61
- CIGRE Technical Brochure: Accessories for HV extruded cables, *Electra* No 157, December 1994, pp. 84—89
- After laying tests on high voltage extruded insulation cable systems, *Electra* No 173, August 1997, pp. 32—41
- Experiences with AC tests after installation on the main insulation of polymeric (E) HV cable systems, *Electra* No 205, December 2002, pp. 26—36.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

- IEC 60287 (усі частини). Електричні кабелі. Обчислення номінального струмового навантаження
- IEC 60853-2 Обчислення струмового навантаження кабелів у циклічному й аварійному режимах. Частина 2. Коефіцієнт циклічного навантаження кабелів на номінальну напругу понад 18/30 (36) кВ й аварійного навантаження кабелів усіх напруг
- IEC 61443 Граничні температури електричних кабелів на номінальну напругу понад 30 кВ ($U_m = 36$ кВ) в умовах короткого замикання
- Рекомендації щодо захисту від перенапружень оболонок кабельних систем зі спеціальними з'єднувачами. *Electra* № 128, січень 1990, с. 46—62
- Настанови щодо випробування високовольтних кабелів з екструдованою ізоляцією та ламінованим захисним покривом. *Electra* № 141, квітень 1992, с. 53—61
- Тематична підбірка CIGRE. Арматура для кабелів високої напруги з екструдованою ізоляцією. *Electra* № 157, грудень 1994, с. 84—89
- Випробування після прокладення кабельних систем високої напруги з екструдованою ізоляцією. *Electra* № 173, серпень 1997, с. 32—41
- Досліди щодо випробування напругою змінного струму після прокладення основної ізоляції кабельних систем високої напруги з полімерною ізоляцією. *Electra* № 205, грудень 2002, с. 26—36.

ДОДАТОК НА
(довідковий)

**ПЕРЕЛІК НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ,
ЗГАРМОНІЗОВАНИХ ІЗ МІЖНАРОДНИМИ
НОРМАТИВНИМИ ДОКУМЕНТАМИ, НА ЯКІ Є ПОСИЛАННЯ
В ЦЬОМУ СТАНДАРТІ**

ДСТУ 4216:2003 Випробовування електричних кабелів в умовах впливу вогню. Частина 1. Випробовування на поширення полум'я поодинокі прокладеного вертикально розташованого ізоляційного проводу або кабелю (IEC 60332-1:1993, MOD)

ДСТУ ІЕС 60811-1-1:2004 Матеріали ізоляції та оболонок електричних і оптичних кабелів. Загальні методи випробування. Частина 1-1. Загальне застосування. Вимірювання товщини та зовнішніх розмірів. Випробування для визначення механічних властивостей (IEC 60811-1-1:2001, IDT)

ДСТУ ІЕС 60811-1-2:2004 Матеріали ізоляції та оболонки електричних і оптичних кабелів. Загальні методи випробування. Частина 1-2. Загальне застосування. Методи теплового старіння (ІЕС 60811-1-2:1985, IDT)

ДСТУ ІЕС 60811-1-3:2005 Матеріали ізоляції та оболонки електричних і оптичних кабелів. Загальні методи випробування. Частина 1-3. Загальне застосування. Методи визначення густини. Випробування на водовбирання. Випробування на зсідання (ІЕС 60811-1-3:2001, IDT)

ДСТУ ІЕС 60811-1-4:2004 Матеріали ізоляції та оболонки електричних і оптичних кабелів. Загальні методи випробування. Частина 1-4. Загальне застосування. Випробування за низької температури (ІЕС 60811-1-4:1985, IDT)

ДСТУ ІЕС 60811-2-1:2004 Матеріали ізоляції та оболонки електричних і оптичних кабелів. Загальні методи випробування. Частина 2-1. Спеціальні методи випробування еластомерних композицій. Випробування на озоностійкість, теплову деформацію та стійкість до дії мінеральної оливи (ІЕС 60811-2-1:2001, IDT)

ДСТУ ІЕС 60811-3-1:2004 Матеріали ізоляції та оболонки електричних і оптичних кабелів. Загальні методи випробування. Частина 3-1. Спеціальні методи випробування полівінілхлоридних композицій. Випробування натисканням за високої температури. Випробування на стійкість до розтріскування (ІЕС 60811-3-1:1985, IDT)

ДСТУ ІЕС 60811-3-2:2004 Матеріали ізоляції та оболонки електричних і оптичних кабелів. Загальні методи випробування. Частина 3-2. Спеціальні методи випробування полівінілхлоридних композицій. Випробування для визначення втрати маси. Випробування на термостійкість (ІЕС 60811-3-2:1995, IDT)

ДСТУ ІЕС 60811-4-1:2005 Матеріали ізоляції та оболонки електричних і оптичних кабелів. Загальні методи випробування. Частина 4-1. Методи, застосовувані до поліетиленових і поліпропіленових композицій. Стійкість до розтріскування за дії зовнішніх чинників. Вимірювання індексу текучості розплаву. Вимірювання вмісту сажі та (чи) мінерального наповнювача в поліетилені безпосереднім згорянням. Вимірювання вмісту сажі за допомогою термогравіметричного аналізу (ТГА). Оцінювання мікроскопом дисперсності сажі в поліетилені (ІЕС 60811-4-1:2004, IDT).

Код УКНД 29.060.20

Ключові слова: арматура, випробування, ізоляція, кабелі, оболонка.
