



НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

ДСТУ EN 62305-3:2021
(EN 62305-3:2011, IDT;
IEC 62305-3:2010, MOD)

БЛИСКАВКОЗАХИСТ

Частина 3. Фізичні пошкодження будівель (споруд)
та небезпека для життя

Відповідає офіційному тексту

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

ПЕРЕДМОВА

- 1 РОЗРОБЛЕНО: Технічний комітет стандартизації «Засоби техногенної безпеки будівель і споруд» (ТК 315)
- 2 ПРИЙНЯТО ТА НАДАНО ЧИННОСТІ: наказ Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ») від 09 грудня 2021 р. № 490 з 2022–08–01
- 3 Національний стандарт відповідає EN 62305-3:2011 Protection against lightning — Part 3: Physical damage to structures and life hazard (Блискавкозахист. Частина 3. Фізичні пошкодження будівель (споруд) та небезпека для життя) і внесений з дозволу CENELEC, Rue de la Science 23, B-1040 Brussels, Belgium. Усі права щодо використання європейських стандартів у будь-якій формі й будь-яким способом залишаються за CENELEC
Ступінь відповідності — ідентичний (IDT)
Переклад з англійської (en)
- 4 Цей стандарт розроблено згідно з правилами, установленними в національній стандартизації України
- 5 НА ЗАМІНУ ДСТУ EN 62305-3:2012

Право власності на цей національний стандарт належить державі.
Заборонено повністю чи частково видавати, відтворювати
здля розповсюдження і розповсюджувати як офіційне видання
цей національний стандарт або його частини на будь-яких носіях інформації
без дозволу ДП «УкрНДНЦ» чи уповноваженої ним особи

ДП «УкрНДНЦ», 2022

ЗМІСТ

Національний вступ	VIII
Вступ до IEC 62305-3:2010	VIII
1 Сфера застосування.....	1
2 Нормативні посилання	1
3 Терміни та визначення понять	2
4 Система блискавкозахисту (LPS)	5
4.1 Клас LPS	5
4.2 Конструкція LPS	5
4.3 Беперервність риштунку в залізобетонних будівлях (спорудах)	6
5 Зовнішня система блискавкозахисту	6
5.1 Загальні положення	6
5.1.1 Застосування зовнішньої LPS	6
5.1.2 Вибір зовнішньої LPS	6
5.1.3 Використання природних компонентів	6
5.2 Системи перехоплення блискавки.....	7
5.2.1 Загальні положення	7
5.2.2 Розставлення перехоплювачів.....	7
5.2.3 Перехоплювачі від спалахів до фасадів високих будівель (споруд)	8
5.2.4 Спорудження	8
5.2.5 Природні компоненти.....	9
5.3 Системи доземних провідників	10
5.3.1 Загальні положення	10
5.3.2 Позиціонування ізольованої LPS	10
5.3.3 Позиціонування неізольованої LPS	10
5.3.4 Спорудження	11
5.3.5 Природні компоненти	11
5.3.6 Перевіркові злучники	12
5.4 Система земляного закінчення	12
5.4.1 Загальні положення	12
5.4.2 Система розміщення уземлення в загальних умовах	12
5.4.3 Встановлення уземлювальних електродів	14
5.4.4 Природні уземлювальні електроди.....	14
5.5 Компоненти	14
5.5.1 Загальні положення	14
5.5.2 Закріплення	15
5.5.3 З'єднання	15

5.6 Матеріали та розміри	16
5.6.1 Матеріали	16
5.6.2 Розміри	16
6 Внутрішня система блискавкозахисту	17
6.1 Загальні положення	17
6.2 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту	18
6.2.1 Загальні положення	18
6.2.2 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для металевих конструкцій	18
6.2.3 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для зовнішніх струмопровідних частин	19
6.2.4 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для внутрішніх систем	19
6.2.5 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для ліній, приєднаних до захищеної будівлі (споруди)	20
6.3 Електричне ізолювання зовнішньої LPS	20
6.3.1 Загальні положення	20
6.3.2 Спрощений підхід	21
6.3.3 Докладний підхід	21
7 Обслуговування та перевіряння LPS	21
7.1 Загальні положення	21
7.2 Застосування перевірок	21
7.3 Порядок перевірок	22
7.4 Технічне обслуговування	22
8 Заходи захисту від загрози для життя внаслідок дії напруги дотику та крокової напруги	22
8.1 Заходи захисту від напруги дотику	22
8.2 Заходи захисту від крокової напруги	22
Додаток А (обов'язковий) Розміщення системи перехоплення	23
Додаток В (обов'язковий) Мінімальний поперечний переріз екрана вхідного кабелю для уникнення небезпечного іскріння	27
Додаток С (довідковий) Оцінювання роздільної відстані s	28
Додаток D (обов'язковий) Додаткові відомості для LPS для будівель (споруд) з ризиком вибуху	34
Додаток Е (довідковий) Настанови щодо проєктування, монтажу, технічного обслуговування та перевіряння систем захисту від блискавки	39
Бібліографія	115
Додаток НА (довідковий) Перелік національних стандартів України, ідентичних і/або модифікованих з європейськими та міжнародним нормативними документами, посилання на які є в цьому стандарті	116
Рисунок 1 — Захисний кут відповідно до класу LPS	8
Рисунок 2 — Петля в доземному провіднику	11
Рисунок 3 — Мінімальна довжина l_1 кожного уземлювального електрода відповідно до класу LPS	13
Рисунок А.1 — Об'єм, захищений вертикальним стрижневим перехоплювачем	23
Рисунок А.2 — Об'єм, захищений вертикальним стрижневим перехоплювачем	24

Рисунок А.3 — Об'єм, захищений дротовою системою перехоплення	24
Рисунок А.4 — Об'єм, захищений ізольованими дротами, об'єднаними в сітку, відповідно до методу захисного кута та методу сфери, що котиться	25
Рисунок А.5 — Об'єм, захищений неізольованими дротами, об'єднаними в сітку, відповідно до методу сітки та методу захисного кута	25
Рисунок А.6 — Конструкція системи перехоплювачів відповідно до методу сфери, що котиться	26
Рисунок С.1 — Значення коефіцієнта k_c за використання дротової системи перехоплювачів	28
Рисунок С.2 — Значення коефіцієнта k_c за використання системи з кількома доземними провідниками	29
Рисунок С.3 — Значення коефіцієнта k_c для похилої покрівлі з перехоплювачем на гребені	30
Рисунок С.4 — Приклади розрахунку роздільної відстані за використання кількох доземних провідників зі з'єднувальним кільцем на кожному рівні	32
Рисунок С.5 — Значення коефіцієнта k_c за використання сітчастої системи перехоплювачів з кількома доземними провідниками	33
Рисунок Е.1 — Структурна схема проєктування LPS	40
Рисунок Е.2 — Конструкція LPS для консольної частини будівлі (споруди)	44
Рисунок Е.3 — Вимірювання загального електричного опору	45
Рисунок Е.4 — Еквіпотенційні сполучення в будівлі (споруді) зі сталевим риштунком	46
Рисунок Е.5 — Типові способи з'єднання стрижнів риштунку в бетоні (якщо дозволено)	47
Рисунок Е.6 — Приклад затискачів, що їх використовують для з'єднання між стрижнями риштунку та провідниками	48
Рисунок Е.7 — Приклади точок сполучення з риштунком у залізобетонній стіні	49
Рисунок Е.8 — Використання металевого фасаду як системи природних доземних провідників та з'єднання несної конструкції фасаду	52
Рисунок Е.9 — Під'єднання вікон із суцільним стрічковим склінням до металевого покриття фасаду	53
Рисунок Е.10 — Внутрішні доземні провідники у промислових будівлях (спорудах)	55
Рисунок Е.11 — Установлення сполучних провідників у залізобетонних будівлях (спорудах) та гнучких перемичок між двома залізобетонними частинами	57
Рисунок Е.12 — Проєктування системи перехоплення методом захисного кута для різних висот відповідно до таблиці 2	59
Рисунок Е.13 — Ізольована зовнішня LPS з двома ізольованими щоглами перехоплення, спроєктвана за методом захисного кута	60
Рисунок Е.14 — Ізольована зовнішня LPS з двома ізольованими щоглами перехоплення, з'єднаними між собою горизонтальним натягненим тросом.....	61
Рисунок Е.15 — Приклад проєктування перехоплення неізольованої LPS стрижнями перехоплення	62
Рисунок Е.16 — Приклад проєктування перехоплення неізольованої LPS з горизонтальним тросом за проєктним методом захисного кута	63
Рисунок Е.17 — Захищений об'єм стрижня перехоплювача на похилій поверхні за проєктним методом захисного кута.....	64
Рисунок Е.18 — Проєктування мережі провідників перехоплення блискавки на будівлі (споруді) складної форми	65

Рисунок Е.19 — Проєктування перехоплення LPS з використанням методу захисного кута, методу сітки та загальне розміщення елементів перехоплення	66
Рисунок Е.20 — Простір, захищений двома паралельними горизонтальними тросами чи двома стрижнями перехоплення ($r > h_t$)	67
Рисунок Е.21 — Три приклади проєктування неізольованого перехоплення LPS відповідно до проєктного методу сітки	69
Рисунок Е.22 — Чотири приклади подробиць LPS на будівлі (споруді) з похилою черепичною покрівлею	71
Рисунок Е.23 — Перехоплювачі та візуально приховані провідники для будинків до 20 м заввишки з похилими покрівлями	72
Рисунок Е.24 — Конструкція LPS з використанням природних компонентів на покрівлі будівлі (споруди)	73
Рисунок Е.25 — Розміщення зовнішньої LPS на будівлі (споруді), зробленої з ізоляційного матеріалу, приміром дерева чи цегли, до 60 м заввишки з плоскою покрівлею та з покрівельними затисками	74
Рисунок Е.26 — Конструкція мережі перехоплення на покрівлі зі струмопровідним покриттям, де проколювання покриття є неприйнятним	75
Рисунок Е.27 — Конструкція зовнішньої LPS на залізобетонній будівлі (споруді) з використанням риштунку зовнішніх стін як природних компонентів	76
Рисунок Е.28 — Приклад шапки перехоплювача, використовуваного на покрівлях автомобільних паркінгів	77
Рисунок Е.29 — Стрижень перехоплювача, що його використовують для захисту металевої конструкції на покрівлі з електричним силовим устаткуванням, яке не є сполученим із системою перехоплення	77
Рисунок Е.30 — Метод досягнення електричної безперервності на металевому покритті парапету	78
Рисунок Е.31 — Металева надбудова покрівлі, захищена від прямого влучання блискавки, яка є під'єднаною до системи перехоплювачів	81
Рисунок Е.32 — Приклади блискавкозахисту будинку з телевізійною антеною	83
Рисунок Е.33 — Улаштування блискавкозахисту металевого обладнання на покрівлі проти прямого спалаху блискавки	84
Рисунок Е.34 — Приєднання природного стрижня перехоплення до провідника перехоплення	85
Рисунок Е.35 — Конструкція сполучень між сегментами металевих фасадних плит	86
Рисунок Е.36 — Улаштування зовнішньої LPS на будівлі (споруді) з ізоляційного матеріалу з різними рівнями покрівлі	88
Рисунок Е.37 — П'ять прикладів геометрії провідників LPS	89
Рисунок Е.38 — Конструкція LPS з використанням лише двох доземних провідників та фундаментних уземлювальних електродів	90
Рисунок Е.39 — Чотири приклади приєднання земляного закінчення до LPS будівель (споруд) з використанням природних доземних провідників (колон) та подробиці перевірових злучників	93
Рисунок Е.40 — Конструкція фундаментного уземлювального кільця для будівель (споруд) з різними конструкціями фундаменту	96
Рисунок Е.41 — Два приклади вертикальних електродів у розміщенні уземлювача типу А	97

Рисунок Е.42 — Сіткова система земляного закінчення промислового об'єкта	100
Рисунок Е.43 — Приклад розміщення еквіпотенційних сполучень	105
Рисунок Е.44 — Приклад розміщення сполучень у будівлі (споруді) з численними точками уводу зовнішніх струмопровідних частин, де кільцевий електрод використовують для взаємного зв'язку сполучних шин	106
Рисунок Е.45 — Приклад сполучень за наявності численних точок уводу зовнішніх струмопровідних частин та електричної живильної чи телекомунікаційної лінії, де внутрішній кільцевий провідник використовують для взаємного зв'язку сполучних шин	107
Рисунок Е.46 — Приклад розміщення сполучень у будівлі (споруді) з численними точками уводу зовнішніх струмопровідних частин, які входять до будівлі (споруди) над рівнем ґрунту	108
Рисунок Е.47 — Вказівки з обчислень роздільної відстані s для найгіршого випадку точки перехоплення блискавки на відстані l від характерної точки відповідно до 6.3	110
Таблиця 1 — Співвідношення між рівнями блискавкозахисту (LPL) та класом LPS (див. EN 62305-1)	5
Таблиця 2 — Максимальні значення радіуса сфери, що котиться, розміру сітки та захисного кута відповідно до класу LPS	7
Таблиця 3 — Мінімальна товщина бляхи чи металевих труб у системах перехоплення	9
Таблиця 4 — Типові рекомендовані розміри відстані між доземними провідниками відповідно до класу LPS	10
Таблиця 5 — Матеріали LPS та умови використання	15
Таблиця 6 — Матеріал, конфігурація та мінімальна площа перерізу провідників та стрижнів перехоплювачів, стрижнів уводу до уземлення та доземних провідників	16
Таблиця 7 — Матеріал, конфігурації та мінімальні розміри уземлювальних електродів	17
Таблиця 8 — Мінімальні розміри провідників, що з'єднують різні сполучні шини чи з'єднують сполучні шини із системою земляного закінчення	18
Таблиця 9 — Мінімальні розміри провідників, що з'єднують внутрішнє металеве устаткування зі сполучною шиною	19
Таблиця 10 — Ізолювання зовнішньої LPS. Значення коефіцієнта k_i	20
Таблиця 11 — Ізолювання зовнішньої LPS. Значення коефіцієнта k_m	20
Таблиця 12 — Ізолювання зовнішньої LPS. Орієнтовні значення коефіцієнта k_c	21
Таблиця В.1 — Довжина кабелю, яку вибирають відповідно до стану екрана	27
Таблиця Е.1 — Рекомендовані центри фіксації	70
Таблиця Е.2 — Максимальний інтервал між перевірками LPS	112

НАЦІОНАЛЬНИЙ ВСТУП

Цей національний стандарт ДСТУ EN 62305-3:2021 (EN 62305-3:2011, IDT; IEC 62305-3:2010, MOD) «Блискавкозахист. Частина 3. Фізичні пошкодження будівель (споруд) та небезпека для життя», прийнятий методом перекладу, — ідентичний щодо EN 62305-3:2011 (версія en) «Protection against lightning — Part 3: Physical damage to structures and life hazard».

Технічний комітет стандартизації, відповідальний за цей стандарт в Україні, — ТК 315 «Засоби техногенної безпеки будівель і споруд».

У цьому національному стандарті зазначено вимоги, які відповідають законодавству України.

До стандарту внесено такі редакційні зміни:

- слова «цей міжнародний стандарт» і «ця частина стандарту» замінено на «цей стандарт»;
- зі «Вступу» до EN 62305-3:2011 у цей «Національний вступ» внесено все, що безпосередньо стосується цього стандарту;

- вилучено «Передмову» до EN 62305-3:2011 як таку, що безпосередньо не стосується технічного змісту цього стандарту.

- структурні елементи стандарту: «Титульний аркуш», «Передмову», «Національний вступ», першу сторінку, «Терміни та визначення понять» і «Бібліографічні дані» — оформлено згідно з вимогами національної стандартизації України;

- у розділі «Нормативні посилання» наведено «Національне пояснення», виділене рамкою;

- додано довідковий додаток НА (Перелік національних стандартів України, ідентичних і/або модифікованих з європейськими та міжнародними нормативними документами, посилання на які є в цьому стандарті).

Копії нормативних документів, посилання на які є в цьому стандарті, можна отримати в Національному фонді нормативних документів.

ВСТУП до IEC 62305-3:2010

Цей стандарт стосується захисту всередині та навколо будівлі (споруди) від фізичних пошкоджень та загрози для життя внаслідок дії напруги дотику та крокової напруги.

Основним та найефективнішим засобом захисту будівель (споруд) від фізичних пошкоджень вважають систему блискавкозахисту (LPS). Вона зазвичай складається як із зовнішньої, так і з внутрішньої систем захисту.

Зовнішня LPS призначена для

- а) перехоплення спалаху блискавки до будівлі (споруди) (системою перехоплення),
- б) безпечного відведення струму блискавки до землі (з використанням системи доземних провідників),
- в) розсіювання струму блискавки в землі (з використанням системи земляного закінчення).

Внутрішня LPS запобігає небезпечному іскрінню всередині будівель (споруд) за допомогою чи еквівалентних сполучень, чи роздільної відстані (а, отже, електричного ізолювання) між зовнішньою LPS (як визначено в 3.2) та іншими струмопровідними елементами всередині будівель (споруд).

Основні заходи захисту від загрози для життя внаслідок дії напруги дотику та крокової напруги є скерованими на те, аби:

- 1) зменшити небезпечне протікання струму крізь тіла ізолюванням відкритих електропровідних частин та/або підвищенням питомого опору поверхні ґрунту,

- 2) зменшити можливість ураження внаслідок дії напруги дотику та крокової напруги обмеженням доступу та/чи застосуванням попереджувальних написів.

Тип і розміщення LPS належить ретельно розглянути на початковому етапі проєктування нової будівлі (споруди), що дасть змогу максимально скористатися перевагами, які надає використання електропровідних частин будівлі (споруди). У такому разі проєктування та спорудження об'єднаної системи стає простішим, загальні естетичні аспекти будівлі (споруди) можуть бути поліпшені, а ефективність LPS може бути збільшена за мінімальних витрат і зусиль.

Доступ до землі та належне використання металоконструкцій фундаменту для формування ефективного земляного закінчення може стати неможливим після початку будівельних робіт на майданчику.

Отже, питомий опір ґрунту та характер землі належить розглянути в найпершій можливій стадії проєктування. Ця інформація є основою для проєктування системи уземлення та може впливати на проєктування фундаменту будівлі (споруди).

Регулярні консультації між проєктувальниками та монтажниками LPS, архітекторами та будівельниками є необхідними для досягнення кращого результату за мінімальних витрат.

Якщо блискавкозахист влаштовують на готовій будівлі (споруді), належить докласти всіх зусиль до того, аби він відповідав принципам цього стандарту. За вибору типу та розміщення LPS враховують особливості готової будівлі (споруди).

НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ

БЛИСКАВКОЗАХИСТ

Частина 3. Фізичні пошкодження будівель (споруд)
та небезпека для життя

PROTECTION AGAINST LIGHTNING

Part 3. Physical damage to structures and life hazard

Чинний від 2022-08-01

1 СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Цей стандарт містить вимоги щодо захисту будівлі (споруди) від фізичних пошкоджень за допомогою системи блискавкозахисту (LPS), а також від небезпеки для життя внаслідок дії напруги дотику та крокової напруги поблизу LPS (див. EN 62305-1).

Цей стандарт є прийнятним для:

а) проєктування, монтажу, перевіряння й технічного обслуговування LPS для будівель (споруд) без обмеження їхньої висоти.

б) вжиття заходів для захисту від загрози для життя внаслідок дії напруги дотику та крокової напруги.

Примітка 1. Особливі вимоги до LPS у будівлях (спорудах), які становлять небезпеку для довкілля внаслідок ризику вибуху, перебувають у стадії розгляду. Додаткову інформацію подано в додатку D для використання в проміжний період.

Примітка 2. Цей стандарт не призначений для забезпечення захисту від збоїв електричних та електронних систем унаслідок перенапруг. Спеціальні вимоги для таких випадків подано в EN 62305-4.

Примітка 3. Особливі вимоги щодо блискавкозахисту вітротурбін подано в IEC 61400-24 [2].

2 НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

Наведені нижче нормативні документи необхідні для застосування цього стандарту. У разі датованих посилань застосовують лише наведені видання. У разі недатованих посилань потрібно користуватись останнім виданням нормативних документів (разом зі змінами).

EN 60079-10-1:2009 Explosive atmospheres — Part 10-1: Classification of areas — Explosive gas atmospheres

EN 60079-10-2:2009 Explosive atmospheres — Part 10-2: Classification of areas — Explosive dust atmospheres

EN 60079-14:2008 Explosive atmospheres — Part 14: Electrical installations design, selection and erection

EN 61557-4 Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V AC and 1 500 V DC — Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures — Part 4: Resistance of earth connection and equipotential bonding

EN 61643-11 Low-voltage surge protective devices — Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power systems — Requirements and tests

EN 61643-21 Low voltage surge protective devices — Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks — Performance requirements and testing

EN 62305-1 Protection against lightning — Part 1: — General principles

EN 62305-2 Protection against lightning — Part 2: Risk management

EN 62305-4 Protection against lightning — Part 4: Electrical and electronic systems within structures

EN 62561 (all parts)¹⁾ Lightning protection system components (LPSC)

¹⁾ На розгляді.

EN 62561-1²⁾ Lightning protection system components (LPSC) — Part 1: Requirements for connection components

EN 62561-3²⁾ Lightning protection system components (LPSC) — Part 3: Requirements for isolating spark gaps (ISG)

ISO 3864-1 Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Part 1: Design principles for safety signs and safety markings.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

EN 60079-10-1:2009 Вибухонебезпечні середовища. Частина 10-1. Класифікація зон. Вибухонебезпечні газові середовища

EN 60079-10-2:2009 Вибухонебезпечні середовища. Частина 10-2. Класифікація зон. Середовища з вибухонебезпечним пилом

EN 60079-14:2008 Вибухонебезпечні середовища. Частина 14. Проєктування електроустановок, вибір та зведення

EN 61557-4 Електробезпечність низьковольтних розподільчих систем напругою до 1 000 В змінного струму та 1 500 В постійного струму. Обладнання для випробування, вимірювання чи контролю заходів безпеки. Частина 4. Опір уземлення та еквіпотенціальні з'єднання

EN 61643-11 Пристрої захисту від імпульсних перенапруг низьковольтні. Частина 11. Пристрої захисту від імпульсних перенапруг, під'єднані до низьковольтних електромереж. Вимоги та методи випробування

EN 61643-21 Пристрої захисту від імпульсних перенапруг низьковольтні. Частина 21. Пристрої захисту від імпульсних перенапруг, під'єднані до телекомунікаційних мереж та мереж сигналізації. Вимоги до робочих характеристик та методи випробування

EN 62305-1:2010 Блискавкозахист. Частина 1. Головні принципи

EN 62305-2:2012 Блискавкозахист. Частина 2. Порядкування ризиком

EN 62305-4 Блискавкозахист. Частина 4. Електричні та електронні системи всередині будівель (споруд)

EN 62561 (усі частини)¹⁾ Компоненти систем блискавкозахисту (LPSC)

EN 62561-1²⁾ Компоненти систем блискавкозахисту (LPSC). Частина 1. Вимоги до злучників

EN 62561-3²⁾ Компоненти систем блискавкозахисту (LPSC). Частина 3. Вимоги до ізолювальних іскрових проміжків

ISO 3864-1 Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Частина 1. Принципи проєктування знаків безпеки для робочих місць та місць громадського призначення.

3 ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПОНЯТЬ

Нижче подано терміни та визначення понять, деякі з них вже наводили в частині 1 стандартів цієї серії, але в цьому стандарті їх повторюють для зручності користування, а також ті, які вжито в інших частинах EN 62305.

3.1 система блискавкозахисту; LPS (*lightning protection system, LPS*)

Завершена система захисту від блискавки, призначена для зменшення фізичних пошкоджень будівель (споруд) від ударів блискавки до будівлі (споруди).

Примітка. Вона складається із зовнішньої та внутрішньої захисних систем

Національна примітка

Вживають також такі терміни: блискавковідвід, система захисту від блискавки, система захисту за блискавки.

3.2 зовнішня система блискавкозахисту (*external lightning protection system*)

Частина LPS, яка складається із системи перехоплення, системи доземних провідників та системи земляного закінчення

3.3 зовнішня LPS, ізольована від захищуваної будівлі (споруди) (*external lightning protection system isolated from the structure to be protected*)

LPS із системою перехоплення та системою доземних провідників, розміщених так, що шлях струму блискавки не має контакту із захищуваною будівлею (спорудою)

²⁾ На розгляді.

3.4 зовнішня LPS, не ізольована від захищуваної будівлі (споруди) (*external lightning protection system not isolated from the structure to be protected*)

LPS із системою перехоплення та системою доземних провідників, розміщених так, що шлях струму блискавки може мати контакт із захищуваною будівлею (спорудою)

3.5 внутрішня система блискавкозахисту (*internal lightning protection system*)

Частина LPS, що складається із системи еквіпотенційних сполучень блискавкозахисту та/чи електричної ізоляції зовнішньої LPS

3.6 система перехоплення (*air-termination system*)

Частина зовнішньої LPS, у якій використано металеві елементи, як-от стрижні, сітки чи натягнені троси, призначені для перехоплення спалахів блискавки

Національна примітка

Термін «спалах блискавки» використовують тут і надалі на відміну від «удар блискавки» — відповідно до визначень у тексті оригіналу.

3.7 система доземних провідників (*down-conductor system*)

Частина зовнішньої LPS, призначена для відведення струму блискавки від системи перехоплення до системи земляного закінчення

Національна примітка

Вживають також визначення: струмовідвід, блискавкопуск, опуск.

3.8 кільцевий провідник (*ring conductor*)

Провідник, який утворює петлю навколо будівлі (споруди) та з'єднує доземні провідники для розподілу струму блискавки між ними

3.9 система земляного закінчення (*earth-termination system*)

Частина зовнішньої LPS, яка призначена для відведення та розсіювання струму блискавки в землі

3.10 електрод уземлення (*earth electrode*)

Частина чи сукупність частин системи земляного закінчення, яка забезпечує прямий електричний контакт із землею та розсіює струм блискавки в землі

3.11 кільцевий електрод уземлення (*ring earth electrode*)

Електрод уземлення, який утворює замкнений контур навколо будівлі (споруди) під поверхнею чи на поверхні землі

3.12 фундаментний електрод уземлення (*foundation earth electrode*)

Електропровідна частина, занурена до ґрунту під фундаментом будинку, чи, переважно, вбудована до бетону фундаменту будинку, зазвичай у вигляді замкненої петлі

[IEC 60050-826:2004, 826-13-08] [3]

3.13 звичайний опір землі (*conventional earth impedance*)

Відношення амплітудного значення напруги на земляному закінченні до амплітудного значення струму в уземлювачі, які зазвичай не збігаються в часі

Національна примітка

У літературі минулих років також трапляються терміни «заземлювач» та «заземлення».

3.14 напруга на земляному закінченні (*earth-termination voltage*)

Різниця електричних потенціалів між системою земляного закінчення та віддаленою землею

3.15 природний компонент LPS (*natural component of LPS*)

Ступовідний елемент, установлений не спеціально для блискавкозахисту, який може бути використаний на додачу до LPS чи в деяких випадках може виконувати функцію однієї чи кількох частин LPS.

Примітка. Прикладами використання цього терміна є:

- природний перехоплювач;
- природний доземний провідник;
- природний уземлювальний електрод

3.16 сполучний компонент (*connecting component*)

Частина LPS, яку використовують для з'єднання провідників між собою чи з металевим обладнанням, як це визначено у стандартах серії EN 62561.

Примітка. До складу цієї частини LPS також включають з'єднувальні компоненти та подовжувальні елементи

3.17 кріпильний компонент (*fixing component*)

Частина LPS, яку використовують для закріплення елементів LPS до захищеної будівлі (споруди), як це визначено у стандартах серії EN 62561

3.18 металеве обладнання (*metal installations*)

Виступні металеві елементи в захищеній будівлі (споруді), здатні створювати шлях для струму блискавки, такі як труби, сходи, напрямні ліфтів, канали вентиляції, обігріву та кондиціонування повітря, сполучена сталь каркаса залізобетону, металеві конструкційні елементи

3.19 зовнішні електропровідні елементи (*external conductive parts*)

Виступні металеві елементи, що входять до чи виходять із захищеної будівлі (споруди), приміром труби, елементи металевих тросів, металеві короби тощо, які можуть нести частину струму блискавки

3.20 електрична система (*electrical system*)

Система, яка об'єднує в собі компоненти низьковольтного електроживлення

3.21 електронна система (*electronic system*)

Система, яка містить чутливі електронні компоненти, як-от: апаратура зв'язку, комп'ютер, контрольно-вимірювальні системи, радіосистеми, установки силової електроніки

3.22 внутрішні системи (*internal systems*)

Електричні та електронні системи всередині будівлі (споруди)

3.23 еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту (*lightning equipotential bonding, EB*)

Приєднання до LPS окремих струмопровідних частин, безпосередньо чи за допомогою пристроїв захисту від перенапруг, для зменшення різниці потенціалів, спричинених струмом блискавки

3.24 сполучна шина (*bonding bar*)

Металева шина, на якій металеві конструкції, зовнішні струмопровідні частини, лінії живлення та зв'язку та інші кабелі можуть бути з'єднані з LPS

3.25 з'єднувальний провідник (*bonding conductor*)

Провідник, що з'єднує окремі струмопровідні частини з LPS

3.26 поєднана між собою сталь риштунок (*interconnected reinforcing steel*)

Сталевий риштунок усередині залізобетонної конструкції, який вважають електрично безперервним

Національна примітка

У літературі минулих років також трапляється термін «арматура» замість «риштунок» стосовно сталевих каркасів залізобетонних конструкцій.

3.27 небезпечне іскріння (*dangerous sparking*)

Електрична виснага, спричинена блискавкою, яка є причиною фізичних пошкоджень у захищеній будівлі (споруді)

Національна примітка

У літературі минулих років також трапляється термін «розряд» стосовно процесу імпульсного пробиття газового проміжку.

3.28 безпечна відстань (*separation distance*)

Відстань між двома струмопровідними елементами, за якої небезпечного іскріння між ними не може статися

3.29 пристрій захисту від імпульсних перенапруг; SPD (*surge protective device, SPD*)

Пристрій, призначений для обмеження перехідних перенапруг та сплесків струмів; містить принаймні один нелінійний елемент

Національна примітка

У літературі також трапляється абревіатура «ПЗІП» стосовно пристроїв захисту від імпульсних перенапруг.

3.30 перевіровий злучник (test joint)

Злучник, улаштований для спрощення електричного випробування та вимірювання компонентів LPS

3.31 клас LPS (class of LPS)

Номер, що позначає класифікацію LPS відповідно до рівня блискавкозахисту, для якого його створено

3.32 проєктувальник блискавкозахисту (lightning protection designer)

Фахівець, компетентний і кваліфікований у проєктуванні LPS

3.33 монтажник системи блискавкозахисту (lightning protection installer)

Особа, компетентна та кваліфікована в монтажу LPS

3.34 будівлі (споруди) з ризиком вибуху (structures with risk of explosion)

Будівлі (споруди), які містять тверді вибухові матеріали чи небезпечні зони, визначені згідно з IEC 60079-10-1 та IEC 60079-10-2

3.35 ізолювальний іскровий проміжок; ISG (isolating spark gap, ISG)

Компонент з іскровим проміжком для ізолювання струмопровідних секцій установки.

Примітка. У разі удару блискавки секції установки тимчасово електрично з'єднуються як результат реакції на виснагу

3.36 ізолювальні інтерфейси (isolating interfaces)

Пристрої, здатні зменшити сплески струму в струмопровідних лініях, які входять до LPZ.

Примітка 1. До них належать ізолювальні трансформатори з уземленим екраном між обмотками, вільні від металу волоконно-оптичні кабелі та ізолювальні оптичні пари.

Примітка 2. Характеристики електричної міцності ізоляції цих пристроїв є прийнятними для використання самостійно чи через SPD.

4 СИСТЕМА БЛИСКАВКОЗАХИСТУ (LPS)**4.1 Клас LPS**

Характеристики LPS визначають за характеристиками захищуваної будівлі (споруди) та відповідним рівнем блискавкозахисту.

Чотири класи LPS (від I до IV), як показано в таблиці 1, визначено в цьому стандарті відповідно до рівнів захисту від блискавки, визначених в EN 62305-1.

Таблиця 1 — Співвідношення між рівнями блискавкозахисту (LPL) та класом LPS (див. EN 62305-1)

LPL	Клас LPS
I	I
II	II
III	III
IV	IV

Кожен клас LPS характеризують такими чинниками.

а) Даними, залежними від класу LPS:

- параметри блискавки (див. таблиці 3 та 4 в EN 62305-1:2011);
- радіус сфери, що котиться, розмір комірки сітки, значення захисного кута (див. 5.2.2);
- типові оптимальні відстані між доземними провідниками (див. 5.3.3);
- роздільна відстань проти небезпечного іскріння (див. 6.3);
- мінімальна довжина уземлювальних електродів (див. 5.4.2).

б) Чинниками, незалежними від класу LPS:

- екіпотенційні сполучення блискавкозахисту (див. 6.2);
- мінімальна товщина бляхи чи металевих труб у системі перехоплення (див. 5.2.5);
- матеріали LPS та умови використання (див. 5.5.1);
- матеріал, конфігурації та мінімальні розміри перехоплювачів, доземних провідників та уземлювачів (див. 5.6);
- мінімальні розміри сполучних провідників (див. 6.2.2).

Технічні характеристики кожного класу LPS наведено в додатку В EN 62305-2:2012.

Клас необхідної LPS належить вибрати на основі оцінювання ризиків (див. EN 62305-2).

4.2 Конструкція LPS

Технічно та економічно оптимізований проєкт LPS є можливим, особливо якщо стадії проєктування та монтажу LPS скоординовано зі стадіями проєктування та спорудження захищеної будівлі (споруди). Зокрема, у проєкті будівлі (споруди) потрібно використовувати металеві частини будівлі (споруди) як частини LPS.

Для визначення класу та розміщення LPS для готових будівель (споруд) потрібно брати до уваги обмеження, пов'язані з наявною ситуацією.

Проектна документація LPS має містити всю інформацію, необхідну для забезпечення правильного та повного монтажу. Більш детальну інформацію див. у додатку Е.

LPS повинні проєктувати й монтувати добре підготовлені та висококваліфіковані спеціалісти з проєктування та монтажу систем блискавкозахисту (див. Е.4.2).

4.3 Безперервність риштунку в залізобетонних будівлях (спорудах)

Сталеві металеві конструкції всередині залізобетону будівель розглядають як конструкції з електричною безперервністю за умови, що основна частина внутрішніх з'єднань вертикальних та горизонтальних стрижнів є зварними чи їх надійно з'єднано іншим способом. Сполуки вертикальних стрижнів належить зварювати, скріплювати чи перекривати з навідкою принаймні у 20 діаметрів, скріплювати та зв'язувати чи надійно з'єднувати іншим способом (див. рисунок Е.5). Для нових будівель (споруд) з'єднання між елементами сталевих каркасів залізобетону повинні визначати проєктувальник чи монтажник разом з будівником та інженером-будівником.

Для будівель, у яких використовують залізобетон (із готовими залізобетонними блоками та блоками з попередньо напруженим риштунком включно), електричну безперервність стрижнів риштунку визначають електричним випробуванням між найвищою частиною та рівнем землі. Загальний електричний опір не повинен перевищувати 0,2 Ом, який вимірюють з використанням відповідного цьому випадку випробувального обладнання. Якщо це значення є недосяжним чи недоцільним, чи немає умов для такого випробування, сталь риштунку залізобетону не потрібно використовувати як природний доземний провідник, як це обговорювали у 5.3.5. У цьому разі рекомендують встановлювати зовнішній доземний провідник. У будівлях (спорудах) із готових залізобетонних блоків електрична безперервність сталі риштунку має бути встановлена між окремими суміжними готовими залізобетонними блоками.

Примітка 1. Для отримання додаткової інформації про безперервність риштунку в залізобетонних конструкціях див. додаток Е.

Примітка 2. Коли безперервність риштунку залізобетону передбачено забезпечити затисканням, належить використовувати спеціальні затискачі, виконувати та випробувати згідно з EN 62561-1.

Примітка 3. Злучники для забезпечення безперервності риштунку залізобетону мають відповідати EN 62561-1.

5 ЗОВНІШНЯ СИСТЕМА БЛИСКАВКОЗАХИСТУ

5.1 Загальні положення

5.1.1 Застосування зовнішньої LPS

Зовнішня LPS призначена для перехоплення прямих спалахів блискавки до будівлі (споруди) зі спалахами до фасаду будівлі (споруди) включно та відведення струму блискавки від точки ураження до землі. Зовнішня LPS також призначена для розсіювання цього струму в землі, без спричинення термічного чи механічного пошкодження чи небезпечного іскріння, яке може спричинити пожежу чи вибухи.

5.1.2 Вибір зовнішньої LPS

У більшості випадків зовнішня LPS може бути приєднана до захищеної будівлі (споруди).

Ізольовану зовнішню LPS належить розглядати, якщо термічні та вибухові ефекти в точці ураження чи на провідниках, що несуть струм блискавки, можуть становити небезпеку для будівлі (споруди) чи для її вмісту (див. додаток Е). Типовими прикладами є будівлі (споруди) із займистою покрівлею, будівлі (споруди) із займистими стінами та зонами з ризиком вибуху та пожежі.

Примітка. Використання ізольованої зовнішньої LPS може бути слушним там, де можна очікувати, що зміни в будівлі (споруді), її вмісті чи в її використанні потребуватимуть модифікації LPS.

Ізольовану зовнішню LPS можна також розглядати, коли чутливість вмісту виправдовує ослаблення випромінюваного електромагнетного поля, пов'язаного з імпульсом струму блискавки в доземному провіднику.

5.1.3 Використання природних компонентів

Потрібно, щоби природні компоненти, виготовлені зі струмопровідних матеріалів, які призначено для того, щоби вони постійно були розташовані в/на будівлі (споруді), продовжували перебувати

на призначених місцях та щоби їх не змінювали (приміром, з'єднаний між собою риштунок, металевий каркас будівлі (споруди) тощо), і за таких умов їх можна використовувати як частини LPS.

Інші природні компоненти можна розглядати лише як доповнення до LPS.

Примітка. Додаткова інформація міститься в додатку Е.

5.2 Системи перехоплення блискавки

5.2.1 Загальні положення

Імовірність проникнення струму блискавки до будівлі (споруди) суттєво зменшується за наявності правильно спроектованої системи перехоплювачів.

Системи перехоплювачів можуть складатися з будь-якої комбінації таких елементів:

- а) стрижні (з окремо розташованими щоглами включно);
- б) натягнені троси;
- с) сітчасті провідники.

Для того, щоб усі типи систем перехоплювачів відповідали вимогам цього стандарту, належить розміщувати їх відповідно до 5.2.2, 5.2.3 та додатка А. Усі типи перехоплювачів мають повністю відповідати цьому стандарту.

Для всіх типів перехоплювачів лише реальні розміри металевих систем перехоплення потрібно застосовувати для визначення захищеного об'єму.

Окремі стрижні перехоплювачів мають бути з'єднані між собою на рівні покрівлі для забезпечення розподілу струму.

Радіоактивні перехоплювачі не є дозволеними.

5.2.2 Розставлення перехоплювачів

Компоненти перехоплювачів, установлені на будівлі (споруді), необхідно розмістити на кутах, виступних точках та рубях (особливо на найвищих рівнях усяких фасадів) згідно з одним чи кількома з таких методів.

Наступні методи є прийнятними для розміщення системи перехоплення:

- метод захисного кута;
- метод сфери, що котиться;
- метод сітки.

Метод сфери, що котиться, є прийнятним для всіх випадків.

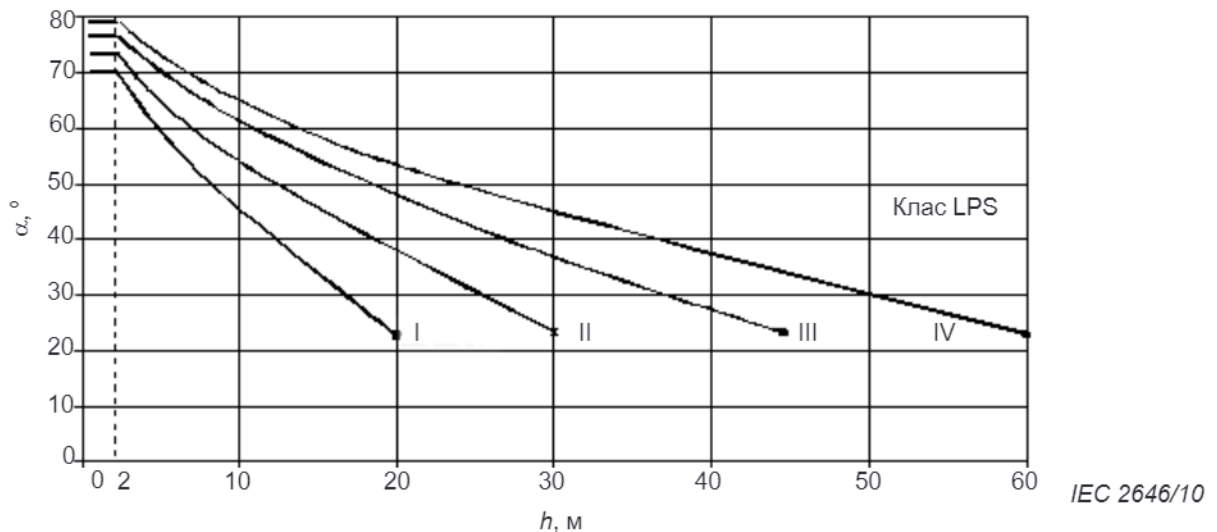
Метод захисного кута є прийнятним для будинків простої форми, проте є обмеження щодо висоти перехоплювачів, зазначені в таблиці 2.

Метод сітки є прийнятною формою захисту для плоских поверхонь.

Значення захисного кута, радіуса сфери, що котиться, та розміру сітки для кожного класу LPS наведено в таблиці 2 та на рисунку 1. Детальні відомості про розміщення системи перехоплення подано в додатку А.

Таблиця 2 — Максимальні значення радіуса сфери, що котиться, розміру сітки та захисного кута відповідно до класу LPS

Клас LPS	Метод захисту		
	Радіус сфери, що котиться, r , м	Розмір комірки сітки w_m , м	Захисний кут α , градус
I	20	5×5	Див. рисунок 1 нижче
II	30	10×10	
III	45	15×15	
IV	60	20×20	



Примітка 1. Не є придатним нижче величин, позначених *. Лише метод сфери, що котиться, та метод сітки належить застосовувати в цих випадках.

Примітка 2. h — є висотою перехоплювача над базовою площиною захищуваної ділянки.

Примітка 3. Кут є незмінним для h , нижче ніж 2 м.

Рисунок 1 — Захисний кут відповідно до класу LPS

5.2.3 Перехоплювачі від спалахів до фасадів високих будівель (споруд)

5.2.3.1 Будівлі (споруди), нижчі ніж 60 м

Дослідження показують, що ймовірність ударів низької амплітуди у вертикальні бічні поверхні споруди, нижчої ніж 60 м, є достатньо низькою, щоби їх не було потрібно розглядати. Покрівлі та горизонтальні виступи мають бути захищені відповідно до класу LPS, який визначають розрахунком ризиків EN 62305-2.

5.2.3.2 Будівлі (споруди) висотою 60 м або вище

На будівлях (спорудах) висотою 60 м спалахи блискавки до бічної поверхні можуть траплятися, особливо до загострень, кутів та рубів поверхонь.

Примітка 1. Зазвичай ризик таких спалахів є низьким, оскільки лише невеликий відсоток усіх спалахів до високих будівель (споруд) припадає на їхні бічні поверхні і, крім того, їхні параметри значно нижчі, ніж спалахи до верхівки будівель (споруд). Тим не менше, електричне та електронне обладнання на стінах зовні будівлі (споруди) може бути знищено навіть спалахами блискавки з низькими піковими значеннями сили струму.

Системи перехоплення має бути встановлено для захисту верхньої частини високих будівель (споруд) (тобто типово найвищі 20 % від висоти будівлі (споруди), наскільки ця частина є вищою за 60 м), та в ній встановлено обладнання (див. додаток А).

Порядок розміщення системи перехоплення на цих верхніх частинах будівлі (споруди) має задовольняти вимоги принаймні для LPL IV з наголосом на розміщення пристроїв перехоплення блискавки на кутах, рубях та значних виступах (як от балкони, оглядові майданчики тощо).

Вимоги до перехоплення блискавок для бокових стін високих будівель (споруд) можуть бути задоволені за наявності зовнішніх металевих матеріалів, таких як металеве облицювання чи металеві несні стіни, за умови їхньої відповідності вимогам таблиці 3. Вимоги щодо перехоплення блискавок можуть також охоплювати використання зовнішніх доземних провідників, розташованих на вертикальних рубях споруди, якщо не передбачено природних зовнішніх металевих провідників.

Встановлені чи наявні природні перехоплювачі, що відповідають цим вимогам, можуть використовувати встановлені доземні провідники чи бути відповідно з'єднані з такими природними доземними провідниками, як-от сталевий каркас споруди чи електрично безперервний метал залізобетону, який відповідає вимогам 5.3.5.

Примітка 2. Використання прийнятних природних перехоплювачів та доземних провідників надають перевагу.

5.2.4 Спорудження

Перехоплювачі LPS, не ізолюваної від захищуваної будівлі (споруди), може бути встановлено так:

— якщо покрівлю виконано з негорючого матеріалу, перехоплювачі може бути розташовано на поверхні покрівлі;

— якщо покрівлю виконано з легкозаймистого матеріалу, то особливу увагу треба приділяти відстані між провідниками перехоплювача та матеріалом. Для дахів із солом (очерету), де немає сталевих сволоків для вкладення очерету, відстань принаймні в 0,15 м є прийнятною. Для інших горючих матеріалів відстань, не меншу за 0,1 м, вважають достатньою;

— легкозаймісті частини захищеної будівлі (споруди) не повинні бути в прямому контакті з компонентами зовнішньої LPS, а також бути безпосередньо під жодною металевою оболонкою покрівлі, яка може бути пробита ударом блискавки (див. 5.2.5).

Увагу також належить приділяти оболонкам з меншим ступенем займання, таким як ґонт.

Примітка. Якщо є ймовірність накопичення води на плоскій покрівлі, перехоплювачі необхідно встановити над найвищим можливим рівнем води.

5.2.5 Природні компоненти

Такі частини будівлі (споруди) потрібно розглядати та їх можна використовувати як природні компоненти перехоплювачів та частини LPS відповідно до 5.1.3.

а) Бляха, що покриває захищувану будівлю (споруду) за умови, що

- електричну безперервність між різними частинами зроблено надійно (приміром лютуванням твердою лютою, зварюванням, фальцюванням, зшиванням, з'єднанням саморізами чи шрубами);
- товщина бляхи є не меншою, ніж значення t' , подане в таблиці 3, якщо не є важливим запобігти пробиттю покриття чи займанню будь-яких легкозаймистих матеріалів, розташованих під ним;
- товщина бляхи є не меншою, ніж значення t , подане в таблиці 3, якщо є важливим запобігти пробиттю покриття чи запобігти проблемі місцевого перегрівання;

Примітка 1. За наявності ризику місцевого перегрівання чи виникнення займання, треба переконатися в тому, що підвищення температури внутрішньої поверхні в точці удару блискавки не становить небезпеки. Ризиками, пов'язаними з місцевим перегріванням чи займанням можна знехтувати, якщо бляха лежить усередині LPZ0_B чи вище.

— їх не вкрито ізоляційним матеріалом.

Таблиця 3 — Мінімальна товщина бляхи чи металевих труб у системах перехоплення

Клас LPS	Матеріал	Товщина ^a t , мм	Товщина ^b t' , мм
I—IV	Свинець	—	2,0
	Сталь (нержавка, поцинкована)	4	0,5
	Титан	4	0,5
	Мідь	5	0,5
	Алюміній	7	0,65
	Цинк	—	0,7
^a t запобігає діржавленню. ^b t' лише для бляхи, якщо не є важливим запобігти діржавленню, місцевому перегріванню чи займанню.			

б) Металеві елементи конструкції покрівлі (ферми, з'єднані між собою елементи сталі риштунку залізобетону тощо) під неметалевими покрівельними матеріалами за умови, що пошкодження цих неметалевих покрівельних матеріалів є припускним.

с) Металеві деталі, такі як декор, поручні, труби, покриття парпетів тощо, з поперечним перерізом, не меншим, ніж зазначено для стандартних елементів перехоплювачів.

д) Металеві труби та резервуари на покрівлі, за певності, що їх виготовлено з матеріалу з товщиною та поперечним перерізом відповідно до таблиці 6.

е) Металеві труби та резервуари, що містять легкозаймісті та вибухонебезпечні суміші, за умови, що їх виготовлено з матеріалу товщиною не менше, ніж відповідне значення t , наведене в таблиці 3, і що підвищення температури внутрішньої поверхні в точці удару блискавки не становить небезпеки (додаткові відомості див. у додатку D).

Якщо умови для товщини не виконуються, труби та резервуари має бути долучено до будівлі (споруди), що її захищають.

Трубопроводи, що переносять легкозаймисті та вибухонебезпечні суміші, не можна розглядати як природний компонент перехоплювача, якщо ущілька у крисових з'єднаннях є неметалевою або якщо криси з'єднання не з'єднано (електрично) іншим належним чином.

Національна примітка

У літературі минулих років можуть також трапитися терміни «фланець» та «фланцеве з'єднання» стосовно крисових з'єднань трубопроводів.

Примітка 2. Тонкий шар захисної фарби чи асфальту (1 мм) чи ПВХ (0,5 мм) не можна розглядати як ізолятор. Детальну інформацію подають в Е.5.3.4.1 та Е.5.3.4.2.

5.3 Системи доземних провідників

5.3.1 Загальні положення

Для того, щоб зменшити ймовірність пошкодження внаслідок протікання струму блискавки в LPS, доземні провідники належить розташовувати так, що від точки удару до землі:

- a) є кілька паралельних шляхів проходження струму;
- b) довжину шляху проходження струму зведено до мінімуму;
- c) еквіпотенційні з'єднання зі струмопровідними частинами будівлі (споруди) виконано відповідно до вимог 6.2.

Примітка 1. Бічне з'єднання доземних провідників вважають за добру практику.

Геометрія доземних провідників та кільцевих провідників впливає на роздільчу відстань (див. 6.3).

Примітка 2. Установлення максимально можливої кількості доземних провідників з однаковими інтервалами по периметру, з'єднаннях кільцевими провідниками знижує ймовірність небезпечного іскріння та полегшує захист внутрішніх установок (див. IEC 62305-4). Ця умова виконується у спорудах з металевим каркасом та в залізобетонних конструкціях, у яких взаємопов'язана сталь є електрично безперервною.

Типові значення відстані між доземними провідниками наведено в таблиці 4.

Детальнішу інформацію щодо розподілення струму блискавки між доземними провідниками наведено в додатку С.

5.3.2 Позиціонування ізольованої LPS

Позиціонування має бути таким.

a) Якщо перехоплювач складається зі стрижнів на окремих щоглах (чи одній щоглі), виготовлених не з металу чи із взаємопов'язаної сталі залізобетону, для кожної щогли потрібен щонайменше один доземний провідник. Для щогл з металу чи взаємопов'язаної сталі залізобетону додаткові доземні провідники не є потрібними.

Примітка. У деяких країнах використання залізобетону у складі LPS не дозволено.

b) Якщо перехоплювач складається з натягнених тросів (чи одного тросу), на кожній опорній конструкції має бути принаймні один доземний провідник.

c) Якщо перехоплювач утворює сітку провідників, на кожному опорному кінці дроту має бути принаймні один доземний провідник.

5.3.3 Позиціонування неізольованої LPS

Для кожної неізольованої LPS кількість доземних провідників має бути не менше ніж два та їх належить розподіляти периметром захищеної будівлі (споруди з урахуванням архітектурних та практичних обмежень).

Рекомендують, щоб між доземними провідниками були однакові інтервали по периметру. Типові рекомендовані величини відстані між доземними провідниками наведено в таблиці 4.

Примітка. Величина відстані між доземними провідниками взаємопов'язана з роздільною відстанню, яку подано у 6.3.

Таблиця 4 — Типові рекомендовані розміри відстані між доземними провідниками відповідно до класу LPS

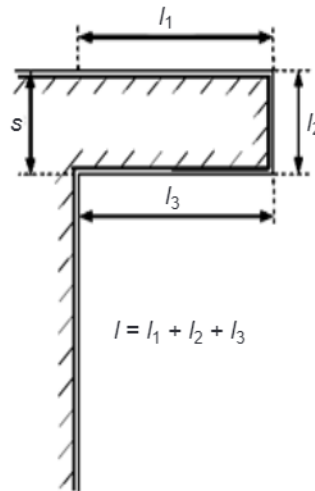
Клас LPS	Типові відстані, м
I	10
II	10
III	15
IV	20

Доземний провідник належить встановити на кожному розі будівлі (споруди), де це можливо.

5.3.4 Спорудження

Доземні провідники має бути встановлено так, щоби, наскільки це практично можливо, вони утворювали пряме продовження провідників перехоплювачів.

Доземні провідники має бути встановлено прямо й вертикально так, щоби вони забезпечували найкоротший та прямий шлях до землі. Треба уникати утворення петель, але, якщо це неможливо, відстань s , яку вимірюють у проміжку між двома точками на провіднику, та довжина l провідника між цими точками (див. рисунок 2) мають відповідати 6.3.



IEC 2647/10

Рисунок 2 — Петля в доземному провіднику

Доземні провідники, навіть якщо їх вкрито ізоляційним матеріалом, не дозволено встановлювати в риншотоках чи ринвах.

Примітка. Вплив вологи в риншотоках призводить до інтенсивної корозії доземного провідника.

Рекомендують розміщувати доземні провідники так, щоб між ними та будь-якими дверима та вікнами було забезпечено роздільчу відстань відповідно до 6.3.

Доземні провідники LPS, не ізольованої від захищеної будівлі (споруди) можна встановлювати так:

— якщо стіну виконано з негорючого матеріалу, доземні провідники можуть бути розташовані на поверхні чи в стіні;

— якщо стіну виконано з легкозаймистого матеріалу, доземні провідники можуть бути розташовані на поверхні стіни за умови, що підвищення їхньої температури під час проходження струму блискавки не становить небезпеки для матеріалу стіни;

— якщо стіну виконано з легкозаймистого матеріалу та підвищення температури доземних провідників становить небезпеку, їх має бути розташовано так, щоб відстань між ними та стіною завжди була більше ніж 0,1 м. Тримачі цих провідників можуть контактувати зі стіною.

Якщо достатня відстань від доземного провідника до займистого матеріалу не може бути гарантована, поперечний переріз сталевого чи термічно еквівалентного провідника має бути не менше ніж 100 мм².

5.3.5 Природні компоненти

Такі частини будівлі (споруди) потрібно розглядати та їх можна використовувати як доземні провідники:

а) металеві конструкції за умови, що

— електричну безперервність між різними частинами виконано надійно відповідно до 5.5.3,

— їхні розміри є не меншими за зазначені в таблиці 6 для стандартних доземних провідників.

Трубопроводи, що переносять легкозаймисті та вибухонебезпечні суміші, не можна розглядати як природний компонент доземного провідника, якщо прокладка у кризових з'єднаннях є неметалевою чи криси у з'єднанні не сполучено електрично іншим належним чином.

Національна примітка

У літературі минулих років також трапляються терміни «фланець» та «фланцеве з'єднання» стосовно кризових з'єднань трубопроводів.

Примітка 1. Металеві конструкції можуть бути вкриті ізоляційним матеріалом.

б) метал електрично безперервного сталевого каркаса залізобетонної споруди;

Примітка 2. Для збірного залізобетону важливо передбачити точки взаємного з'єднання елементів риштунку. Також важливо, щоб у залізобетоні було передбачене струмопровідне з'єднання між точками приєднання. Окремі частини належить приєднувати на місці під час монтажу (див. додаток Е).

Примітка 3. У разі використання попередньо напруженого бетону треба звертати увагу на ризик заподіяння неприйнятних механічних пошкоджень унаслідок проходження струму блискавки чи під'єднання до системи блискавкозахисту.

с) взаємопов'язаний сталевий каркас споруди;

Примітка 4. Кільцеві провідники не потрібні, якщо металевий каркас сталевих конструкцій чи взаємопов'язану сталь залізобетону будівлі (споруди) використовують як доземні провідники.

д) елементи фасаду, профільні рейки та металеві конструкції під фасадами за умови, що

— їхні розміри відповідають вимогам для доземних провідників (див. 5.6.2) й товщина бляхи чи металевих труб становить 0,5 мм чи більше,

— їхня електропровідність у вертикальному напрямку відповідає вимогам, зазначеним у 5.5.3.

Примітка 5. Для отримання додаткової інформації див. додаток Е.

5.3.6 Перевіркові злучники

Під час підімкнення перехоплювача на кожному доземному провіднику необхідно встановити перевірковий злучник, крім природних доземних провідників, які з'єднано з фундаментними уземлювальними електродами.

Для виконання вимірювань злучник повинен від'єднуватися лише за допомогою інструменту. У нормальних умовах експлуатації він повинен залишатися з'єднаним.

5.4 Система земляного закінчення

5.4.1 Загальні положення

Під час розгляду питань розсіювання струму блискавки (високочастотний аспект) у землі та зведення до мінімуму виникнення будь-яких потенційно небезпечних перенапруг, важливими критеріями є форма та розміри системи земляного закінчення. Загалом рекомендують низький опір уземлення (до 10 Ом за вимірювання на низькій частоті, якщо можливо).

З точки зору блискавкозахисту, єдина об'єднана система земляного закінчення є найкращою та вона є придатною для всіх цілей (тобто блискавкозахист, системи електропостачання й телекомунікаційні системи).

Системи земляного закінчення необхідно з'єднати відповідно до вимог у 6.2.

Примітка 1. Умови розділення та з'єднання інших систем земляного закінчення визначають зазвичай відповідні національні органи.

Примітка 2. Поважні корозійні проблеми можуть виникнути, якщо системи уземлення виконано з різних матеріалів, які є в контакті один з одним.

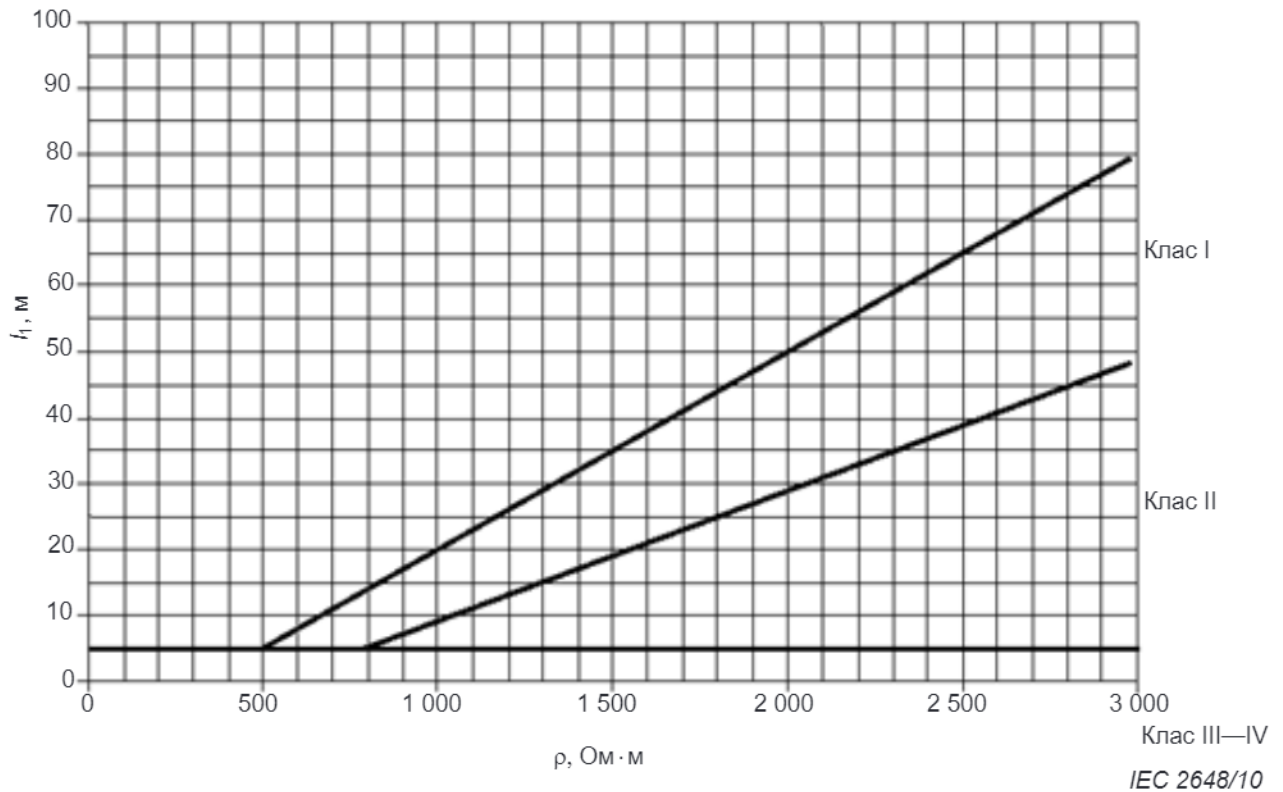
5.4.2 Система розміщення уземлення в загальних умовах

Для систем земляного закінчення застосовують два основних типи розміщення уземлювальних електродів.

5.4.2.1 Розміщення типу А

Такий тип розміщення охоплює горизонтальні чи вертикальні уземлювачі, установлені зовні захищеної споруди, з'єднані з кожним доземним провідником, чи фундаментні уземлювачі, які не утворюють замкнутого кола.

Для схеми типу А загальна кількість уземлювачів має бути не менше ніж два.



Примітка. Класи III та IV є незалежними від питомого опору ґрунту.

Рисунок 3 — Мінімальна довжина l_1 кожного уземлювального електрода відповідно до класу LPS

Мінімальна довжина кожного уземлювального електрода в нижній частині кожного доземного провідника становить:

- l_1 для горизонтальних електродів, або
- $0,5 l_1$ для вертикальних (чи похилих) електродів,

де l_1 — мінімальна довжина горизонтальних електродів, показана на відповідній частині рисунка 3.

Для комбінованих (вертикальних чи горизонтальних) електродів належить враховувати їхню загальну довжину.

Мінімальними величинами довжини, зазначеними на рисунку 3, можна знехтувати за умови, що опір у колі уземлення системи земляного закінчення менше ніж 10 Ом (виміряний на частоті, відмінній від промислової частоти та кратних їй для уникнення завад).

Примітка 1. Якщо зазначені вище вимоги не можуть бути дотримані, належить застосовувати розміщення типу В.

Примітка 2. Зменшення опору уземлення подовженням уземлювачів є практично допустимим до 60 м. У ґрунті з питомим опором понад 3 000 Ом·м рекомендують розміщення уземлювальних електродів типу В чи суміші для покращення уземлення.

Примітка 3. Для отримання додаткової інформації див. додаток Е.

5.4.2.2 Розміщення типу В

Цей тип охоплює зовнішній кільцевий провідник навколо захищуваної споруди, який контактує з ґрунтом принаймні на 80 % його загальної довжини, чи фундаментний уземлювальний електрод, який утворює замкнене коло. Такі уземлювальні електроди можуть також бути поєднані в сітку.

Примітка. Незважаючи на те, що 20 % може не контактувати з ґрунтом, кільцевий провідник завжди має бути повністю з'єднаний по всій його загальній довжині.

Для кільцевого уземлювального електрода (або фундаментного уземлювального електрода) середній радіус r_e площі, охопленої кільцевим уземлювальним електродом (або фундаментним уземлювальним електродом) має бути не меншим, ніж значення l_1 :

$$r_e \geq l_1, \quad (1)$$

де l_1 подано на рисунку 3 відповідно до класу LPS I, II, III та IV. Якщо необхідне значення l_1 є більшим за допустиме значення r_e , належить встановити додаткові горизонтальні чи вертикальні (чи похилі) електроди з індивідуальними довжинами l_r (горизонтальний) та l_v (вертикальний), що їх обчислюють за такими рівняннями:

$$l_r = l_1 - r_e \quad (2)$$

та
$$l_v = (l_1 - r_e)/2. \quad (3)$$

Рекомендують, щоби кількість електродів була не менша, ніж кількість доземних провідників, за мінімальної кількості — два.

Додаткові електроди мають бути з'єднані з кільцевим уземлювальним електродом у точках з'єднання доземних провідників та, за можливості, рівномірно.

5.4.3 Встановлення уземлювальних електродів

Рекомендують, щоб кільцевий уземлювальний електрод (розміщення типу В) було закопано на глибині не менше ніж 0,5 м та на відстані приблизно 1 м від зовнішніх стін.

Уземлювальні електроди (розміщення типу А) належить установлювати так, щоби верхні краї електродів були на глибині щонайменше 0,5 м, та розподіляти їх максимально рівномірно для зведення до мінімуму впливу електричної взаємодії в землі.

Примітка 1. Якщо уземлювальний електрод типу А розташовано всередині перевіркової коробки, яка, у свою чергу, розташована в покритті з високим опором чи прилеглому бетоні, тоді вимогою щодо 0,5 м можна знехтувати.

Уземлювачі встановлюють так, щоби було забезпечено можливість інспекції під час споруджування.

Глибина закопування й тип уземлювачів мають бути такими, щоб мінімізувати вплив корозії, висихання та промерзання ґрунту й тим самим стабілізувати природний опір землі. Рекомендують, щоб верхню частину вертикального уземлювального електрода, яка дорівнює глибині промерзання ґрунту, не розглядали як дієву в умовах промерзання.

Примітка 2. Отже, для кожного вертикального електрода необхідно додати 0,5 м до значення довжини l_1 , обчисленої у 5.4.2.1 та 5.4.2.2.

Для голої скелі рекомендують розміщення уземлення типу В.

Для споруд з великою кількістю електронних систем чи з високим ризиком виникнення пожежі перевагу надають розташуванню уземлення типу В.

5.4.4 Природні уземлювальні електроди

Уземлювальними електродами може слугувати сталь у залізобетонних фундаментах відповідно до 5.6 чи інші відповідні підземні металеві конструкції. У разі використання металевого риштунку залізобетону як уземлювача особливу увагу належить приділяти внутрішнім з'єднанням для запобігання механічному розколюванню бетону.

Примітка 1. У разі попередньо напруженого бетону треба враховувати наслідки проходження струмів блискавки, які можуть створювати неприпустимі механічні напруження.

Примітка 2. Якщо використовують фундаментний уземлювальний електрод, у перспективі можливе збільшення опору уземлення.

Примітка 3. Детальнішу інформацію з цієї теми наведено в додатку Е.

5.5 Компоненти

5.5.1 Загальні положення

Компоненти LPS мають витримувати електромагнетні впливи струму блискавки та передбачувані випадкові напруження без пошкоджень. Це може бути досягнуто за умови вибору компонентів, які успішно пройшли випробування відповідно до майбутньої серії EN 62561. Усі компоненти мають відповідати стандартам серії EN 62561.

Компоненти LPS мають бути виготовлені з матеріалів, перелічених у таблиці 5, чи з інших матеріалів з рівнозначними механічними, електричними та хімічними (корозійними) характеристиками.

Примітка. Компоненти, виготовлені з матеріалів, відмінних від металу, можуть бути використані для закріплення.

Таблиця 5 — Матеріали LPS та умови використання^a

Матеріал	Використання			Корозія		
	Просто неба	У землі	У бетоні	Тривкість	Збільшується за рахунок	Може бути зруйновано через гальванічний зв'язок з
Мідь	Одножильний Багатожильний	Одножильний Багатожильний Як покриття	Одножильний Багатожильний Як покриття	Добра у багатьох середовищах	Сполуки сірки Органічні матеріали	—
Гаряче-поцинкована сталь ^{c, d, e}	Одножильний Багатожильний ^b	Одножильний	Одножильний Багатожильний ^b	Прийнятна у повітрі, у бетоні та у доброякісному ґрунті	Високий вміст хлоридів	Мідь
Сталь з гальванічним покриттям з міді	Одножильний	Одножильний	Одножильний	Добра у багатьох середовищах	Сполуки сірки	
Нержавка сталь	Одножильний Багатожильний	Одножильний Багатожильний	Одножильний Багатожильний	Добра у багатьох середовищах	Високий вміст хлоридів	—
Алюміній	Одножильний Багатожильний	Непридатний	Непридатний	Добра в атмосфері з низькою концентрацією сірки та хлоридів	Розчини лугів	Мідь
Свинець ^f	Одножильний Як покриття	Одножильний Як покриття	Непридатний	Добра в атмосфері з високою концентрацією сульфатів	Кислі ґрунти	Мідь Нержавка сталь

^a У цій таблиці наведено лише загальні рекомендації. В особливих випадках рекомендують детальніше розглянути питання щодо захисту від корозії (див. додаток E).

^b Багатожильні провідники більш схильні до корозії, ніж одножильні провідники. Багатожильні провідники також вразливі в точках входу чи виходу із землі/бетону. Це є причиною того, чому не рекомендують використовувати багатожильні провідники з поцинкованої сталі в землі.

^c Поцинкована сталь може піддаватися корозії у глинистому чи вологому ґрунті.

^d Поцинкована сталь у бетоні не повинна виходити в ґрунт унаслідок небезпеки можливої корозії сталі через близьке розташування від бетону.

^e Поцинковану сталь, що контактує зі сталевим риштунком залізобетону, не треба використовувати у прибережних районах, де ґрунтові води можуть містити сіль.

^f Використання свинцю в землі часто заборонено чи обмежено з міркувань захисту довкілля.

5.5.2 Закріплення

Перехоплювачі й доземні провідники має бути надійно закріплено так, щоб електродинамічні чи випадкові механічні сили (приміром, вібрації, сповзання снігу, теплове розширення тощо) не спричинили пошкодження чи послаблення провідників (див. додаток D EN 62305-1:2011).

Примітка. Рекомендовані відстані між кріпленнями наведено в таблиці E.1.

5.5.3 З'єднання

Кількість з'єднань уздовж провідників треба звести до мінімуму. З'єднання належить виконати надійно, приміром, лютуванням твердою лютою, зварюванням, фальцюванням, зшиванням, з'єднанням саморізами чи шрубами.

Для досягнення цього з'єднання риштунку в залізобетонних конструкціях мають відповідати вимогам, викладеним у 4.3, а також вимогам EN 62561-1.

5.6 Матеріали та розміри

5.6.1 Матеріали

Матеріали та розміри вибирають з урахуванням можливості корозії захищуваної споруди чи LPS.

5.6.2 Розміри

Матеріали, конфігурації та мінімальні площі поперечного перерізу провідників перехоплювачів, стрижнів перехоплювачів та доземних провідників наведено в таблиці 6 та потрібно, щоб вони відповідали вимогам та були випробуваними відповідно до стандартів серії EN 62561.

Матеріали, конфігурації та мінімальні розміри уземлювачів наведено в таблиці 7 та потрібно, щоб вони відповідали вимогам та були випробуваними відповідно до стандартів серії EN 62561.

Таблиця 6 — Матеріал, конфігурація та мінімальна площа перерізу провідників та стрижнів перехоплювачів, стрижнів уводу до уземлення та доземних провідників^a

Матеріал	Конфігурація	Площа поперечного перерізу, мм ²
Мідь, луджена мідь	Суцільний стрічковий	50
	Моножила круглий ^b	50
	Багатожильний ^b	50
	Моножила круглий ^c	176
Алюміній	Суцільний стрічковий	70
	Моножила круглий	50
	Багатожильний	50
Алюмінієвий сплав	Суцільний стрічковий	50
	Моножила круглий	50
	Багатожильний	50
	Моножила круглий ^c	176
Обміднений алюмінієвий сплав	Моножила круглий	50
Гарячепоцинкована сталь	Суцільний стрічковий	50
	Моножила круглий	50
	Багатожильний	50
	Моножила круглий ^c	176
Поміднена сталь	Моножила круглий	50
	Суцільний стрічковий	50
Нержавка сталь	Суцільний стрічковий ^d	50
	Моножила круглий ^d	50
	Багатожильний	70
	Моножила круглий ^c	176

^a Механічні та електричні характеристики, а також протикорозійні властивості мають відповідати вимогам майбутньої серії EN 62561.

^b 50 мм² (8 мм у діаметрі) може бути зменшено до 25 мм² у деяких застосуваннях, коли механічна міцність не є обов'язковою вимогою. У цьому разі належить приділити увагу зменшенню відстані між кріпленнями.

^c Застосовують для стрижнів перехоплювачів та стрижнів уземлювачів. Для стрижнів перехоплювачів, де механічне напруження, як-от вітрове обтяження, не є критичним, може бути використано стрижень діаметром 9,5 мм завдовжки 1 м.

^d Якщо теплові та механічні характеристики є важливими, тоді ці значення повинні бути збільшені до 75 мм².

Таблиця 7 — Матеріал, конфігурації та мінімальні розміри уземлювальних електродів^{a, e}

Матеріал	Конфігурація	Розміри		
		Діаметр уземлювального стрижня, мм	Провід уземлення, мм ²	Уземлювальна пластина, мм
Мідь, луджена мідь	Багатожильний		50	
	Моножила круглий	15	50	
	Суцільний стрічковий		50	
	Труба	20		
	Суцільна пластина			500 × 500
	Решітчаста пластина ^c			600 × 600
Гарячепоцинкована сталь	Моножила круглий	14	78	
	Труба	25		
	Суцільний стрічковий		90	
	Суцільна пластина			500 × 500
	Решітчаста пластина ^c			600 × 600
	Профіль	d		
Непокрита сталь ^b	Багатожильний		70	
	Моножила круглий		78	
	Суцільний стрічковий		75	
Поміднена сталь	Моножила круглий	14	50	
	Суцільний стрічковий		90	
Нержавка сталь	Моножила круглий	15	78	
	Суцільний стрічковий		100	

^a Треба, щоби механічні та електричні характеристики, а також антикорозійні властивості відповідали вимогам майбутньої серії EN 62561.

^b Належить занурити до бетону щонайменше на 50 мм.

^c Решітчаста пластина складається з провідників принаймні у 4,8 м завдовжки.

^d Допускають різні профілі з поперечним перерізом 290 мм² і товщиною принаймні 3 мм, приміром хрестовинний профіль.

^e Треба, щоби в разі застосування системи розміщення типу В фундаментного уземлювача, уземлювальний електрод було з'єднано належно принаймні що кожні 5 м зі сталлю риштунку залізобетону.

6 ВНУТРІШНЯ СИСТЕМА БЛИСКАВКОЗАХИСТУ

6.1 Загальні положення

Внутрішня LPS має запобігати виникненню небезпечного іскріння в захищуваній будівлі (споруді) через струм блискавки, що протікає у зовнішній LPS або в інших струмопровідних частинах конструкції.

Небезпечне іскріння може виникати між зовнішньою LPS та іншими компонентами, такими як:

- металеві конструкції;
- внутрішні системи;
- зовнішні струмопровідні частини та лінії, приєднані до будівлі (споруди).

Примітка 1. Іскріння, що відбувається в будівлі (споруді) з небезпекою вибуху, завжди становить небезпеку. У цьому разі треба вжити додаткових захисних заходів, які перебувають на стадії розгляду (див. додаток D).

Примітка 2. Стосовно захисту від перенапруг внутрішніх систем див. EN 62305-4.

Небезпечного іскріння між різними частинами можна уникнути за допомогою таких заходів:

- еквіпотенційні сполучення відповідно до 6.2 або
- електрична ізоляція між частинами відповідно до 6.3.

6.2 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту

6.2.1 Загальні положення

Еквіпотенційні сполучення досягають з'єднанням LPS з

- металевими конструкціями,
- внутрішніми системами,
- зовнішніми струмопровідними частинами та лініями, приєднаними до будівлі (споруди).

Якщо еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту встановлено стосовно внутрішніх систем, частина струму блискавки може затікати до таких систем, тож ці явища належить брати до уваги.

Засобами з'єднання можуть бути:

- сполучні провідники, якщо електричну безперервність не забезпечено природним з'єднанням;
- пристрої захисту від імпульсних перенапруг (SPDs), якщо виконати пряме з'єднання сполучними провідниками не є можливим;
- ізолювальні іскрові проміжки (ISGs), якщо прямого з'єднання сполучними провідниками не дозволено.

Спосіб, у який досягають еквіпотенційного сполучення блискавкозахисту, є важливим та його необхідно розглянути з оператором телекомунікаційних мереж, оператором електроенергетичних та газових служб, а також іншими операторами чи відповідними органами, оскільки вони можуть висувати суперечливі вимоги.

Потрібно, щоб SPD було встановлено таким чином, щоб була передбачена можливість їхньої перевірки.

Примітка 1. Після того, як було встановлено LPS, можуть бути порушені металоконструкції, які є зовнішніми стосовно захищеної будівлі (споруди). Це потрібно враховувати під час проектування таких систем. Також можуть бути необхідними еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для зовнішніх металоконструкцій.

Примітка 2. Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту потрібно об'єднати та скоординувати з іншими еквіпотенційними сполученнями в будівлі (споруді).

6.2.2 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для металевих конструкцій

У разі ізольованої зовнішньої LPS еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту виконують лише на позначці ґрунту.

Для зовнішньої LPS, яка не є ізольованою, еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту виконують у таких місцях:

а) у фундаменті чи поблизу позначки ґрунту. Сполучні провідники мають бути під'єднані до сполучної шини, встановленої та встановленої так, щоби був легкий доступ для інспектування. Сполучну шину необхідно під'єднати до системи земляного закінчення. Для великих споруд (зазвичай понад 20 м завдовжки) може бути використано кільцеву сполучну шину чи може бути встановлено кілька сполучних шин за умови, що їх з'єднано між собою;

б) у місцях, де не виконано вимоги щодо ізоляції (див. 6.3).

Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту мають бути максимально прямими.

Примітка. Якщо еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту встановлено стосовно струмопровідних частин будівлі (споруди), частина струму блискавки може затікати до такої будівлі (споруди) і це треба брати до уваги.

Мінімальні значення поперечного перерізу провідників еквіпотенційних сполучень, що з'єднують різні сполучні шини, та провідників, що з'єднують шини із системою земляного закінчення, наведено в таблиці 8.

Мінімальні значення поперечного перерізу провідників еквіпотенційних сполучень, що з'єднують внутрішні металеві установки зі сполучними шинами, наведено в таблиці 9.

Таблиця 8 — Мінімальні розміри провідників, що з'єднують різні сполучні шини чи з'єднують сполучні шини із системою земляного закінчення

Клас LPS	Матеріал	Поперечний переріз, мм ²
I—IV	Мідь	16
	Алюміній	25
	Сталь	50

Таблиця 9 — Мінімальні розміри провідників, що з'єднують внутрішнє металеве устаткування зі сполучною шиною

Клас LPS	Матеріал	Поперечний переріз, мм ²
I—IV	Мідь	6
	Алюміній	10
	Сталь	16

Якщо до труб газо- чи водопостачання всередині захищеної будівлі (споруди) вставляють ізоляційні частини, вони, за погодженням з постачальником води та газу, мають бути узбочені ISG, спроектованими для такої експлуатації.

Національна примітка

У літературі минулих років також трапляються терміни «шунт» та «шунтування» замість «узбічник» та «узбочення».

ISG повинні бути випробувані згідно з майбутнім стандартом EN 62561-3 та мати такі характеристики:

- $I_{\text{imp}} \geq k_c I$, де $k_c I$ — струм блискавки, що протікає уздовж відповідної частини зовнішньої LPS (див. додаток С);
- номінальна імпульсна напруга спрацьовування U_{RIMP} нижча за рівень імпульсної стійкості ізоляції між частинами.

6.2.3 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для зовнішніх струмопровідних частин

Для зовнішніх струмопровідних частин еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту потрібно встановлювати якомога ближче до точки вводу до захищеної будівлі (споруди).

Потрібно, щоби сполучні провідники були здатними витримувати ту частину I_F струму блискавки, що протікає ними, яку оцінюють згідно з додатком Е в EN 62305-1:2011.

Якщо безпосереднє з'єднання є неприйнятним, належить використовувати ISG з характеристиками, зазначеними нижче:

ISG повинні бути випробувані згідно з майбутнім стандартом EN 62561 -3 та мати такі характеристики:

- $I_{\text{imp}} \geq k_c I$, де $k_c I$ — струм блискавки, що протікає уздовж відповідної частини зовнішньої LPS (див. додаток С);
- номінальна імпульсна напруга спрацьовування U_{RIMP} нижча за рівень імпульсної стійкості ізоляції між частинами.

Примітка. Якщо еквіпотенційне сполучення є необхідним, а LPS необхідно не є, земляне закінчення електроустановки НН можна використовувати з цією метою. В EN 62305-2 подано відомості про умови, за яких LPS не є необхідною.

6.2.4 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для внутрішніх систем

Украй важливо виконувати еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту відповідно до 6.2.2 а) та 6.2.2 б).

Якщо кабелі внутрішніх систем екрановані чи розміщені в металевих каналах, може бути достатньо приєднати лише ці екрани та канали (див. додаток В).

Примітка. Приєднання екранів та каналів не може уникати збоїв через перенапруги обладнання, підімкненого до кабелів. Стосовно захисту такого обладнання див. EN 62305-4.

Якщо кабелі внутрішніх систем не є ані екранованими, ані розміщеними в металевих каналах, їх належить приєднувати за допомогою SPD. У системах TN провідники PE та PEN мають бути з'єднані з LPS напряму чи через SPD.

Треба, щоб сполучні провідники мали ту саму здатність до відведення струму, як зазначено в 6.2.2 для ISG.

Треба, щоби SPD відповідали вимогам EN 61643-11 та EN 61643-21 і мали такі характеристики:

- випробувані за $I_{\text{imp}} \geq k_c I$, де $k_c I$ — струм блискавки, що протікає уздовж відповідної частини зовнішньої LPS (див. додаток С);
- рівень захисту U_P є нижчим за рівень імпульсної стійкості ізоляції між частинами.

Національна примітка

EN 61643-11 замінено на EN 61643-111.

Якщо захист внутрішніх систем від перенапруг є необхідним, потрібно застосувати координовану систему SPD, що відповідає вимогам розділу 7 EN 62305-4:2011.

6.2.5 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для ліній, приєднаних до захищеної будівлі (споруди)

Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для електричних і телекомунікаційних ліній належить виконувати відповідно до 6.2.3.

Усі провідники кожної лінії належить з'єднати напругу або через SPD. Провідники під напругою з'єднують зі сполучною шиною лише через SPD. У системах TN провідники PE чи PEN належить приєднати до сполучної шини напругу або через SPD.

Якщо лінії екрановано чи прокладено в металевих каналах, ці екрани та канали належить приєднати. Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для провідників не є обов'язковим за умови, що поперечний переріз S_C цих екранів чи каналів є не меншим за мінімальне значення $S_{C\min}$, обчислене згідно з додатком В.

Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту екранів кабелів чи каналів здійснюють поблизу місця їхнього вводу до будівлі (споруди).

Потрібно, щоби сполучні провідники витримували такий струм, як зазначено у 6.2.3 для ISG.

Потрібно, щоби SPD відповідали вимогам EN 61643-11 та EN 61643-21 та мали такі характеристики:

— випробувані за $I_{\text{imp}} \geq I_F$, де I_F — струм блискавки, що протікає лінією (див. додаток Е в EN 62305-1:2011);

— рівень захисту U_P є нижчим за рівень імпульсної стійкості між частинами.

Якщо захист від імпульсних перенапруг для внутрішніх систем, приєднаних до ліній, які входять до будівлі (споруди), є необхідним, належить застосувати координовану систему SPD, яка відповідає вимогам розділу 7 EN 62305-4:2011.

Примітка. Якщо еквіпотенційне сполучення є необхідним, а LPS необхідною не є, земляне закінчення електроустановки НН може бути використано для цього. В EN 62305-2 подано інформацію про умови, за яких LPS не є необхідною.

6.3 Електричне ізолювання зовнішньої LPS

6.3.1 Загальні положення

Електричне ізолювання системи перехоплення чи системи доземних провідників від металевих частин конструкції, металевого устаткування та внутрішніх систем може бути досягнуто створенням роздільної відстані s між частинами. Загальне рівняння для розрахунку s має вигляд:

$$s = \frac{k_i}{k_m} \cdot k_c \cdot I \quad (\text{м}), \quad (4)$$

де k_i — залежить від вибраного класу LPS (див. таблицю 10);

k_m — залежить від електроізоляційного матеріалу (див. таблицю 11);

k_c — залежить від (часткового) струму блискавки, що проходить перехоплювачем та доземним провідником (див. таблицю 12 та додаток С);

I — довжина у метрах уздовж перехоплювача та доземного провідника від точки, де роздільну відстань розглядають, до найближчої точки системи еквіпотенційних сполучень чи точки приєднання до уземлення (див. Е.6.3 у додатку Е).

Примітка. Довжиною I уздовж перехоплювача можна знехтувати у спорудах з безперервною металевою покрівлею, яка діє як природний перехоплювач.

Таблиця 10 — Ізолювання зовнішньої LPS.
Значення коефіцієнта k_i

Клас LPS	k_i
I	0,08
II	0,06
III та IV	0,04

Таблиця 11 — Ізолювання зовнішньої LPS. Значення коефіцієнта k_m

Матеріал	k_m
Повітря	1
Бетон, цегла, дерево	0,5

Примітка 1. Якщо кілька ізоляційних матеріалів з'єднано послідовно, використання найменшого зі значень k_m є доброю практикою.

Примітка 2. За використання інших ізоляційних матеріалів вказівки щодо влаштування та значення k_m повинен надавати виробник.

Коли лінії чи зовнішні струмопровідні частини входять до будівлі (споруди), завжди необхідно забезпечувати еквіпотенційні сполучення блискавозахисту (прямим з'єднанням чи з'єднанням через SPD) у точці їх уводу до будівлі (споруди).

У спорудах з металевим чи безперервно з'єднаним каркасом залізобетону роздільна відстань є зайвою.

Коефіцієнт k_c струму блискавки поміж перехоплювачів/доземних провідників залежить від класу LPS, загального числа n , від положення доземних провідників, від сполучних кільцевих провідників та від типу системи земляного закінчення. Необхідна роздільна відстань залежить від падіння напруги на найкоротшому шляху від точки, де розглядають роздільну відстань, до уземлювального електрода чи найближчої точки системи еквіпотенційних сполучень.

6.3.2 Спрощений підхід

Потрібно, щоби в типових будівлях (спорудах) для застосування рівняння (4) враховували такі умови:

k_c — залежить від (часткового) струму блискавки, що проходить доземними провідниками (див. таблицю 12 та додаток С);

l — вертикальна довжина в метрах уздовж доземного провідника, від точки, де необхідно розглянути роздільну відстань, до найближчої точки системи еквіпотенційних сполучень.

Таблиця 12 — Ізолювання зовнішньої LPS. Орієнтовні значення коефіцієнта k_c

Кількість доземних провідників n	k_c
1 (лише в разі ізолюваної LPS)	1
2	0,66
3 та більше	0,44
Примітка. Значення, наведені в таблиці 12, є прийнятними для всіх пристроїв уземлення за схемою розміщення типу В та для пристроїв уземлення за схемою розміщення типу А, за умови, що опори сусідніх уземлювальних електродів не відрізняються один від одного більше ніж удвічі. Якщо опори окремих уземлювальних електродів відрізняються більше ніж удвічі, належить прийняти $k_c = 1$.	

Детальнішу інформацію про розподіл струму блискавки між доземними провідниками подано в додатку С.

Примітка. Спрощений підхід зазвичай призводить до результатів із запасом безпеки.

6.3.3 Докладний підхід

У LPS із сітчастою системою перехоплювачів чи зі сполучними кільцевими провідниками, перехоплювачі чи доземні провідники мають різні величини струму, спрямованого донизу уздовж них, унаслідок розподілу струму. У таких випадках точніший розрахунок роздільного проміжку може бути виконано за таким співвідношенням:

$$s = \frac{k_i}{k_m} \cdot (k_{c1} \cdot l_1 + k_{c2} \cdot l_2 + \dots + k_{cn} \cdot l_n) \quad (5)$$

Якщо перехоплювачі чи доземні провідники мають різні значення струму, спрямованого донизу уздовж них завдяки з'єднувальним кільцевим провідникам, застосовують рисунки С.4 та С.5.

Примітка 1. Цей підхід застосовують для оцінювання роздільного проміжку в дуже великих спорудах чи у спорудах складної форми.

Примітка 2. Для обчислення коефіцієнтів k_c для окремих провідників може бути використано числові мережеві програми.

7 ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ПЕРЕВІРЯННЯ LPS

7.1 Загальні положення

Ефективність будь-якої LPS залежить від того, як її було встановлено, як її обслуговують та за якими методами перевіряють.

Перевіряння, випробування та обслуговування не можна проводити в умовах грозової небезпеки.

Примітка. Детальну інформацію щодо огляду та технічного обслуговування LPS подано в Е.7.

7.2 Застосування перевірок

Перевірки призначено для встановлення того, що

- LPS відповідає проєкту, який ґрунтується на цьому стандарті,
- усі елементи LPS є в доброму стані та здатні виконувати свої проєктні функції і що корозії немає,
- усі недавно додані послуги чи конструкції включено до LPS.

7.3 Порядок перевірок

Перевірки належить проводити відповідно до 7.2 таким чином:

- під час споруджування будівлі (споруди) для перевіряння вбудованих електродів;
- після встановлення LPS;
- періодично з інтервалами, які визначають залежно від характеру захищеної будівлі (споруди), тобто від наявності проблем з корозією та від класу LPS;

Примітка. Для отримання детальної інформації див. Е.7.

- після внесення змін чи ремонту, чи коли відомо, що будівля (споруда) була уражена блискавкою.
- Під час періодичних перевірок практично важливим є перевірити таке:
- зношення та корозію елементів перехоплювачів, провідників та з'єднань;
 - корозію уземлювальних електродів;
 - величину опору землі системи земляного закінчення;
 - стан з'єднань, еквіпотенційних з'єднань та елементів кріплення.

7.4 Технічне обслуговування

Регулярне перевіряння є однією серед головних умов надійного обслуговування LPS. Власник майна повинен бути поінформований про всі виявлені недоліки та їх належить усувати без зволікань.

8 ЗАХОДИ ЗАХИСТУ ВІД ЗАГРОЗИ ДЛЯ ЖИТТЯ ВНАСЛІДОК ДІЇ НАПРУГИ ДОТИКУ ТА КРОКОВОЇ НАПРУГИ

8.1 Заходи захисту від напруги дотику

За певних умов наближення до доземних провідників LPS може бути небезпечним для життя, навіть якщо LPS було спроектовано та сконструйовано відповідно до зазначених вище вимог.

Небезпека знижується до прийнятного рівня за виконання однієї з таких умов:

- а) за нормальних умов експлуатації немає людей в межах 3 м від доземних провідників;
- б) використовують систему принаймні з 10 доземних провідників відповідно до 5.3.5;
- с) контактний опір поверхневого шару ґрунту в межах 3 м від доземних провідників становить не менше ніж 100 кОм.

Примітка. Шар ізолювального матеріалу, приміром асфальту, завтовшки 5 см (або шар ріння 15 см завтовшки) зазвичай зменшує небезпеку до прийнятного рівня.

Якщо жодна з цих умов не виконується, належить вжити заходів щодо захисту проти загрози для життя внаслідок дії напруги дотику, як-от:

- ізолювання відкрито прокладеного доземного провідника, яке забезпечує імпульсну міцність у 100 кВ, 1,2/50 мкс, приміром, принаймні 3 мм зшитого поліетилену;
- фізична недоступність та/чи попереджувальні написи для зменшення ймовірності дотику до доземного провідника.

Потрібно, щоби заходи захисту відповідали прийнятим стандартам (див. ISO 3864-1).

8.2 Заходи захисту від крокової напруги

За певних умов близькість доземних провідників може бути небезпечною для життя, навіть якщо LPS була спроектована та сконструйована відповідно до зазначених вище вимог.

Небезпека знижується до прийнятного рівня за виконання однієї з таких умов:

- а) за нормальних умов експлуатації немає людей в межах 3 м від доземних провідників;
- б) використовують систему принаймні з 10 доземних провідників відповідно до 5.3.5;
- с) контактний опір поверхневого шару ґрунту в межах 3 м від доземних провідників становить не менше ніж 100 кОм.

Примітка. Шар ізолювального матеріалу, приміром асфальту, 5 см завтовшки (або шар ріння 15 см завтовшки) зазвичай зменшує небезпеку до прийнятного рівня.

Національна примітка

В українській технічній літературі терміни «ріння», «ситець», «градівка» та «жорства» (певні різновиди подрібненого каміння) після 30-х років було примусово замінено терміном «щебінь» (калька з російської), до якого потрібно було ще додавати пояснення щодо стану подрібнення.

Якщо жодна з цих умов не виконується, належить вжити заходів захисту проти загрози для життя внаслідок дії крокової напруги, як-от:

- ізолювання відкрито прокладеного доземного провідника, яке забезпечує імпульсну міцність у 100 кВ, 1,2/50 мкс, приміром, принаймні 3 мм зшитого поліетилену;
- фізична недоступність та/чи попереджувальні написи для зменшення ймовірності дотику до доземних провідників.

Заходи захисту мають відповідати прийнятим стандартам (див. ISO 3864-1).

ДОДАТОК А (обов'язковий)

РОЗМІЩЕННЯ СИСТЕМИ ПЕРЕХОПЛЕННЯ

А.1 Розміщення системи перехоплення за використання методу захисного кута

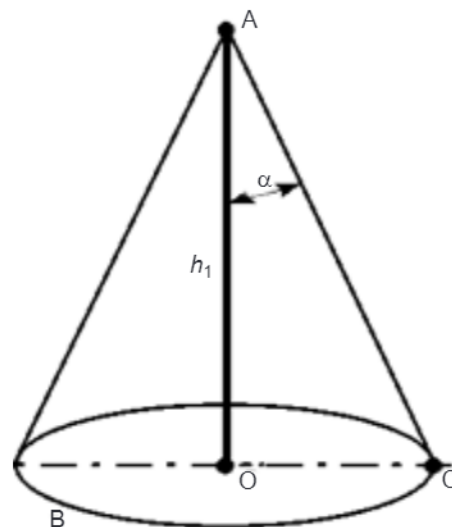
А.1.1 Загальні положення

Розміщення системи перехоплення вважають відповідним, якщо захищувана будівля (споруда) повністю перебуває в межах захищеного об'єму, забезпеченого системою перехоплення.

Для визначення захищеного об'єму належить брати до уваги лише реальні фізичні розміри металевої системи перехоплення блискавки.

А.1.2 Об'єм, захищений вертикальними стрижнями системи перехоплення

Об'єм, захищений вертикальними стрижнями, приймають таким, що має форму прямого кругового конуса, вершина якого розташована на осі перехоплювача, з напівкутом при вершині α , залежно від класу LPS та на висоті системи перехоплення, яку подано в таблиці 2. Приклади захищеного об'єму наведено на рисунках А.1 та А.2.



IEC 2649/10

Умовні позначки:

A — верхівка стрижня перехоплювача;

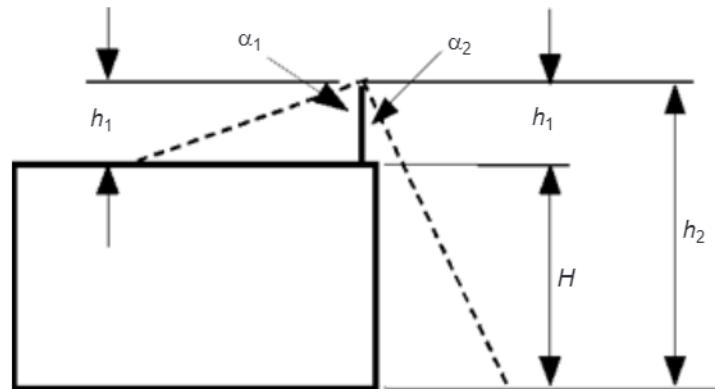
B — базова площина;

O — радіус захищеного простору;

h_1 — висота стрижня перехоплювача над базовою площиною простору, який належить захистити;

α — захисний кут відповідно до таблиці 2.

Рисунок А.1 — Об'єм, захищений вертикальним стрижневим перехоплювачем



IEC 2650/10

Умовні позначки:

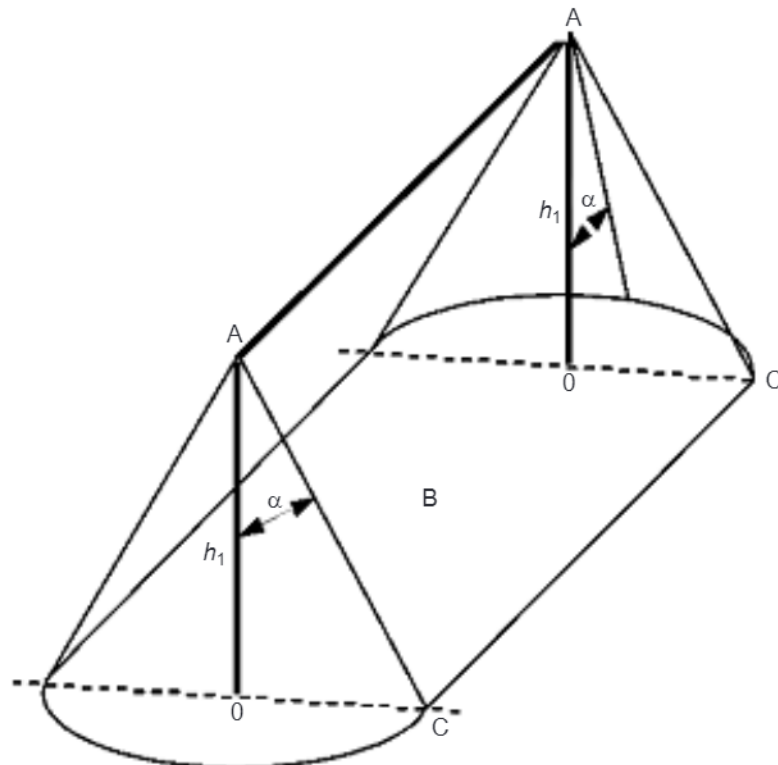
h_1 — висота стрижня перехоплювача над базовою площиною простору, який належить захистити.

Примітка. Кут захисту α_1 відповідає висоті перехоплювача h_1 , що є висотою над захищеною поверхнею покрівлі; кут захисту α_2 відповідає висоті $h_2 = h_1 + H$, земля є базовою площиною; α_1 пов'язаний з h_1 та α_2 пов'язаний з h_2 .

Рисунок А.2 — Об'єм, захищений вертикальним стрижневим перехоплювачем

А.1.3 Об'єм, захищений дротовою системою перехоплення

Об'єм, захищений дротом, визначають компонуванням об'єму, захищеного віртуальними вертикальними стрижнями з вершинами на дроті. Приклади захищеного об'єму наведено на рисунку А.3.



IEC 2651/10

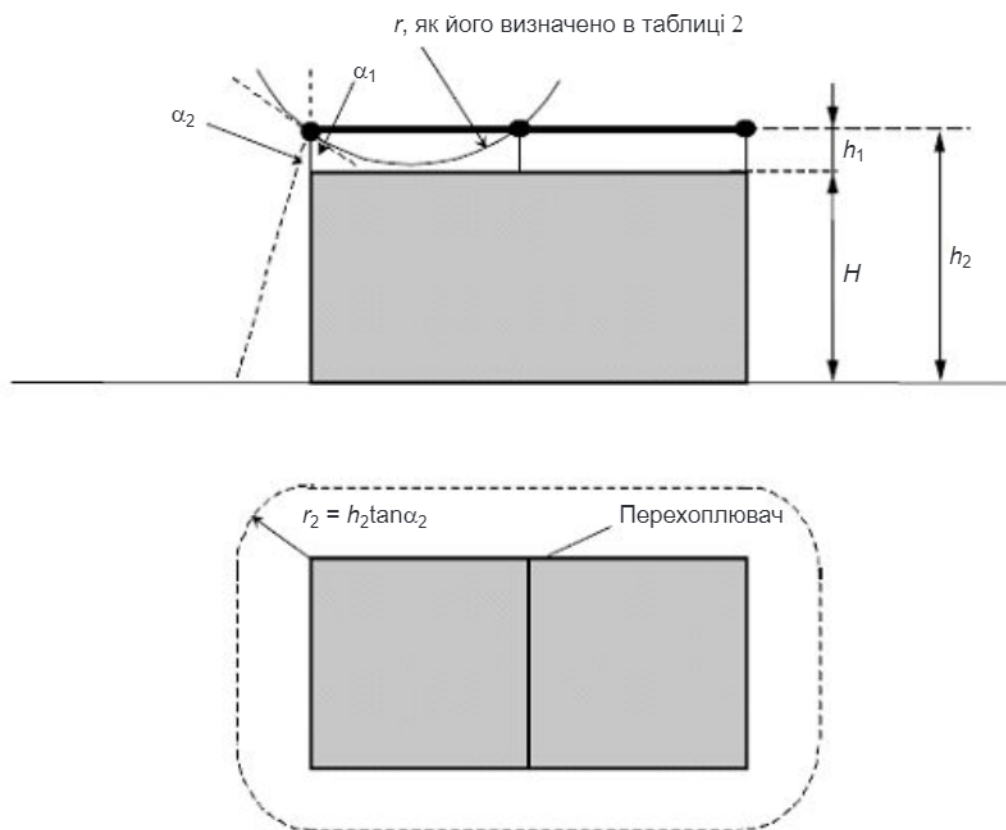
Примітка. Див. умовні позначки на рисунку А.1.

Рисунок А.3 — Об'єм, захищений дротовою системою перехоплення

А.1.4 Об'єм, захищений дротами, об'єднаними в сітку

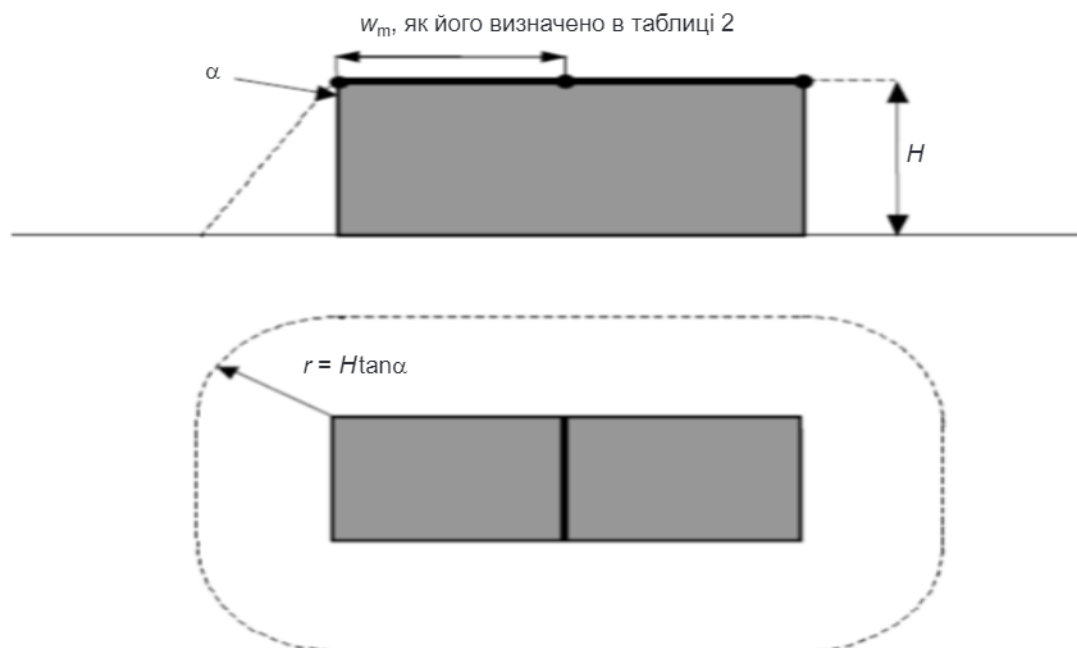
Об'єм, захищений дротами, об'єднаними в сітку визначають комбінацією захищеного об'єму, який визначається одинарними провідниками, що утворюють сітку.

Приклади об'єму, захищеного дротами, об'єднаними в сітку, наведено на рисунках А.4 та А.5.



IEC 2652/10

Рисунок А.4 — Об'єм, захищений ізолюваними дротами, об'єднаними в сітку, відповідно до методу захисного кута та методу сфери, що котиться



IEC 2653/10

Рисунок А.5 — Об'єм, захищений неізолюваними дротами, об'єднаними в сітку, відповідно до методу сітки та методу захисного кута

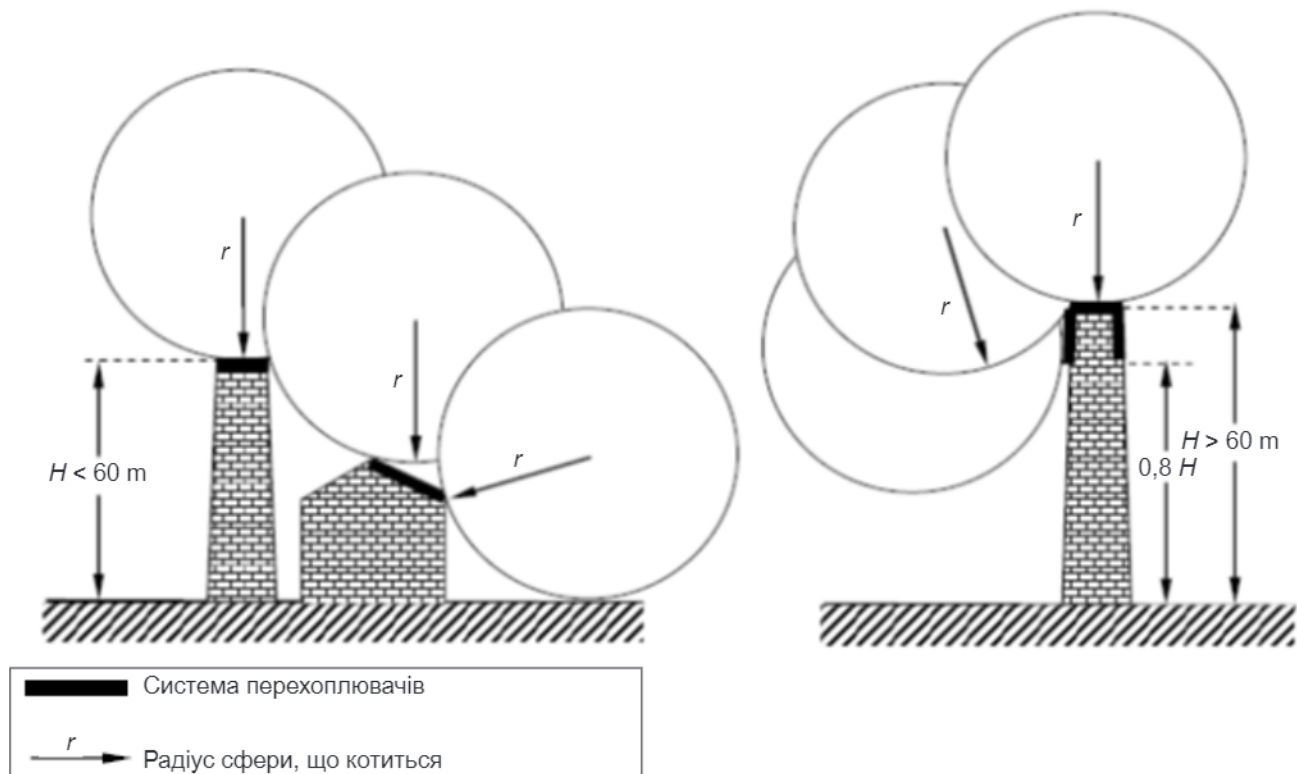
А.2 Розміщення системи перехоплення за використання методу сфери, що котиться

Застосовуючи цей метод, розміщення системи перехоплення вважають відповідним, якщо жодна точка захищеної будівлі (споруди) не торкається сфери радіусом r , що котиться навколо та верхівкою будівлі (споруди) в усіх можливих напрямках, залежно від класу LPS (див. таблицю 2). Таким чином, сфера торкається лише системи перехоплювачів (див. рисунок А.6).

На всіх будівлях (спорудах), вищих ніж радіус r сфери, що котиться, можуть відбуватися спалахи до фасаду будівлі (споруди). Кожна бічна точка будівлі (споруди), якої торкається сфера, що котиться, є можливою точкою удару. Однак імовірність спалаху у бік будівлі (споруди) зазвичай є незначною для будівель (споруд), які є нижчими за 60 м.

Для більш високих будівель (споруд) основна частина всіх ударів буде припадати на верхівку, горизонтальні виступні руби та кути будівлі (споруди). Лише кілька відсотків усіх спалахів припадає на бічну поверхню будівлі (споруди).

Крім того, дані спостережень вказують на те, що ймовірність спалахів до бічної поверхні значно зменшується з висотою точки удару на високих будівлях (спорудах), якщо міряти її від землі. Тому потрібно приділити увагу влаштуванню бічної системи перехоплювачів на верхній частині високих будівель (споруд) (зазвичай верхні 20 % від висоти будівлі (споруди)). У цьому разі метод сфери, що котиться, буде застосовано лише до розміщення системи перехоплювачів верхньої частини будівлі (споруди).



Примітка. Треба, щоби радіус сфери, що котиться, r відповідав вибраному класу LPS (див. таблицю 2).

Рисунок А.6 — Конструкція системи перехоплювачів відповідно до методу сфери, що котиться

А.3 Розміщення системи перехоплювачів за використання методу сіток

Для захисту плоских поверхонь використовують сітку, аби захистити всю поверхню, за дотримання всіх умов, наведених нижче:

- а) Провідники перехоплення розташовано
 - лініями краю покрівлі,
 - на причілках,
 - лініями гребеня покрівлі, якщо нахил покрівлі перевищує 1/10.

Примітка 1. Метод сіток є придатним для горизонтальних та похилих покрівель без кривизни.

Примітка 2. Метод сіток є придатним для плоских бічних поверхонь для захисту від бічних спалахів блискавки.

Примітка 3. Якщо нахил покрівлі перевищує 1/10, замість сітки можна використовувати паралельні провідники перехоплювачів за умови, що відстань між провідниками не перевищує необхідної ширини сітки.

- b) Розміри сітки перехоплювачів не перевищують величин, поданих у таблиці 2.
- c) Мережа системи перехоплювачів побудована так, що струм блискавки завжди буде проходити принаймні двома різними металевими шляхами до системи земляного закінчення.
- d) Жодне металеве устаткування не виступає за межі об'єму, захищеного системами перехоплювачів.
- Примітка 4.** Додаткову інформацію подано в додатку Е.
- e) Провідники перехоплювачів ідуть, наскільки це можливо, найкоротшим та прямим шляхом.

ДОДАТОК В
(обов'язковий)

МІНІМАЛЬНИЙ ПОПЕРЕЧНИЙ ПЕРЕРІЗ ЕКРАНА ВХІДНОГО КАБЕЛЮ ДЛЯ УНИКНЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНОГО ІСКРІННЯ

Перенапруги між активними провідниками та екраном кабелю можуть спричинити небезпечне іскріння через струм блискавки, який тече екраном. Перенапруги залежать від матеріалу, розміру екрана, а також від довжини та розміщення кабелю.

Мінімальну величину S_{CMIN} (мм²) площі поперечного перерізу екрана для уникнення небезпечного іскріння визначають за формулою:

$$S_{\text{CMIN}} = (I_F \cdot \rho_C \cdot L_C \cdot 10^8) / U_W \text{ (мм}^2\text{)}, \quad (\text{B.1})$$

- де I_F — струм, який тече екраном, кА;
 ρ_C — електропровідність екрана, Ом · м;
 L_C — довжина кабелю, м (див. таблицю В.1);
 U_W — імпульсна витримувана напруга електричної/електронної системи, яку живить кабель, кВ.

Таблиця В.1 — Довжина кабелю, яку вибирають відповідно до стану екрана

Стан екрана	L_C
Контактує з ґрунтом, питомий опір якого ρ (Ом · м)	$L_C \leq 8 \cdot \sqrt{\rho}$
Ізольований від ґрунту чи в повітрі	L_C — відстань між будівлею (спорудою) та найближчою точкою уземлення екрана

Примітка. Потрібно з'ясувати, чи може виникати неприйнятне підвищення температури ізоляції лінії під час проходження струму блискавки вздовж екрана лінії чи провідників лінії. Для детальної інформації див. EN 62305-4.

Межі струму визначено як:

- для кабелів з мідним екраном, $I_F = 8 \cdot S_C$; та
- для неекраниваних кабелів, $I_F = 8 \cdot n' \cdot S'_C$,

- де I_F — струм в екрані, кА;
 n' — кількість провідників;
 S_C — поперечний переріз екрана, мм²;
 S'_C — поперечний переріз кожного провідника, мм².

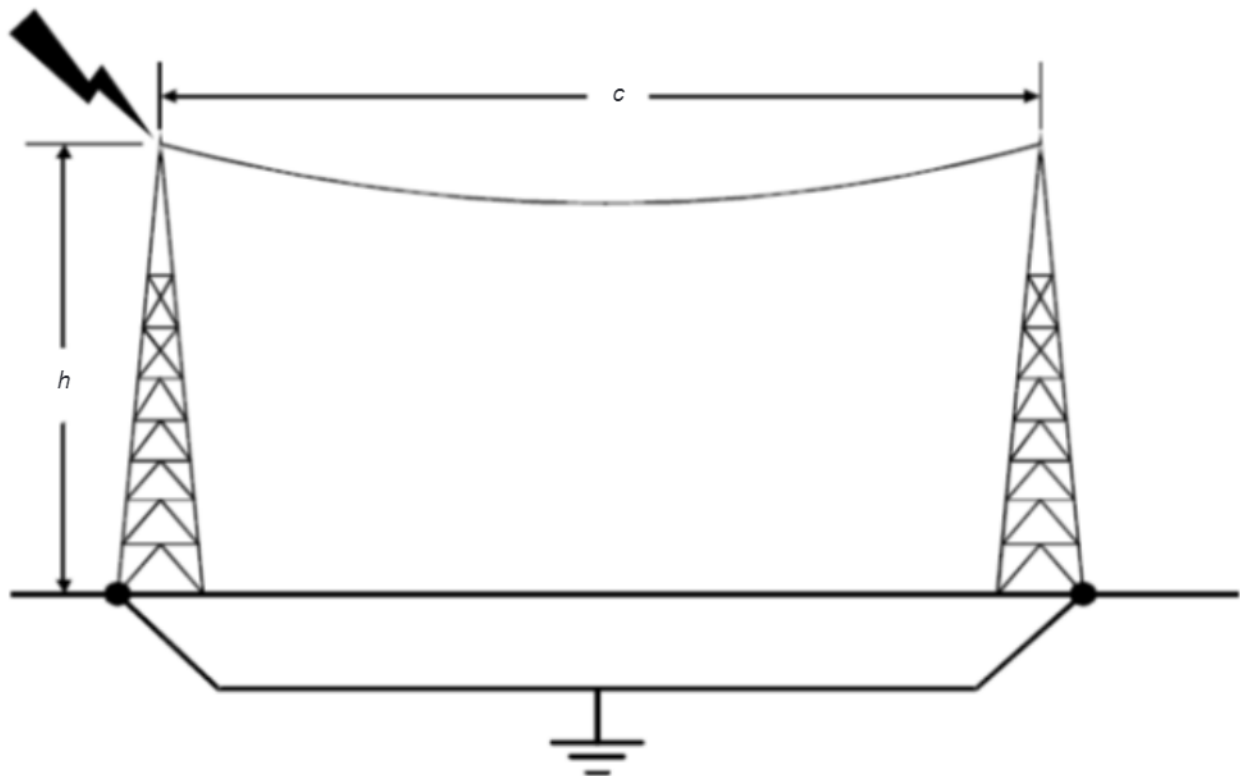
ДОДАТОК С
(довідковий)ОЦІНЮВАННЯ РОЗДІЛЬЧОЇ ВІДСТАНІ s

Коефіцієнт розподілення k_c струму блискавки поміж перехоплювачами/доземними провідниками залежить від типу системи перехоплювачів, загальної кількості n , від розташування доземних провідників, від сполучних кільцевих провідників та від типу системи земляного закінчення.

Примітка 1. Необхідна роздільна відстань залежить від падіння напруги на найкоротшому шляху від точки, де розглядають роздільну відстань, до найближчої точки системи еквіпотенційних сполучень.

Примітка 2. Інформацію в цьому додатку застосовують для всіх схем уземлення типу В і для схем уземлення типу А за умови, що опір розтікання сусідніх уземлювачів не відрізняється більше ніж удвічі. Якщо опір розтікання окремих уземлювачів відрізняється більш ніж удвічі, приймають, що $k_c = 1$.

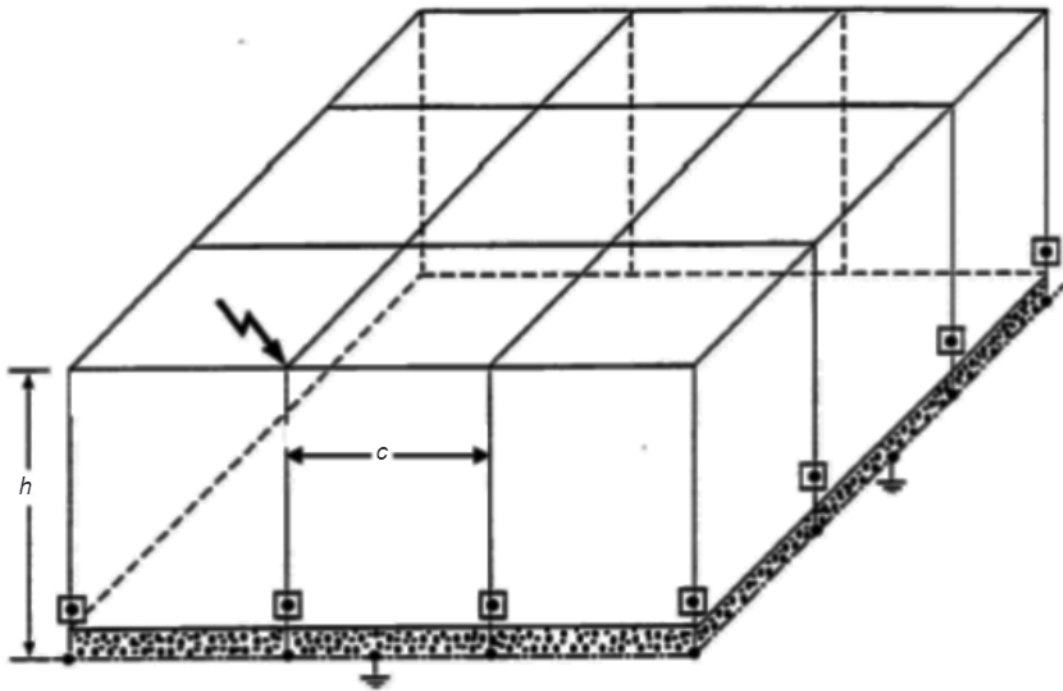
Коли перехоплювачі чи доземні провідники мають постійну величину струму, що проходить уздовж провідників, застосовують рисунки С.1, С.2 та С.3 (див. 6.3.2 Спрощений підхід).



IEC 2655/10

$$k_c = \frac{h + c}{2h + c}.$$

Рисунок С.1 — Значення коефіцієнта k_c за використання дротової системи перехоплювачів



IEC 2656/10

$$k_c = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2 \times \sqrt[3]{\frac{c}{h}}$$

Умовні позначки:

n — загальна кількість доземних провідників;

c — відстань від одного доземного провідника до наступного доземного провідника;

h — відстань (або висота) між кільцевими провідниками.

Примітка 1. Рівняння для k_c — це наближення для кубічних будівель (споруд) та для $n \geq 4$. Вважають, що значення h та c перебувають у межах від 3 м до 20 м.

Примітка 2. За наявності внутрішніх доземних провідників, їх належить ураховати в кількості n .

Рисунок С.2 — Значення коефіцієнта k_c за використання системи з кількома доземними провідниками

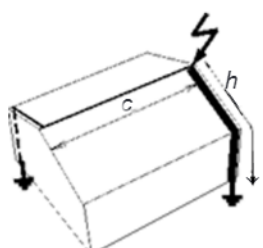
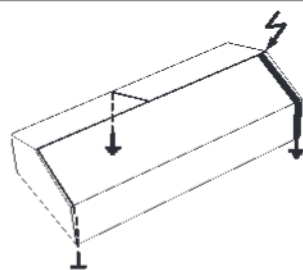
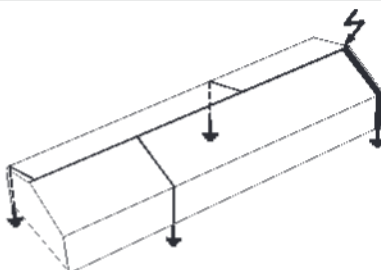
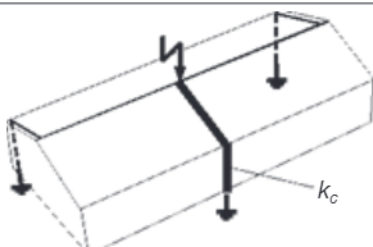
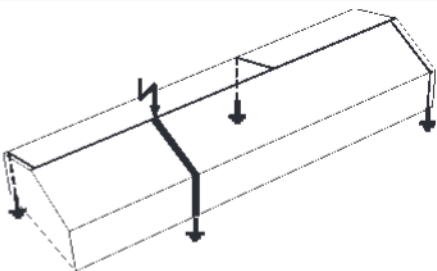
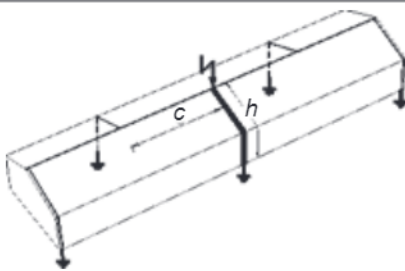
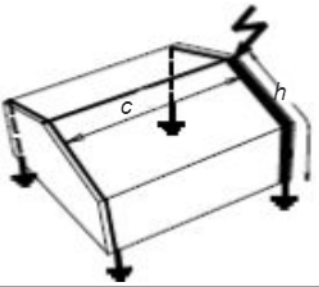
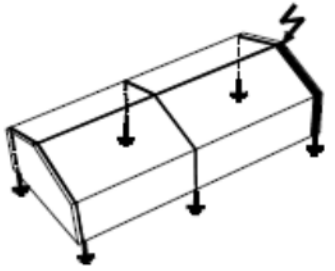
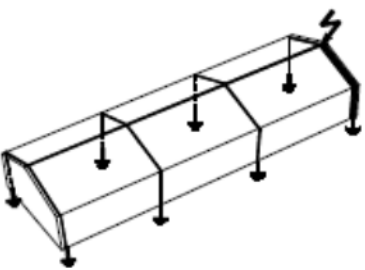
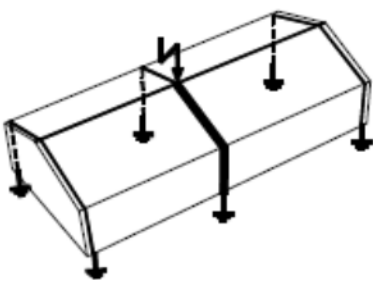
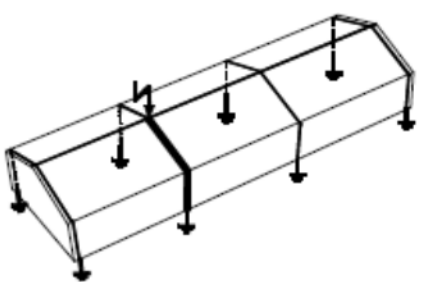
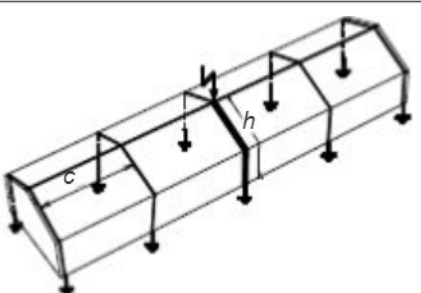
	$\frac{c}{h}$	0,33	0,50	1,00	2,00	
	k_c	0,57	0,60	0,66	0,75	c — відстань від найближчого доземного провідника уздовж гребеня. h — довжина доземного провідника від гребеня до наступної точки системи еквіпотенційних сполучень чи до системи земляного закінчення.
	k_c	0,47	0,52	0,62	0,73	Значення k_c, наведені в таблиці, стосуються доземних провідників, показаних напівгрубою лінією та точкою удару. Розміщення доземного провідника (який розглядають як k_c) належить порівняти з рисунком, характерним для цього доземного провідника.
	k_c	0,44	0,50	0,62	0,73	Визначають фактичне співвідношення c/h. Якщо це співвідношення перебуває в діапазоні між двома значеннями у стовпцях, k_c можна знайти, використовуючи інтерполяцію.
	k_c	0,40	0,43	0,50	0,60	Примітка 1. Додаткові доземні провідники з відстанню більшою, ніж показана на рисунках, мають несуттєвий вплив.
	k_c	0,35	0,39	0,47	0,59	Примітка 2. У разі використання сполучних кільцевих провідників під гребенем див. рисунок С.4. Примітка 3. Значення визначено простим розрахунком паралельних опорів за формулою на рисунку С.1.
	k_c	0,31	0,35	0,45	0,58	

Рисунок С.3 — Значення коефіцієнта k_c для похилої покрівлі з перехоплювачем на гребені

	k_c	0,31	0,33	0,37	0,41
	k_c	0,28	0,33	0,37	0,41
	k_c	0,27	0,33	0,37	0,41
	k_c	0,23	0,25	0,30	0,35
	k_c	0,21	0,24	0,29	0,35
	k_c	0,20	0,23	0,29	0,35

IEC 2108/05

Рисунок С.3 — аркуш 2

$$d_a \geq s_a = \frac{k_i}{k_m} \cdot k_{c1} \cdot l_a;$$

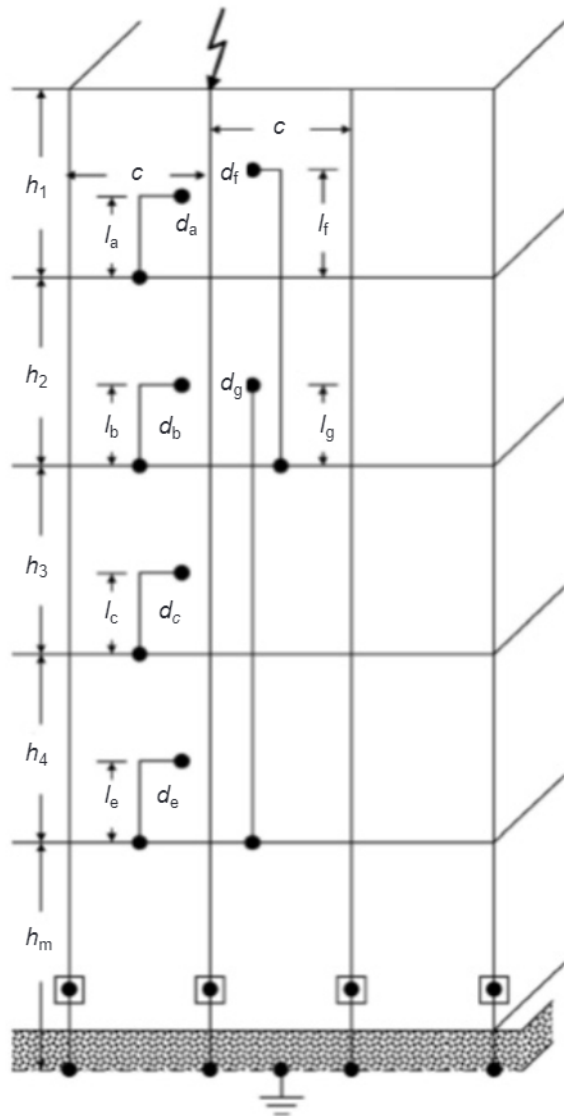
$$d_b \geq s_b = \frac{k_i}{k_m} \cdot k_{c2} \cdot l_b;$$

$$d_c \geq s_c = \frac{k_i}{k_m} \cdot k_{c3} \cdot l_c;$$

$$d_e \geq s_e = \frac{k_i}{k_m} \cdot k_{c4} \cdot l_e;$$

$$d_f \geq s_f = \frac{k_i}{k_m} \cdot (k_{c1} \cdot l_f + k_{c2} \cdot h_2);$$

$$d_g \geq s_g = \frac{k_i}{k_m} \cdot (k_{c2} \cdot l_g + k_{c3} \cdot h_3 + k_{c4} \cdot h_4).$$



$$k_{c1} = \frac{1}{2n} + 0,1 + 0,2 \cdot \sqrt[3]{\frac{c}{h_1}};$$

$$k_{c2} = \frac{1}{n} + 0,1;$$

$$k_{c3} = \frac{1}{n} + 0,01;$$

$$k_{c4} = \frac{1}{n};$$

$$k_{cm} = k_{c4} = \frac{1}{n}.$$

Умовні позначки:

- n — загальна кількість доземних провідників;
- c — відстань між доземними провідниками;
- h — відстань (висота) між кільцевими провідниками;
- m — загальне число рівнів;
- d — відстань до найближчого доземного провідника;
- l — висота над точкою з'єднання.

Примітка. За наявності внутрішніх доземних провідників, їх належить врахувати в числі n .

Рисунок С.4 — Приклади розрахунку роздільної відстані за використання кількох доземних провідників зі з'єднувальним кільцем на кожному рівні

IEC 2657/10

ДОДАТОК D
(обов'язковий)

**ДОДАТКОВІ ВІДОМОСТІ ДЛЯ LPS
ДЛЯ БУДІВЕЛЬ (СПОРУД) З РИЗИКОМ ВИБУХУ**

D.1 Загальні положення

Цей додаток містить додаткові відомості для проєктування, спорудження, модернізації та модифікації систем захисту від блискавки для будівель (споруд) з ризиком вибуху.

Примітка. Відомості, які містяться в цьому додатку ґрунтуються на практично перевірених конфігураціях систем захисту від блискавки, установлених в умовах, де є небезпека вибуху. Авторитетний фахівець, наділений відповідними повноваженнями, може висувати інші вимоги.

D.2 Додаткові терміни та визначення

На додаток до термінів та визначень, поданих у розділі 3, терміни та визначення EN 60079-14:2008, а також такі терміни та визначення є застосовними до цього додатка.

D.2.1 твердий вибуховий матеріал

Тверда хімічна сполука, суміш чи пристрій зі здатністю вибухати, що є його основною чи загальною призначеністю

D.2.2 зона 0

Місце, у якому вибухова атмосфера, що складається із суміші повітря та легкозаймистих речовин у формі газу, пари чи туману, є постійно чи впродовж тривалих періодів, або часто
[IEC 60050-426:2008, 426-03-03, змінений] [4]

D.2.3 зона 1

Місце, у якому вибухова атмосфера, що складається із суміші повітря та легкозаймистих речовин у формі газу, пари чи туману, може виникнути за нормальної роботи час від часу
[IEC 60050-426:2008, 426-03-04, змінений] [4]

D.2.4 зона 2

Місце, у якому вибухова атмосфера, що складається із суміші повітря та легкозаймистих речовин у формі газу, пари чи туману, не може виникнути за нормальної роботи, але, якщо вона виникне, то буде зберігатися лише протягом короткого періоду.

Примітка 1. У цьому визначенні слово «зберігатися» означає підсумковий час, протягом якого буде існувати легкозаймиста атмосфера. Це зазвичай складає в кінцевому підсумку тривалість натікання з додачею часу, необхідного для розсіювання займистої атмосфери по тому, як натікання зупинилося.

Примітка 2. Вказівки щодо частоти виникнення й тривалості можуть бути взяті з норм, які стосуються конкретних галузей чи додатків
[IEC 60050-426:2008, 426-03-05, змінений] [4]

D.2.5 зона 20

Місце, у якому вибухова атмосфера у вигляді хмари займистого пилу в повітрі є постійно чи протягом тривалого часу, або часто
[EN 60079-10-2:2009, 6.2, змінений]

D.2.6 зона 21

Місце, у якому вибухова атмосфера у вигляді хмари займистого пилу в повітрі може виникнути за нормальної роботи час від часу
[EN 60079-10-2:2009, 6.2, змінений]

D.2.7 зона 22

Місце, у якому вибухова атмосфера у вигляді хмари займистого пилу в повітрі не може виникнути в нормальному режимі роботи, але якщо виникає, то буде зберігатися лише протягом короткого періоду.
[EN 60079-10-2:2009, 6.2, змінений]

D.3 Основні вимоги

D.3.1 Загальні положення

Систему захисту від блискавки належить спроектувати та встановити так, щоб у разі прямого удару блискавки не виникало ефектів топлення чи розпорошення, окрім точки влучення блискавки.

Примітка 1. Належить також зважати на можливість іскріння чи пошкодження в точці влучення блискавки. Це належить взяти до уваги під час визначення місця розташування пристрою перехоплення. Доземні провідники належить встановити так, аби температура самозаймання, характерна для небезпечної зони, не була перевищена в тих обставинах, коли виявляється неможливим прокласти доземні провідники поза небезпечною зоною.

Примітка 2. Через удар блискавки впливу на електричне обладнання не можна уникнути в будь-якому разі.

D.3.2 Необхідні відомості

Проектувальника/монтажника системи захисту від блискавки потрібно забезпечити креслениками захищеного підприємства (підприємств) із зазначенням ділянок, на яких відбуватиметься оброблення чи зберігання твердих вибухонебезпечних матеріалів, чи небезпечних ділянок, належно позначених згідно з IEC 60079-10-1 та IEC 60079-10-2.

D.3.3 Уземлення

Розміщення типу В для систем земляного закінчення відповідно до 5.4.2.2 є переважним для всіх систем блискавкозахисту споруд із ризиком вибуху.

Примітка. Конструктив будівлі (споруди) може бути ефективним еквівалентом кільцевого провідника в розміщенні типу В (приміром, металеві паливні танки).

Потрібно, щоби опір землі системи земляного закінчення будівель (споруд), які містять тверді вибухові матеріали та вибухові суміші, був якнайменшим з можливих і не перевищував 10 Ом.

D.3.4 Еквіпотенційні сполучення

Звичайну систему еквіпотенційних сполучень належить застосовувати для системи захисту від блискавки відповідно до 6.2 та для встановлення у вибухонебезпечних зонах згідно з IEC 60079-10-1 та IEC 60079-10-2.

D.4 Будівлі (споруди), що містять тверді вибухові речовини

Проект блискавкозахисту для будівель (споруд), що містять тверді вибухові речовини, повинен брати до уваги чутливість матеріалу в тій конфігурації, у якій його використовують чи зберігають. Наприклад, деякі нечутливі сипкі вибухові речовини можуть не потребувати жодного додаткового розгляду, крім того, що міститься в цьому додатку. Однак трапляються певні конфігурації чутливих вибухових речовин, які можуть бути чутливими до швидкозмінних електричних полів, та/або опромінювання імпульсним електромагнетним полем блискавки. Може бути необхідним встановлювати додаткові вимоги щодо з'єднання чи екранування для таких застосувань.

Для будівель (споруд), що містять тверді вибухові речовини, рекомендують встановлення ізольованої зовнішньої LPS (як визначено у 5.1.2). Будівлі (споруди), що повністю містяться всередині металевої оболонки завтовшки не менше ніж 5 мм зі сталі чи еквівалентного матеріалу (для алюмінієвих конструкцій — 7 мм) можна вважати захищеними природною системою перехоплення, як визначено у 5.2.5. Для таких будівель (споруд) застосовують вимоги 5.4 стосовно уземлення.

Примітка. У випадках, коли можуть виникнути проблеми, пов'язані з місцевим перегріванням чи займанням, належить пере-свідчитися, що підвищення температури внутрішньої поверхні в точці удару не становить небезпеки.

Пристрої захисту від імпульсних перенапруг (SPD) належить передбачити як частини LPS для всіх місць, де є вибухові матеріали. Де це можливо, SPD належить розташовувати за межами тих місць, де є тверді вибухові матеріали. Належить вибирати SPD вибухозахищеного типу для розташування всередині тих місць, де є вибухові речовини чи вибухонебезпечний пил.

D.5 Будівлі (споруди), що містять вибухонебезпечні зони

D.5.1 Загальні положення

Усі частини зовнішньої LPS (перехоплювачі та доземні провідники) належить розташовувати щонайменше за 1 м від небезпечної зони, якщо це можливо. Там, де це неможливо, провідники, що проходять через небезпечну зону, повинні бути переважно неперервними чи з'єднання треба виконати згідно з 5.5.3.

Належить запобігти випадковому послабленню з'єднань у вибухонебезпечних зонах.

Якщо небезпечна зона розташована безпосередньо під бляхою, яку може бути пропалено блискавкою (див. 5.2.5), перехоплювачі належить установити відповідно до вимог 5.2.

D.5.1.1 Стимування імпульсних перенапруг

Пристрої захисту від імпульсних перенапруг належить розташовувати поза небезпечною зоною там, де можливо. Усередині небезпечної зони потрібно встановлювати лише ті пристрої захисту від імпульсних перенапруг, які схвалено для встановлення в такій небезпечній зоні.

D.5.1.2 Еквіпотенційні з'єднання

Крім з'єднань відповідно до таблиць 7 та 8, трубопровід, з'єднаний так, що він є електропровідним відповідно до 5.3.5, також може бути використаний як з'єднання.

Надземні металеві трубопроводи за межами технологічного устаткування належить уземлювати принаймні що кожні 30 метрів. Під'єднання до трубопроводів належить виконувати так, щоб під час

проходження струму блискавки не відбувалось іскріння. Прийнятними під'єднаннями до трубопроводів є приварені наконечники чи шруби, чи отвори для шруб у крисах. Під'єднання за допомогою хомутів допустимо лише за умови, що в разі проходження струму блискавки захист від займання підтверджено випробуваннями та вжито заходів для забезпечення надійності з'єднання. Належить передбачити вузли з'єднань для приєднання злучників та уземлювальних провідників до контейнерів, металевих частин конструкції, діжок та резервуарів.

Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту між системою захисту від блискавки та іншим устаткуванням/будівлями (спорудами)/обладнанням потрібно здійснювати за узгодженням із системним оператором. Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту з використанням іскрових проміжків не можна виконувати без згоди системного оператора. Треба, щоб такі пристрої були придатними для середовища, у якому їх встановлено.

D.5.2 Будівлі (споруди), що містять зони 2 та 22

Будівлі (споруди), де ділянки визначено як зони 2 та 22, можуть не потребувати додаткових заходів захисту.

Для зовнішніх споруд, виконаних з металу (приміром, колони, реактори, контейнери з ділянками, які містять зони 2 та 22), товщина та матеріал яких відповідає вимогам таблиці 3, є застосовним таке:

- перехоплювачі та доземні провідники не є потрібними;
- споруди необхідно уземлити відповідно до розділу 5.

D.5.3 Будівлі (споруди), що містять зони 1 та 21

До будівель (споруд), де ділянки визначено як зони 1 та 21, застосовують вимоги для зон 2 та 22 з такими доповненнями:

- якщо у трубопроводах є ізоляційні вставки, оператор повинен визначити захисні заходи. Приміром, руйнівного іскріння можна уникнути використанням вибухозахищених, ізолювальних іскрових проміжків;
- ізолювальні іскрові проміжки та ізоляційні вставки необхідно встановити поза небезпечними зонами.

D.5.4 Будівлі (споруди), що містять зони 0 та 20

До будівель (споруд), де ділянки визначено як зони 0 та 20, застосовують вимоги D.5.3, доповнені рекомендаціями, наведеними в цьому пункті, за відповідних умов.

До зовнішніх об'єктів, що містять зони, визначені як зони 0 та 20, застосовують вимоги до зон 1, 2, 21 та 22 з такими доповненнями:

- необхідно, щоб електричне обладнання всередині резервуарів, що містять легкозаймисті рідини, було придатним для такого застосування. Необхідно вжити заходів щодо блискавкозахисту відповідно до типу конструкції;
- потрібно, щоб в закритих металевих контейнерах, які містять ділянки, визначені як зони 0 та 20, товщина стінки в можливих точках удару блискавки відповідала величинам, наведеним у таблиці 3 за умови, що підвищення температури внутрішньої поверхні у точці удару не становить небезпеки. За тонших стінок треба встановити перехоплювачі.

D.5.5 Спеціальні застосування

D.5.5.1 Заправні станції

На заправних станціях для легкових автомобілів, суден тощо з вибухонебезпечними зонами, металеві трубопроводи треба уземлити відповідно до розділу 5. Трубопроводи треба з'єднати зі сталевими конструкціями та рейками, якщо такі є (за потреби за допомогою ізолювальних іскрових проміжків, дозволених для небезпечних зон, у яких їх встановлюють), з урахуванням залізничних струмів, мандрівних струмів, запобіжників електропотягів, систем з катодним захистом від корозії тощо.

D.5.5.2 Резервуари

Деякі типи конструкцій, що їх використовують для зберігання рідин, які можуть утворювати займисті випари, чи їх використовують для зберігання займистих газів, є за своїм характером самозахисними (містяться повністю всередині суцільних металевих контейнерів, що мають товщину сталі не менше ніж 5 мм чи 7 мм алюмінію, без іскрових проміжків) та не потребують додаткового захисту за умови, що підвищення температури внутрішньої поверхні в точці удару не становить небезпеки.

Аналогічно резервуари та трубопроводи, які вкрито ґрунтом, не потребують установлення перехоплювачів. Необхідно, щоб вимірювальні прилади чи електроприлади, що їх використовують усередині цього обладнання, мали дозвіл для такого застосування. Заходи з блискавкозахисту вживають відповідно до типу конструкції.

Для резервуарів у резервуарних парках (приміром, на НПЗ та резервуарних сховищах) достатньо уземлення кожного резервуара лише в одній точці. Резервуари належить сполучити один з одним. Крім сполучень відповідно до таблиць 8 та 9, також трубопроводи, які з'єднано так, щоби вони були струмопровідними відповідно до 5.3.5, можна використовувати як сполучні провідники.

Примітка. У деяких країнах можуть бути додаткові вимоги.

Резервуари чи контейнери, що стоять окремо, належить уземлити відповідно до розділу 5, залежно від найбільшого з горизонтальних вимірів (діаметр чи довжина):

- до 20 м, один раз;
- понад 20 м, двічі.

Для резервуарів з плавальною покрівлею, плавальну покрівлю треба надійно з'єднати з основною оболонкою резервуара. Конструкцію ущільнень та з'єднань та їх відносне розташування треба ретельно продумати так, щоби ризик займання можливої вибухової суміші від підпального іскріння було зведено до найнижчого можливого рівня. Якщо на резервуарі з плавальною покрівлею встановлено роликову драбину, крізь шарніри драбини треба прокласти гнучкий сполучний провідник 35 мм завширшки та принаймні 3 мм завтовшки — між драбиною та верхівкою резервуара, між драбиною та плавальною покрівлею. Якщо резервуар з плавальною покрівлею не обладнано роликовою драбиною, один чи більше (залежно від розмірів резервуара) гнучких сполучних провідників 35 мм завширшки та принаймні 3 мм завтовшки, чи його еквівалент, треба встановити між плавальною покрівлею та оболонкою резервуара. Сполучні провідники належить розмістити так, аби вони не могли утворювати замкненої петлі. На резервуарах із плавальною покрівлею треба застосувати численні узбічнікові сполучники між плавальною покрівлею та оболонкою резервуара з кроком приблизно 1,5 м навкруги периферії покрівлі. Вибір матеріалу ґрунтується на вимогах щодо продуктів та/чи умов довкілля. Альтернативні засоби забезпечення прийнятного електропровідного з'єднання між плавальною покрівлею та оболонкою резервуара для імпульсних струмів, пов'язаних з виснагами блискавичними, допускають лише якщо їх підтверджено випробуваннями та якщо вжито всіх необхідних заходів для забезпечення надійного з'єднання.

D.5.5.3 Мережа трубопроводів

Надземні металеві трубопроводи в межах промислових майданчиків, але за межами технологічних установок належить приєднувати до системи уземлення що кожні 30 м, чи їх належить уземлити поверхневим уземлювальним електродом чи уземлювальним стрижнем. Ізоляційних опор трубопроводів розглядати не треба.

D.6 Технічне обслуговування та огляд

D.6.1 Загальні положення

Треба, щоби всі встановлені LPS, що їх використовують для захисту будівель (споруд) з небезпекою вибуху, проходили відповідне обслуговування та огляд. Для огляду й технічного обслуговування LPS у будівлях (спорудах) з небезпекою вибуху встановлюють додаткові вимоги до наведених у розділі 7.

D.6.2 Загальні вимоги

Для встановлених систем захисту треба розробити план технічного обслуговування та огляду. Після завершення монтажу LPS належить надати чи додати до наявного графіка вказівки щодо технічного обслуговування LPS.

D.6.3 Кваліфікація

Лише кваліфікований персонал, що має необхідну підготовку й досвід, може виконувати технічне обслуговування, огляд та перевірку LPS на вибухонебезпечних об'єктах.

Огляд вимагає наявності персоналу, який

- a) має технічні знання та розуміння теоретичних та практичних вимог з установлення LPS у вибухонебезпечних зонах та щодо обладнання LPS та устаткування,
- b) розуміє вимоги до візуальних та повних перевірок щодо встановленого обладнання LPS та устаткування.

Примітка. Відповідну компетенцію та навчання може бути визначено у відповідних національних програмах з навчання та оцінювання.

D.6.4 Вимоги до огляду

Для того, щоби переконатися, що устаткування підтримують у задовільному стані для його подальшого використання, треба проводити:

- a) регулярні періодичні перевірки та/чи
- b) безперервне спостереження кваліфікованим персоналом,

і, за потреби, належить виконувати технічне обслуговування.

Після будь-якого регулювання, технічного обслуговування, ремонту, виправлення, модифікації чи заміни належить перевірити обладнання чи відповідні частини обладнання.

D.6.4.1 Регулярні періодичні перевірки

Персонал, який виконує регулярні періодичні перевірки, повинен бути достатньо незалежним від вимог технічного обслуговування, приміром, щоб не перешкоджати йому надавати достовірні звіти про результати перевірки.

Примітка. Немає вимог щодо того, аби цей персонал був членом зовнішньої незалежної організації.

D.6.4.2 Концепція безперервного нагляду кваліфікованим персоналом

Постійний нагляд має на меті забезпечити раннє виявлення несправностей, що виникають, та їх подальше усунення. Для цього використовують наявні кваліфіковані кадри, які працюють поруч з устаткуванням під час виконання своєї звичайної роботи (приміром, персонал, який виконує монтажні роботи, зміни, перевірки, роботи з технічного обслуговування, перевірки на наявність несправностей, прибирання, роботи з управління, підімкнення та відімкнення клем, експлуатаційні випробування, вимірювання) та які використовують свої навички для виявлення несправностей та змін на ранній стадії.

Якщо до устаткування навідується регулярно, під час звичайної роботи, кваліфікований персонал, який, крім виконання вимог а) та б) D.6.3, повинен бути:

а) обізнаним щодо технологічних та екологічних наслідків погіршення стану спеціального обладнання в установці та

б) здатним виконувати обов'язки щодо візуального та/чи повного огляду в межах свого звичайного робочого графіка, а також ґрунтовних перевірок,

тоді є можливим обійтися без регулярних періодичних перевірок, а використовувати часту присутність кваліфікованого персоналу для забезпечення поточної цілісності обладнання.

Використання постійного нагляду кваліфікованим персоналом не знімає вимоги щодо початкових і типових перевірок.

D.6.5 Вимоги до електричних випробувань

Систему захисту від блискавки належить випробувати електрично:

а) кожні 12 (+2) місяців, або

б) точно передбачити відповідний інтервал періодичних перевірок є складною справою. Ступінь перевірки та інтервал між періодичними перевірками належить визначати з урахуванням типу обладнання, рекомендацій заводу-виробника, якщо такі є, чинників, які визначають погіршення його стану, та результатів попередніх перевірок.

Якщо ступені та інтервали перевірок вже встановлено для аналогічного обладнання, підприємств та умов довкілля, цей досвід належить використати для визначення стратегії перевірок.

Інтервали між періодичними перевірками, що перевищують три роки, треба засновувати на оцінці, яка містить доречну інформацію.

Технічне обслуговування та огляд LPS належить виконувати разом з технічним обслуговуванням та оглядом усіх інших електричних систем у небезпечних зонах і його належить долучити до графіка технічного обслуговування.

Для випробувань належить використовувати ті пристрої, які відповідають вимогам EN 61557-4.

Опір на постійному струмі будь-якого окремого об'єкта, з'єданого із системою блискавкозахисту, не повинен перевищувати 0,2 Ом.

Випробування треба проводити відповідно до інструкцій виробника випробувального устаткування.

D.6.6 Методи вимірювання опору уземлення

Для вимірювання опору уземлення дозволено використовувати лише ті прилади, які спеціально розроблено для цього.

Вимірювальні прилади потрібно належно налаштувати та відкалібрувати відповідно до інструкцій виробника.

Для вимірювання опору уземлення на вибухонебезпечних об'єктах належить використовувати три-точковий метод вимірювання опору уземлення, якщо це можливо.

D.6.7 Захист від перенапруг

Пристрої захисту від грозових перенапруг (та їхні засоби ізолювання, якщо такі є) належить перевіряти відповідно до інструкції виробника з інтервалами, що не перевищують 12 місяців, чи кожного разу, коли виконують електричне випробування LPS. SPD належить також перевіряти після кожного підозрюваного удару блискавки до будівлі (споруди).

D.6.8 Ремонт

Персоналу з технічного обслуговування та ремонту належить забезпечувати проведення у прийнятні терміни ремонтів усіх несправностей, виявлених під час перевіряння.

D.6.9 Звіти й документація

Усі ознаки пошкодження, заподіяного ударом блискавки до будівлі (споруди) чи до її LPS, належить негайно задокументувати й повідомити про них.

Для кожного об'єкта треба зберігати архівні записи щодо технічного обслуговування та перевіряння для аналізування тенденцій.

ДОДАТОК Е
(довідковий)

НАСТАНОВИ ЩОДО ПРОЄКТУВАННЯ, МОНТАЖУ, ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ПЕРЕВІРЯННЯ СИСТЕМ ЗАХИСТУ ВІД БЛИСКАВКИ

E.1 Загальні положення

У цьому додатку містяться настанови щодо фізичного проєктування та спорудження, технічного обслуговування та перевіряння LPS згідно з цим стандартом.

Цей додаток належить використовувати та він є чинним лише разом з іншими частинами цього стандарту.

Наведено приклади захисних технічних рішень, які було схвалено міжнародними експертами.

Примітка. Приклади, наведені в цьому додатку, ілюструють один можливий спосіб забезпечення захисту. Можна також застосовувати інші способи.

E.2 Структура цього додатка

У цьому додатку номери основних пунктів відображають номери пунктів основного документа. Це полегшує орієнтування між двома частинами. Не обов'язково відображено всі пункти.

У цьому додатку E.3 не використовують.

E.3 Порожній**E.4 Проєктування систем блискавкозахисту (LPS)****E.4.1 Загальні зауваги**

Створення LPS для готової будівлі (споруди), задля зменшення витрат, завжди належить зважити порівняно з іншими заходами захисту від блискавки, які забезпечують такий самий рівень захисту відповідно до цього стандарту. Для вибору найбільш придатних заходів захисту застосовують EN 62305-2.

LPS належить проєктувати та встановлювати лише проєктувальникам та монтажникам LPS.

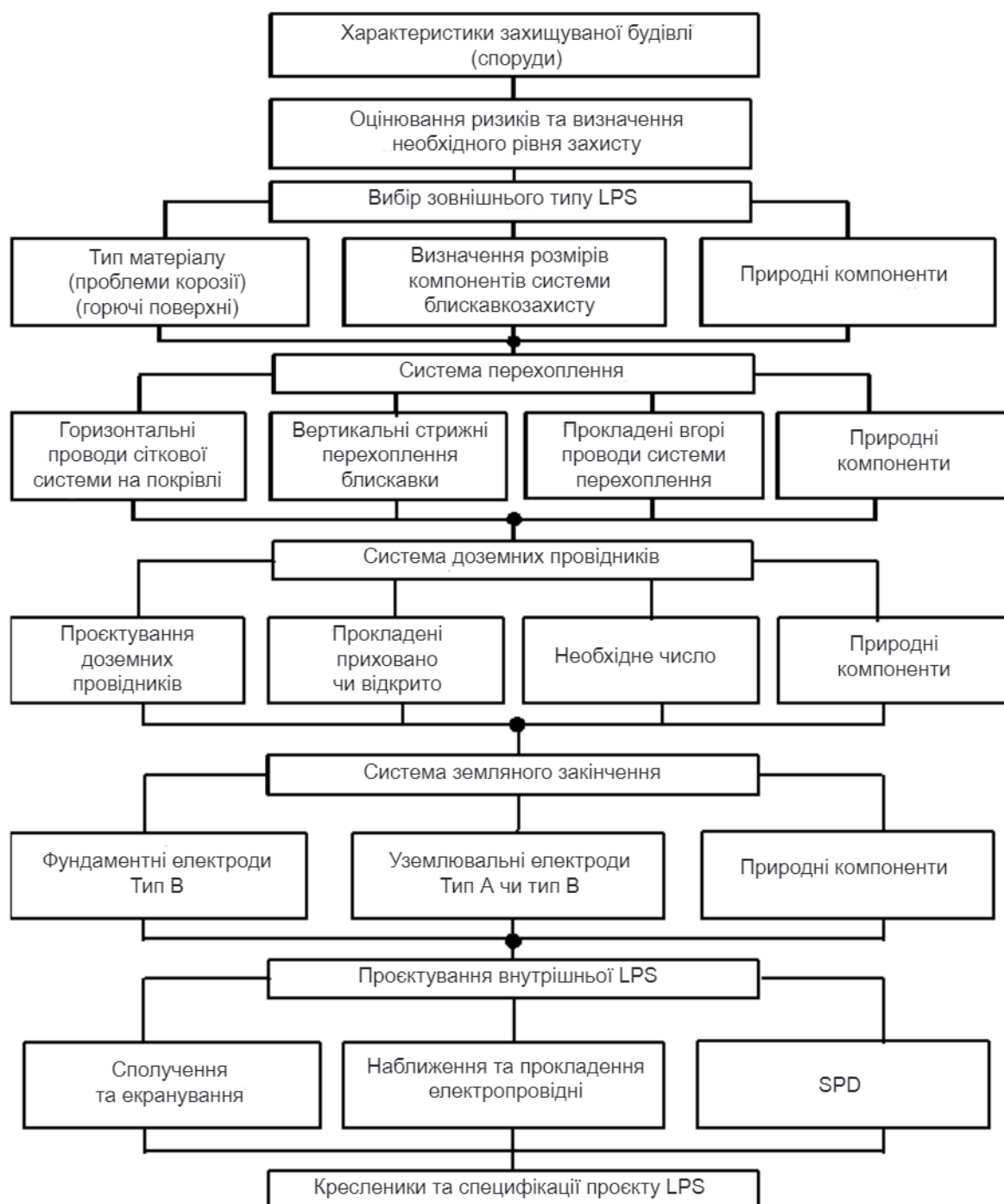
Проєктувальник та монтажник LPS повинні бути здатними оцінити як електричну, так і механічну дії виснаги блискавки та повинні знати загальні принципи електромагнетної сумісності (EMC).

Крім того, проєктувальник системи блискавкозахисту повинен бути здатним оцінити корозійний вплив та вирішувати, коли необхідно звернутися по експертну допомогу.

Проєктувальник та монтажник системи блискавкозахисту повинні пройти відповідну підготовку з правильного проєктування й монтажу компонентів LPS відповідно до вимог цього стандарту і національних норм, що регулюють будівельні роботи та спорудження будівель (споруд).

Функції проєктувальника та монтажника LPS може виконувати одна особа. Для того, щоби бути спеціалістом з проєктування чи монтажу, потрібно досконало знати відповідні стандарти й мати кількарічний досвід.

Планування, впровадження та випробування LPS охоплює низку технічних галузей та висуває вимоги з координації дій усіх сторін, які причетні до будівлі (споруди), для досягнення вибраного рівня блискавкозахисту з мінімальними витратами та мінімально можливими зусиллями. Порядкування LPS повинно бути ефективним, якщо здійснюють кроки, показані на рисунку E.1. Є вкрай важливим вжити заходів щодо забезпечення якості; зокрема для будівель (споруд), що містять велику кількість електричного та електронного обладнання.



Примітка. Місця з'єднання, відмічені як •, потребують повної співпраці з боку архітектора, інженера та проєктувальника системи захисту від блискавки.

Рисунок Е.1 — Структурна схема проєктування LPS

Заходи щодо забезпечення якості простягаються від стадії планування, на якій затверджують всі кресленики, проходять через стадію спорудження LPS, під час якої належить перевірити всі основні частини LPS, які будуть недосяжними для огляду після завершення монтажних робіт. Заходи щодо забезпечення якості продовжують на стадії прийняття, коли виконують остаточні вимірювання LPS разом із завершенням розроблення остаточної документації з випробувань і, зрештою, продовжують протягом усього терміну служби LPS, із зазначенням ретельних періодичних перевірок відповідно до програми технічного обслуговування.

Якщо до будівлі (споруди) чи її устаткування вносять зміни, належить виконати перевірку на предмет встановлення того, чи й надалі наявна система блискавкозахисту відповідає цьому стандарту. Якщо буде встановлено, що захист є недостатнім, поліпшення необхідно виконати без зволікань.

Рекомендують, щоб матеріали, обсяг та розміри системи перехоплювачів, системи доземних провідників, системи земляного закінчення, сполучників, компонентів тощо відповідали цьому стандарту.

Е.4.2 Конструювання LPS

Е.4.2.1 Порядок проєктування

Перед тим, як буде розпочато виконання техноробочого проєкту LPS, проєктувальнику системи блискавкозахисту належить, якщо це прийнятно, отримати загальні відомості щодо функцій, генплану, конструкції та розташування будівлі (споруди).

Там, де LPS ще не обумовлена органом з ліцензування, страховою компанією чи покупцем, проєктувальник системи блискавкозахисту зобов'язаний вирішити, належить чи ні захистити будівлю (споруду) за допомогою LPS, дотримуючи процедури оцінювання ризику, яку подано в EN 62305-2.

Е.4.2.2 Консультування

Е.4.2.2.1 Загальні відомості

На стадіях проєктування та спорудження нової будівлі (споруди) проєктувальник LPS, монтажник LPS та всі інші особи, відповідальні за зведення будівлі (споруди) чи за порядок використання будівлі (споруди) (приміром, покупець, архітектор та будівельник) повинні відбувати регулярні консультації.

Структурна схема, подана на рисунку Е.1, сприятиме раціональному проєктуванню LPS.

На стадіях проєктування та спорудження LPS для готової будівлі (споруди) треба проводити консультації, наскільки це практично можливо, з особами, відповідальними за будівлю (споруду), її використання та підведені послуги.

Консультації може бути організовано власником, будівельним підрядчиком будівлі (споруди) чи їхнім затвердженим представником. Для готових будівель (споруд) проєктувальник LPS зобов'язаний надати кресленики, які монтажник LPS за потреби може модифікувати.

Результатом регулярних консультацій між зацікавленими сторонами має бути ефективна LPS за найменшої можливої вартості. Наприклад, координування робіт з проєктування LPS з будівельними роботами дуже часто може усунути необхідність у деяких сполучних провідниках та зменшити довжину тих, які є необхідними. Витрати на спорудження часто суттєво зменшуються завдяки забезпеченню спільних шляхів прокладення для різного устаткування всередині будівлі (споруди).

Консультації є важливими на всіх етапах спорудження будівлі (споруди), оскільки можуть бути потрібні зміни в конструкції LPS унаслідок змін у конструкції будівлі (споруди).

Консультації є також необхідними для того, щоб узгодити всі схеми розташування обладнання для полегшення огляду частин LPS, які стануть недоступними для візуального контролю після того, як будівля (споруда) буде завершена. У ході цих консультацій належить визначити розташування всіх з'єднань між природними компонентами та LPS. Зазвичай до організації та координації консультативних нарад щодо нових будівельних проєктів залучають архітекторів.

Е.4.2.2.2 Головні консультувальні сторони

Проєктувальник системи блискавкозахисту повинен проводити відповідні технічні консультації з усіма сторонами, залученими до проєктування та зведення будівлі (споруди), з власником будівлі (споруди) включно.

Конкретні зони відповідальності для загального комплексу робіт з установа LPS належить визначити проєктувальнику LPS спільно з архітектором, підрядчиком з електротехніки, будівельним підрядчиком, монтажником LPS (постачальником LPS) і, якщо доречно, з консультантом-істориком та власником будівлі (споруди) чи його представником.

Особливе значення має роз'яснення обов'язків для різних сторін, залучених до порядкування проєктуванням та монтажем LPS. Наприклад, коли гідроізоляцію будівлі (споруди) продірявлено компонентами LPS, установленими на покрівлі, чи сполучними провідниками уземлювальних електродів, покладених під фундамент будівлі (споруди).

Е.4.2.2.2.1 Архітектор

З архітектором належить узгодити такі пункти:

- a) шляхи прокладення всіх провідників LPS;
- b) матеріали для компонентів LPS;

с) детальні відомості щодо всіх металевих труб, ринв, поруччя та подібних елементів;

д) детальні відомості щодо будь-якого обладнання, приладів, промислових установок тощо, що підлягає встановленню в межах чи поряд з будівлею (спорудою), де може бути потрібно переміщення устаткування чи з'єднання з LPS з огляду на роздільчу відстань. Прикладами устаткування є системи сигналізації, системи безпеки, внутрішні телекомунікаційні системи, системи оброблення сигналів і даних, мережі радіо й телебачення;

е) ступінь обслуговування всіх підземних струмопровідних послуг, який може вплинути на розміщення мережі уземлення та може потребувати розміщення на безпечній відстані від LPS;

ф) загальна площа, придатна для мережі земляного закінчення;

г) обсяг робіт та розподіл обов'язків щодо попереднього закріплення LPS до будівлі (споруди). Приміром, ті, що впливають на водонепроникність будівлі (споруди) (переважно покрівлі) тощо;

h) струмопровідні матеріали, що їх буде використано в будівлі (споруді), особливо будь-які неперервні металеві деталі, які може бути під'єднано до LPS, приміром стійки, арматурна сталь та металеві елементи, що входять до будівлі (споруди), чи виходять з неї, чи перебувають усередині;

i) візуальний вплив LPS;

j) вплив LPS на «одяг» (матеріал покрівлі та фасадів) будівлі (споруди);

к) розташування сполучних точок під'єднання до сталі риштунку, особливо там, де крізь них проходять зовнішні струмопровідні частини (труби, екрани кабелів тощо);

l) приєднання LPS до LPS сусідніх будинків.

E.4.2.2.2.2 Комунальні комунікації

Приєднання комунальних комунікацій, що входять до LPS безпосередньо чи, якщо це неможливо, через ізолювальні іскрові проміжки чи SPD й це належить обговорити з оператором чи з відповідними установами, якщо щодо цього можуть виникнути суперечливі вимоги.

E.4.2.2.2.3 Пожежні служби та служби безпеки

З пожежною службою та службою безпеки належить узгодити такі пункти:

- розміщення компонентів систем сигналізації та пожежогасіння;
- шляхи прокладення, конструкційні матеріали та ущільнення каналів;
- метод захисту, який буде використано в разі, якщо будівля (споруда) має займисту покрівлю.

E.4.2.2.2.4 Монтажки електронних систем та зовнішніх антен

З монтажниками електронних систем та зовнішніх антен належить узгодити такі пункти:

- ізолювання чи приєднання стояків антен та струмопровідних екранів кабелів до LPS;
- шляхи прокладення антенних кабелів та внутрішньої мережі;
- встановлення пристроїв захисту від імпульсних перенапруг.

E.4.2.2.2.5 Будівельник та монтажник

Згоди щодо таких пунктів належить досягти з будівельником, монтажником та особами, відповідальними за спорудження будівлі (споруди) та її технічне оснащення:

а) форма, розміщення та кількість первинних закріплень LPS, які буде забезпечено будівельником;

б) усі закріплення, передбачені проєктувальником LPS (або підрядчиком LPS, чи постачальником LPS), які повинні бути встановлені будівельником;

с) положення провідників LPS, які буде прокладено під будівлею (спорудою);

д) чи можуть бути використані будь-які компоненти LPS протягом етапу будівництва, приміром, постійну мережу земляного закінчення можна використовувати для уземлення будівельних кранів, підйомників та іншого металевого обладнання під час будівельних робіт на майданчику;

е) стосовно сталевих конструкцій, кількість та розташування стійок та форма закріплення, яку буде зроблено для під'єднання земляного закінчення та інших компонентів LPS;

ф) чи придатні металеві покриття, якщо їх використовують як компоненти LPS;

г) спосіб забезпечення електричної безперервності окремих частин покриття та спосіб їхнього підімкнення до решти LPS там, де металеві покриття є придатними бути компонентами LPS;

h) характер та розташування послуг, що входять до будівлі (споруди) над і під землею, охоплюючи конвеєрні системи, антени телебачення й радіо та їхні металеві опори, металеві димоходи пристрої для миття вікон;

i) координація системи земляного закінчення LPS будівлі (споруди) зі сполученням силових та комунікаційних послуг;

ж) розташування та кількість флаштоків, машинних залів на позначках покрівлі, приміром машинних приміщень ліфтів, машинних приміщень систем вентиляції, опалення та кондиціонування повітря, місткостей для води та інших виступних елементів;

к) конструкції, що їх будуть використовувати для покрівель та стін, для визначення прийнятних способів закріплення провідників LPS, зокрема, задля збереження водощільності будівлі (споруди);

л) створення отворів у будівлі (споруді) для вільного пропуску доземних провідників LPS;

м) забезпечення місць приєднання до сталевих рам, риштунку та інших струмопровідних частин будівлі (споруди);

н) періодичність виконання перевірок компонентів LPS, які після спорудження стануть недоступними, приміром стрижнів риштунку, залитих у бетон;

о) найліпший вибір металу для провідників з урахуванням корозії, особливо в точках контакту різних металів;

р) доступність перевірових злучників, забезпечення захисту за допомогою неметалевих кожухів від механічного пошкодження чи крадіжки, понижування флаштоків чи інших рухомих об'єктів, можливість періодичних перевірок, особливо для димоходів;

q) підготовка креслеників, що охоплюють зазначені вище відомості та в яких зазначені положення всіх провідників та основних компонентів;

г) розташування точок приєднання до сталі риштунку.

Е.4.2.3 Електричні та механічні вимоги

Е.4.2.3.1 Проектування електричної частини

Проектувальнику LPS належить вибрати властиву систему LPS, аби отримати найефективнішу конструкцію. Це означає розгляд архітектурного рішення будівлі (споруди) для визначення того, чи є потрібною ізолювана чи неізолювана LPS, чи належить вжити обидва типи захисту від блискавки.

Вимірювання питомого опору ґрунту належить виконувати переважно перед завершенням проектування LPS та належить взяти до уваги сезонні коливання питомого опору ґрунту.

Під час завершення базового проектування електричної частини LPS належить розглянути застосування придатних струмопровідних частин будівлі (споруди) як природних компонентів LPS для того, щоби посилити їх чи використати як основні компоненти LPS.

Проектувальник LPS зобов'язаний оцінити електричні та фізичні властивості природних компонентів LPS та забезпечити їхню відповідність мінімальним вимогам цього стандарту.

Використання металевих риштунків, як-от армованого бетону як провідників системи блискавкозахисту, потребує ретельного аналізу та знання національних будівельних стандартів, що їх застосовують до захищеної будівлі (споруди). Сталевий каркас армованого залізобетону можна використовувати як провідники LPS чи він може правити за струмопровідний захисний шар для зменшення електромагнетних полів, які генеруються блискавкою в будівлі (споруді), коли струм блискавки проходить ізолюваною LPS. Така конструкція LPS полегшує створення захисту, зокрема для спеціальних будівель (споруд), які містять велику кількість електричного та електронного обладнання.

Належить дотримувати суворих технічних умов щодо тих доземних провідників, які треба застосовувати як природні компоненти, для того, щоби забезпечити дотримання мінімальних вимог, які наведено у 5.3.5.

Е.4.2.3.2 Проектування механічної частини

По завершенні проектування електричної частини проектувальнику системи блискавкозахисту належить проконсультуватися з особами, відповідальними за будівлю (споруду), з питань проектування механічної частини.

Естетичні міркування є особливо важливими разом із правильним вибором матеріалів для обмеження ризику корозії.

Мінімальні розміри компонентів блискавкозахисту для різних частин LPS наведено в таблицях 3, 6, 7, 8 та 9.

Матеріали, що їх використовують для компонентів LPS, перераховано в таблиці 5.

Примітка. Належить виконувати рекомендації стандартів серії EN 62561 щодо вибору інших компонентів, таких як стрижні й затискачі. Це дозволить взяти до уваги підвищення температури та механічну міцність таких компонентів.

У разі відхилів від розмірів та матеріалів, зазначених у таблицях 5, 6 та 7, проектувальнику системи блискавкозахисту чи монтажнику належить завбачити підвищення температури провідників блискавкозахисту за умов виснаги та розмірів провідників, з використанням електричних параметрів виснаги блискавки, визначених для вибраного класу LPS та наведених у таблиці 1.

Якщо надмірне підвищення температури викликає стурбованість щодо поверхні, на якій мають бути закріплені компоненти (через високу займистість чи низьку температуру топлення), належить вибрати провідники з більшим поперечним перерізом чи розглянути вжиття інших заходів щодо безпеки, приміром використання дистанційних опор чи вставляння вогнестійких шарів.

Проектувальнику LPS належить визначити всі корозійні проблеми та зазначити належні заходи.

Вплив корозії на LPS може бути зменшено збільшенням розміру матеріалу чи за допомогою корозійностійких елементів, чи вжиттям інших заходів щодо захисту від корозії.

Проектувальнику LPS та монтажнику LPS належить точно визначити кріплення та затиски провідників, які будуть здатні витримувати електродинамічні зусилля струму блискавки у провідниках, а також дозволять розширення та стиснення провідників, коли температура підвищиться.

Це може бути досягнуто за використання компонентів, випробуваних згідно з майбутнім стандартом серії EN 62561.

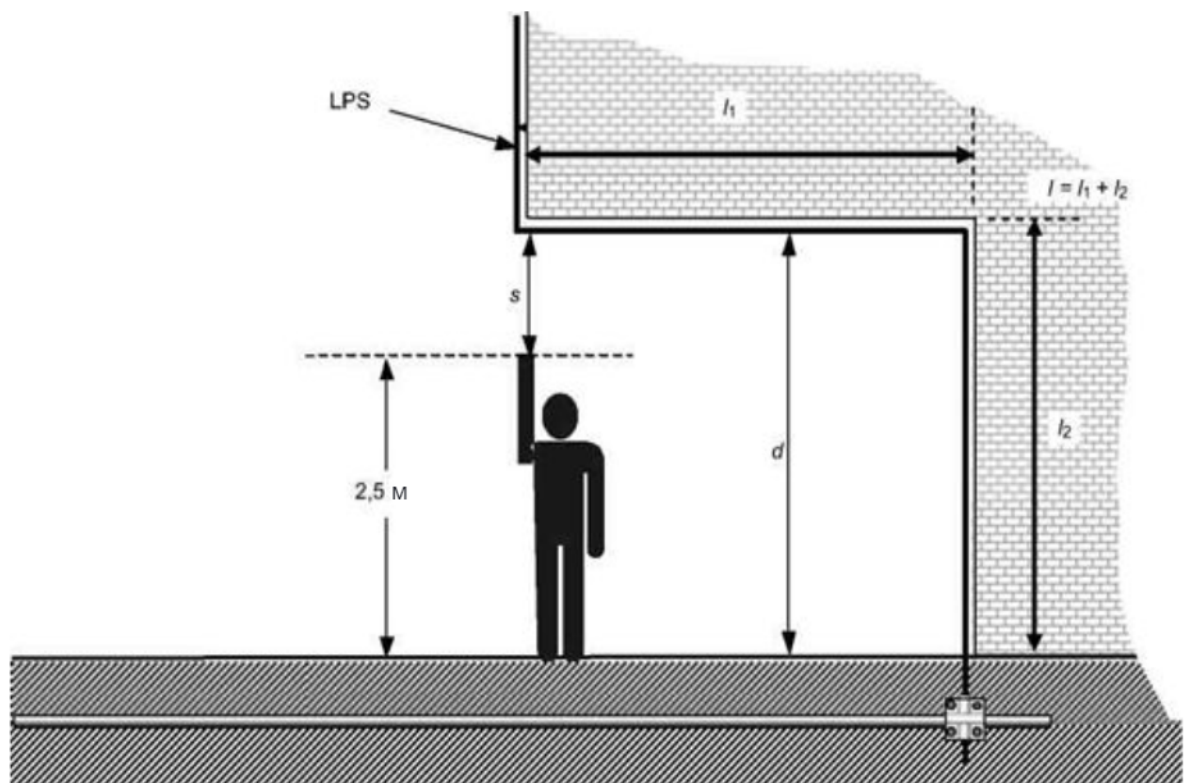
Е.4.2.3.3 Будівля (споруда) з консольною частиною

Щоб зменшити ймовірність того, що людина, яка стоїть під консольною конструкцією, стане альтернативним шляхом для струму блискавки, який проходить доземним провідником, що його прокладено консольною стіною, фактична відстань d у метрах має відповідати такій умові:

$$d > 2,5 + s, \quad (\text{Е.1})$$

де s — роздільна відстань у метрах, обчислена відповідно до 6.3.

Величина 2,5 — це типова висота кінчиків пальців людини, коли вона простягає свою руку вертикально (див. рисунок Е.2).



IEC 2660/10

Умовні позначки:

d — фактична відстань $> s$;

s — роздільна відстань відповідно до 6.3;

l — довжина для оцінювання роздільної відстані s .

Примітка. За висоту людини з піднятою рукою приймають 2,5 м.

Рисунок Е.2 — Конструкція LPS для консольної частини будівлі (споруди)

Петлі провідника, як показано на рисунку Е.2, можуть створювати високі індуктивні падіння напруги, унаслідок чого виснага блискавки може пройти крізь стіну будівлі (споруди), тим самим спричинивши пошкодження.

Якщо умови, зазначені в 6.3, не виконуються, належить вжити заходів для прямого проведення крізь будівлю (споруду) у точках входу-виходу петель провідника блискавки в обставинах, показаних на рисунку Е.2.

Е.4.3 Залізобетонні конструкції

Е.4.3.1 Загальні положення

Промислові будівлі (споруди) часто містять у собі залізобетонні конструкції, які виготовляють на будівельному майданчику. У багатьох інших випадках частини будівлі (споруди) можуть складатися зі збірних залізобетонних конструкцій чи сталевих деталей.

Сталевий риштунок у залізобетонних конструкціях відповідно до 4.3 можна використовувати як природний компонент LPS.

Потрібно, щоби такі природні компоненти відповідали вимогам до:

- доземних провідників відповідно до 5.3;
- мереж земляного закінчення відповідно до 5.4.

Дотримання вимоги щодо максимального загального опору в 0,2 Ом можна перевірити вимірюванням опору між системою перехоплювачів і пластиною уземлення на рівні землі за допомогою придатного випробного обладнання, здатного виконувати вимірювання за чотирипровідною схемою (два струмових провідники та два потенційні провідники), як показано на рисунку Е.3. Потрібно, щоби величина вимірювального струму, який вводиться, становила приблизно 10 А.

Примітка 1. Якщо доступ до ділянки проведення випробувань чи прокладення випробних проводів є ускладненими, може бути застосовано спеціальний стрижень від верху до низу для проведення випробувань у кожній точці. У такому разі може бути обчислено загальний опір сполучників плюс опір доземного провідника.

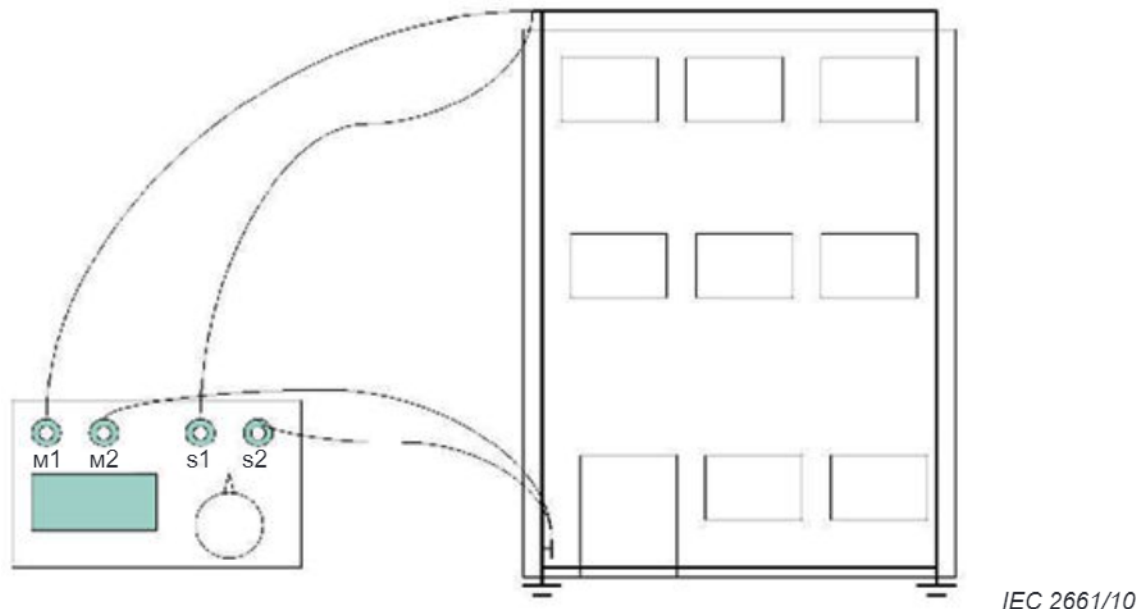


Рисунок Е.3 — Вимірювання загального електричного опору

Крім того, потрібно, щоби струмопровідний сталевий риштунок у бетоні, за його правильного використання, формував клітку для еквіпотенційних сполучень внутрішньої LPS відповідно до 6.2.

Крім того, сталевий риштунок будівлі (споруди), якщо він є відповідним, може правити за електромагнетний екран, який бере участь у захисті електричного та електронного устаткування від завад, спричинених електромагнетними полями блискавки, згідно з EN 62305-4.

Якщо риштунок бетону та будь-які інші сталеві конструкції будівлі (споруди) з'єднано як іззовні, так і зсередини так, що електрична безперервність відповідає 4.3, може бути створено ефективний захист від фізичних пошкоджень.

Передбачають, що струм, який вводять до стрижнів риштунку, проходитиме численними паралельними шляхами. Імпеданс отриманої сітки, отже, є низьким і, як наслідок, падіння напруги від струму блискавки є також низьким. Магнетне поле, генероване струмом у сітці сталевих риштунків, є слабким, завдяки низькій щільності струму та паралельності шляхів протікання, якими генеруються протилежні електромагнетні поля. Відповідно, завади у прилеглих внутрішніх електричних провідниках зменшуються.

Примітка 2. Щодо захисту від електромагнетних завад див. EN 62305-4 та IEC/TR 61000-5-2 [5].

Якщо кімнату повністю оточено стінами з армованого залізобетону, електрична безперервність якого відповідає 4.3, магнетне поле від струму блискавки, який протікає риштуном, у безпосередній близькості від стіни є слабшим, ніж у кімнаті будівлі (споруди), яку захищено звичайними доземними провідниками. Завдяки меншим напругам, індукованим у петлях провідників, установлених усередині кімнати, захист від збоїв внутрішніх систем може бути легко поліпшено.

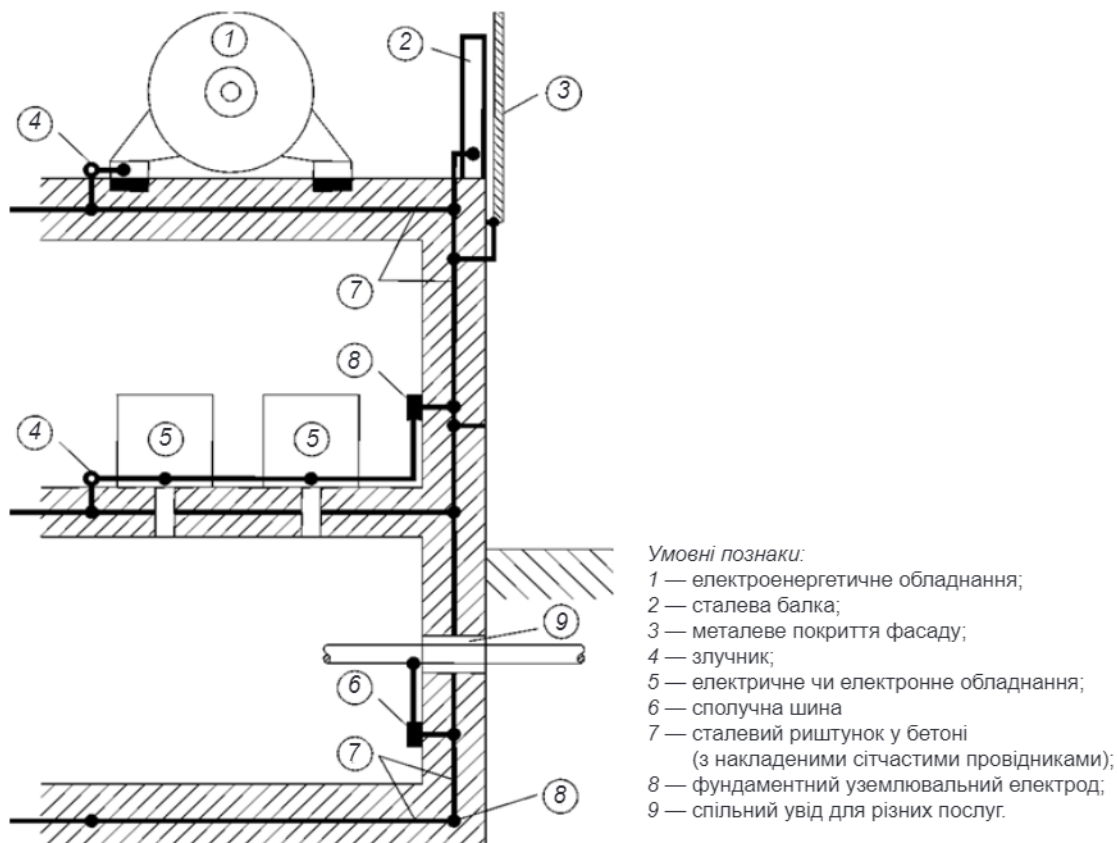
Після завершення етапу спорудження стає практично неможливим визначити розміщення та конструкцію сталевих риштунків. Отже, схему розміщення сталевих риштунків для цілей блискавкозахисту належить дуже добре задокументувати. Це може бути зроблено з використанням креслеників, описів та світлин, зроблених під час спорудження.

Е.4.3.2 Використання риштунку в бетоні

Належить передбачити сполучні провідники чи уземлювальні пластини для того, щоб забезпечити надійне електричне з'єднання зі сталевим риштуном.

Струмопровідні рами, які, приміром, закріплено до будівлі (споруди), можна використовувати як природні провідники LPS та як точки приєднання для внутрішньої системи еквіпотенційних сполучень.

Практичним прикладом є використання фундаментних анкерів чи опорних балок машин, апаратів чи корпусів для досягнення еквіпотенційних сполучень. На рисунку Е.4 показано схему розміщення риштунку та сполучних шин у промисловій будівлі (споруді).



IEC 2662/10

Рисунок Е.4 — Еквіпотенційні сполучення в будівлі (споруді) зі сталевим риштуном

Розміщення сполучних закінчень у будівлі (споруді) належить обумовити на ранній стадії виконання проєкту LPS та довести до відома будівельного підрядчика.

Будівельному підрядчику належить проконсультуватися для визначення того, чи допустимо приварювання до стрижнів риштунку, чи є можливим затискання, чи потрібно встановлювати додаткові провідники. Усі необхідні роботи належить виконати та перевірити перед заливанням бетону (тобто проєктувати LPS належить у поєднанні з проєктуванням будівлі (споруди)).

Е.4.3.3 Зварювання чи затискання до стрижнів сталевого риштунку

Безперервність стрижнів риштунку належить забезпечити затисканням чи зварюванням.

Примітка. Належить використовувати затискачі, які відповідають стандартам серії EN 62561.

Приварювання до стрижнів риштунку дозволено лише за умови отримання згоди від проєктувальника будівельних робіт. Стрижні риштунку належить зварити на довжині щонайменше у 50 мм (див. рисунок D.5).

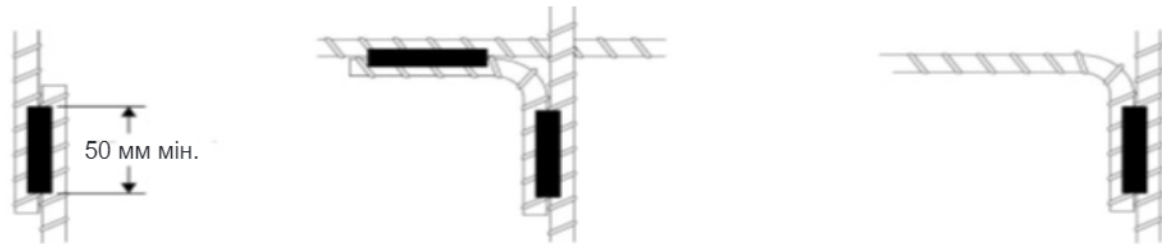


Рисунок Е.5а — Зварні з'єднання (придатні для струму блискавки та потреб EMC)

IEC 2663/10

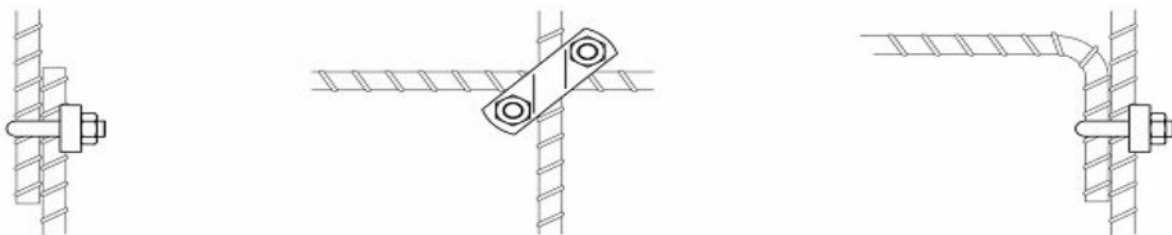


Рисунок Е.5б — Затискні з'єднання за майбутніми стандартами серії 62561 (придатні для струму блискавки та потреб EMC)

IEC 2664/10

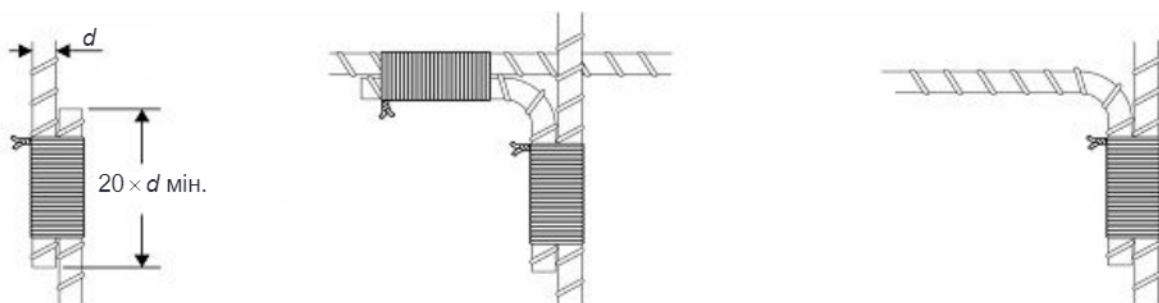


Рисунок Е.5с — В'язані з'єднання (придатні для струму блискавки та потреб EMC)

IEC 2665/10

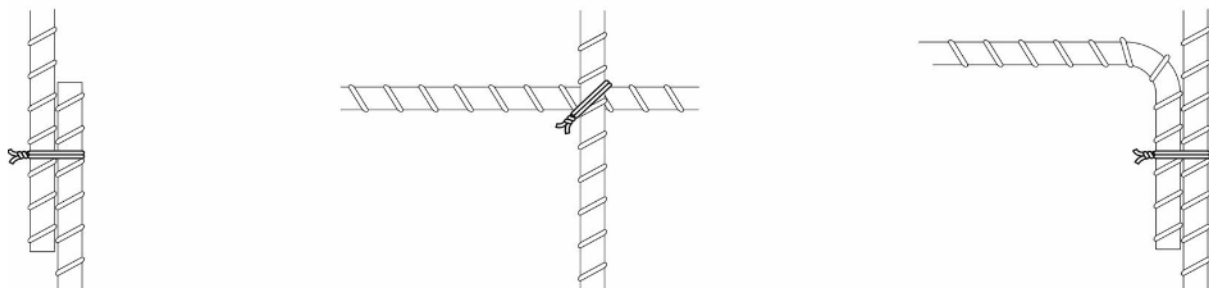


Рисунок Е.5д — В'язані з'єднання (придатні лише для потреб EMC)

IEC 2666/10

Рисунок Е.5 — Типові способи з'єднання стрижнів риштунку в бетоні (якщо дозволено)

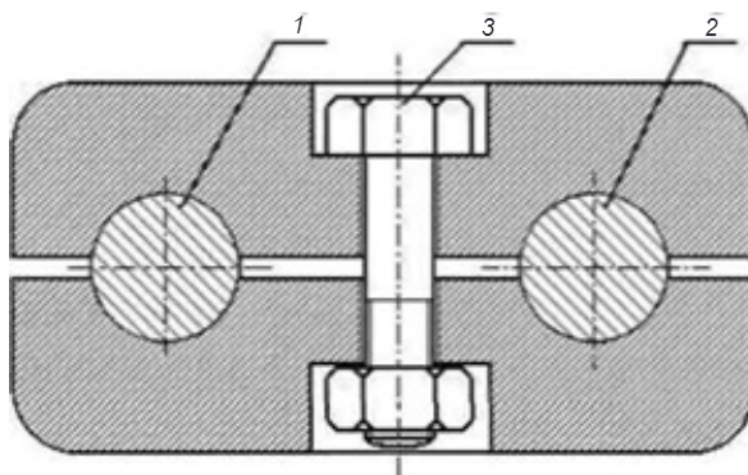
Приєднання до зовнішніх компонентів системи блискавкозахисту виконують за допомогою стрижня риштунку, виведеного крізь бетон у визначеному місці, чи за допомогою сполучного стрижня чи контактної закладної пластини уземлення, яка проходить крізь бетон та її приварено чи притиснено до стрижнів риштунку.

Там, де з'єднання між стрижнями риштунку в бетоні та провідником еквіпотенційних сполучень виконано методом затискання, завжди належить застосовувати два сполучні провідники (чи один провідник з двома затискачами до різних стрижнів риштунку) для безпеки, оскільки з'єднання не може бути перевірено після затвердіння бетону. Якщо провідник системи еквіпотенційних сполучень та стрижень риштунку є різними металами, тоді місце з'єднання належить повністю герметизувати компаундом, який затримує вологу.

На рисунку Е.6 показано затискачі, застосовні для з'єднання стрижнів риштунку та одножильних плоских провідників.

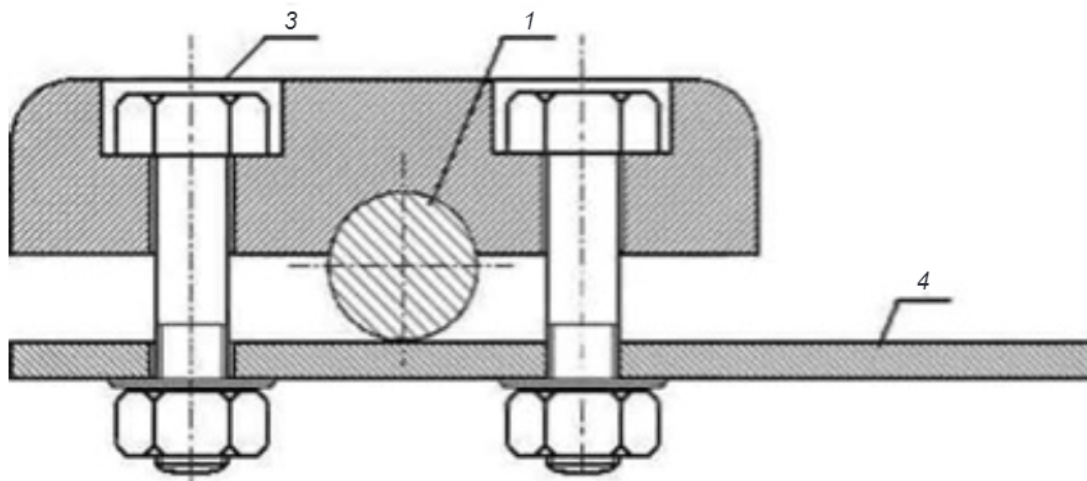
На рисунку Е.7 показано деталі для приєднання зовнішньої системи до стрижнів риштунку.

Необхідно, щоби розміри сполучних провідників відповідали тій частині струму блискавки, яка протікає точкою з'єднання (див. таблиці 8 та 9).



IEC 2667/10

Рисунок Е.6а — З'єднання кільцевого провідника зі стрижнем риштунку



IEC 2668/10

Рисунок Е.6б — З'єднання одножильного плоского провідника зі стрижнем риштунку

Умовні позначки:

- 1 — стрижень риштунку;
- 2 — кільцевий провідник;
- 3 — шруба;
- 4 — плоский провідник.

Рисунок Е.6 — Приклад затискачів, що їх використовують для з'єднання між стрижнями риштунку та провідниками

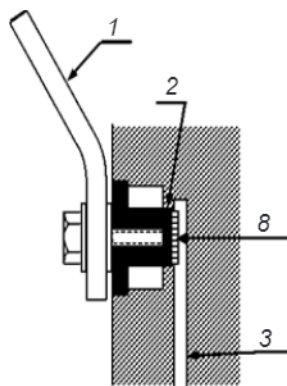


Рисунок Е.7а IEC 2669/10

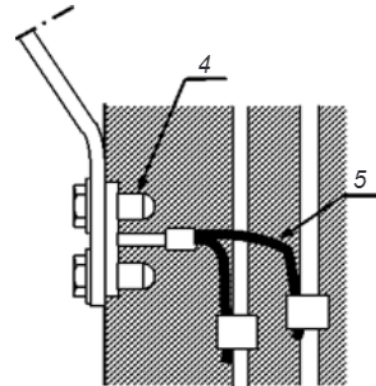


Рисунок Е.7б IEC 2670/10

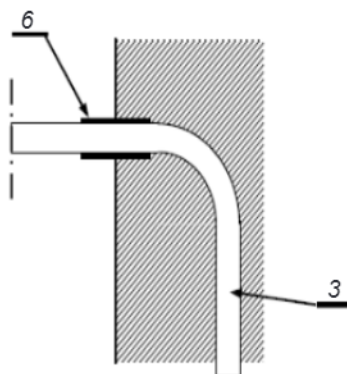


Рисунок Е.7с IEC 2671/10

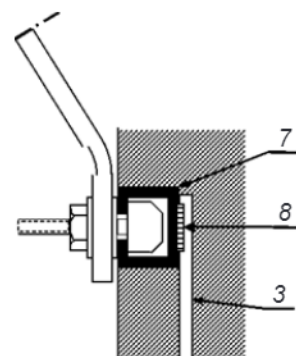


Рисунок Е.7д IEC 2672/10

Умовні позначки:

- 1 — провідник системи еквіпотенційних сполучень;
- 2 — гайка, приварена до сталевого сполучного провідника;
- 3 — сполучний провідник сталі*;
- 4 — монолітна сполучна точка з кольорового металу;
- 5 — багатожилльний мідний сполучний провідник;
- 6 — протикорозійний захід;
- 7 — С-подібна сталева деталь (С-подібна монтажна планка);
- 8 — зварювання.

* Сполучний провідник сталі під'єднано в багатьох точках за допомогою зварювання чи в'язання до сталевих стрижнів риштунку.

Примітка. Конструкція, показана на рисунку Е.7с, не є загальноприйнятим рішенням з точки зору належної інженерної практики.

Рисунок Е.7 — Приклади точок сполучення з риштунком у залізобетонній стіні

Е.4.3.4 Матеріали

Такі матеріали можна використовувати як додаткові провідники, встановлені в бетон для блискавкозахисту: сталь, м'яка сталь, поцинкована сталь, нержавка сталь, мідь та поміднена сталь.

Поведінка поцинкованого шару на сталі в бетоні є дуже складною, особливо в бетоні з хлоридами, цинк схильний до інтенсивної корозії в контакт з риштунком та може, за певних умов, спричинити пошкодження бетону. Тому поцинковану сталь не треба використовувати у прибережних районах та в районах, де в ґрунтових водах може бути сіль. Оскільки використання поцинкованої сталі в бетоні потребує оцінювання багатьох зовнішніх чинників, цей матеріал можна використовувати лише після ретельного аналізу. З огляду на ці чинники, замість поцинкованої сталі рекомендують використовувати інші зазначені матеріали.

Для уникнення плутанини між різними типами сталевих стрижнів у бетоні рекомендують використовувати круглі сталеві стрижні не менше ніж 8 мм у діаметрі з гладкою поверхнею як додаткові провідники на протигагу звичайним стрижням з ребристою поверхнею.

Е.4.3.5 Корозія

Якщо сталеві сполучні провідники риштунку проводять крізь бетонну стіну, особливу увагу належить звертати на забезпечення захисту від хімічної корозії.

Найпростішим засобом захисту від корозії є нанесення силіконового каучуку чи бітумного оздоблювального покриття якнайближче від точки виходу зі стіни, приміром, 50 мм чи більше у стіні й 50 мм та більше поза стіною (див. рисунок Е.7с). Проте це не вважають належним інженерним рішенням. Кращим рішенням є використання злущників, спеціально розроблених для цього, як показано в інших прикладах на рисунку Е.7.

Якщо мідні та поміднені сталеві сполучні провідники проводять крізь бетонну стіну, ризику появи корозії немає, якщо використовують одножильний провідник, патентовану сполучну точку, покриття з ПВХ чи ізолюваний провід (див. рисунок Е.7b). Для сполучних провідників з нержавкої сталі відповідно до таблиць 6 та 7 немає потреби у вжитті заходів для запобігання корозії.

У разі надзвичайно агресивної атмосфери рекомендують, щоб сполучний провідник, який виступає зі стіни, було виготовлено з нержавкої сталі.

Примітка. Поцинкована сталь, що виходить за межі бетону та контактує зі сталлю риштунку в бетоні, може, за певних обставин, спричиняти пошкодження бетону.

За використання монолітних гайок або частин із м'якої сталі, їх належить захистити від корозії за межами стіни. Для створення електричного контакту крізь захисне покриття гайки належить застосовувати зубчасті пружинні шайби (див. рисунок Е.7a).

Для отримання додаткової інформації щодо захисту від корозії див. Е.5.6.2.2.2.

Е.4.3.6 З'єднання

Дослідження вказують на те, що з'єднання в'язанням є непридатним для проведення струму блискавки. Є ризик того, що в'язальний дріт вибухне та пошкодить бетон. Тим не менш, на основі попередніх досліджень можна припустити, що принаймні кожна третя дротова в'язка утворює електропровідне сполучення, так що майже всі стрижні риштунку є електрично з'єднаними між собою. Вимірювання, виконані на залізобетонних конструкціях, підтверджують цей висновок.

Отже, для з'єднань струму блискавки зварювання та затискання є рекомендованими методами. З'єднання в'язанням є придатними лише для додаткових провідників системи еквіпотенційних сполучень та потреб ЕМС.

Під'єднання зовнішніх ланок до взаємопов'язаного риштунку належить виконувати затискачами чи зварюванням.

Потрібно, щоби довжина зварних швів між стрижнями риштунку (див. рисунок Е.5) у бетоні становила не менше ніж 50 мм. Стрижні, що перетинаються, належить зігнути перед зварюванням так, щоб вони йшли паралельно принаймні 70 мм.

Примітка. Якщо допустимо зварювання, прийнятним є як звичайне зварювання, так і екзотермічне.

Якщо зварені стрижні буде залито бетоном, зварювання у точках перетину з довжиною зварного шва всього в кілька міліметрів недостатньо. Під час заливання бетону такі з'єднання часто ламаються.

На рисунку Е.5 показано правильне зварювання сполучних провідників до стрижнів риштунку в залізобетоні.

Якщо приварювання до стрижнів риштунку не допустимо, належить використовувати затискачі чи додаткові спеціально призначені провідники. Такі додаткові провідники можуть бути виготовлені зі сталі, низьковуглецевої сталі, поцинкованої сталі чи міді. Додаткові провідники належить приєднати до значної кількості стрижнів риштунку в'язками чи затискачами, аби отримати переваги екранувальних можливостей сталевих риштунків.

Е.4.3.7 Доземні провідники

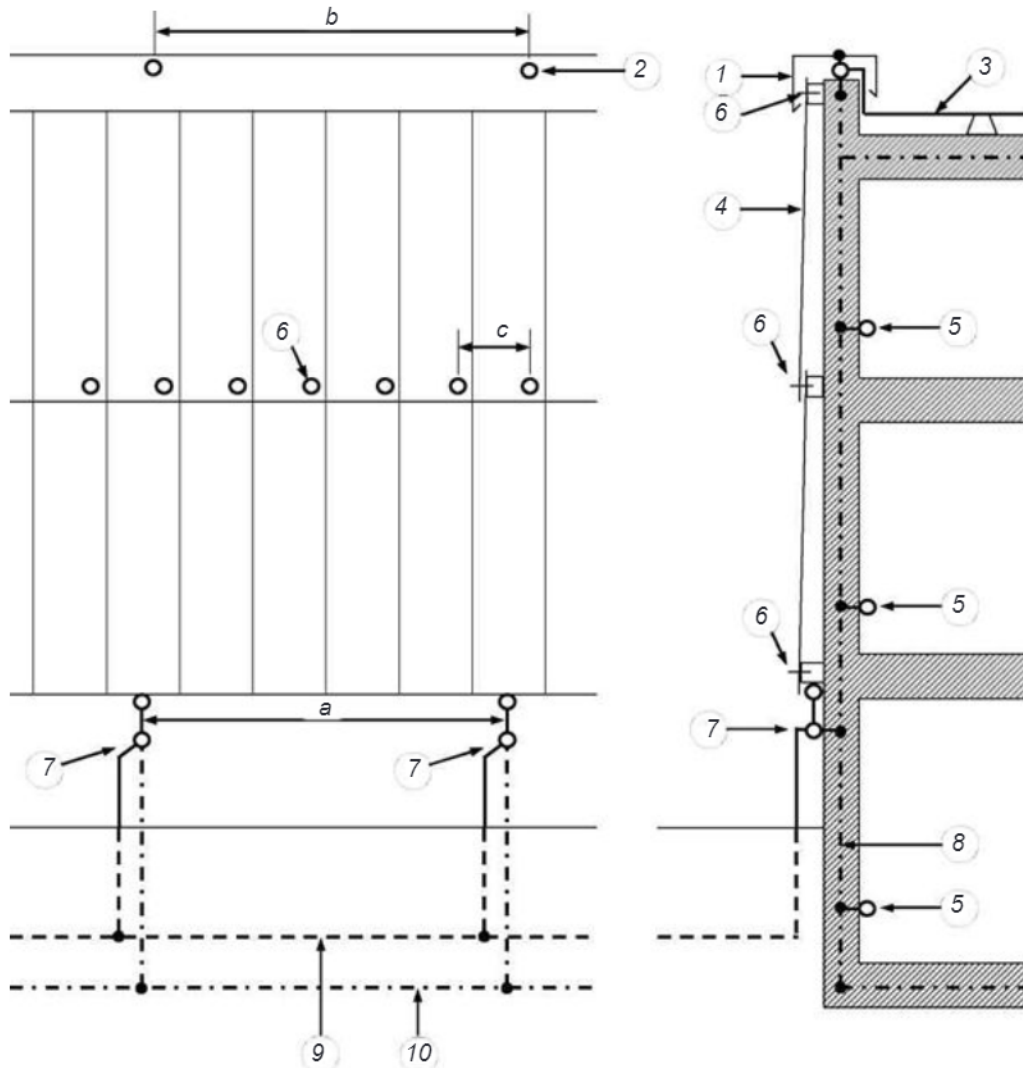
Стрижні риштунку стін чи бетонних колон та сталеві несні конструкції можна використовувати як природні доземні провідники. На покрівлі належить передбачити точки приєднання для полегшення під'єднання системи перехоплювачів і, якщо залізобетонний фундамент не використовують як єдине земляне закінчення, належить передбачити точки приєднання для полегшення під'єднання до системи земляного закінчення.

Коли певний стрижень риштунку править за доземний провідник, належить звертати особливу увагу на його шлях до землі для забезпечення того, щоби стрижень, який перебуває у певному положенні, було використано на всьому шляху донизу, тим самим забезпечивши безпосередню електричну безперервність.

Коли вертикальна безперервність природних доземних провідників, які утворюють прямий шлях від покрівлі до землі не може бути гарантована, належить використовувати додаткові спеціальні провідники. Треба, щоб додаткові провідники були прив'язані чи притиснуті до сталі риштунок.

Якщо є сумніви щодо найпрямішого шляху доземного провідника (приміром, для готових будинків), належить додати систему зовнішніх доземних провідників.

На рисунках Е.4 та Е.8 показано подробиці конструкції природних компонентів у LPS для залізобетонних конструкцій. Див. також рисунок Е.5.4.3.2 для використання стрижнів залізобетонних елементів як уземлювальних електродів фундаменту.



IEC 2673/10

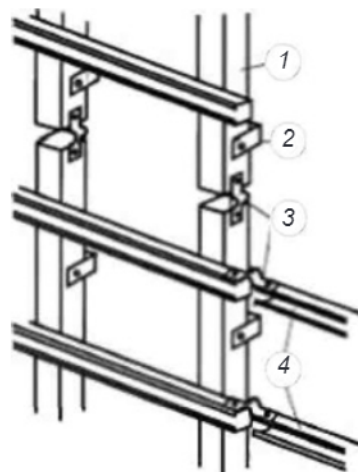
Умовні позначки:

- 1 — металеве покриття парапету покрівлі;
- 2 — з'єднання між фасадними плитами та перехоплювачами;
- 3 — горизонтальний провідник перехоплювача;
- 4 — металеве покриття сегмента фасаду;
- 5 — сполучна шина внутрішньої LPS;
- 6 — з'єднання між фасадними плитами та опорною рамою;
- 7 — перевірковий злучник;
- 8 — сталевий риштунок у бетоні;
- 9 — кільцевий уземлювальний електрод типу В;
- 10 — фундаментний уземлювальний електрод.

У наведеному прикладі можна використовувати такі розміри $a = 5 \text{ м}$; $b = 5 \text{ м}$; $c = 1 \text{ м}$.

Примітка. Щодо з'єднань між плитами див. рисунок Е.35.

Рисунок Е.8а — Використання металевого покриття фасаду як системи природних доземних провідників у залізобетонній будівлі (споруді)



IEC 2674/10

Умовні позначки:

- 1 — вертикальний елемент каркаса;
- 2 — кріплення до стіни;
- 3 — злучники;
- 4 — горизонтальний елемент каркаса.

Рисунок Е.8b — З'єднання несної конструкції фасаду**Рисунок Е.8** — Використання металевого фасаду як системи природних доземних провідників та з'єднання несної конструкції фасаду

Внутрішні доземні провідники в окремих колонах та стінах необхідно з'єднати між собою за допомогою їхніх сталевих стрижнів риштунку й потрібно, щоб це відповідало умовам для електричної безперервності відповідно до 4.3.

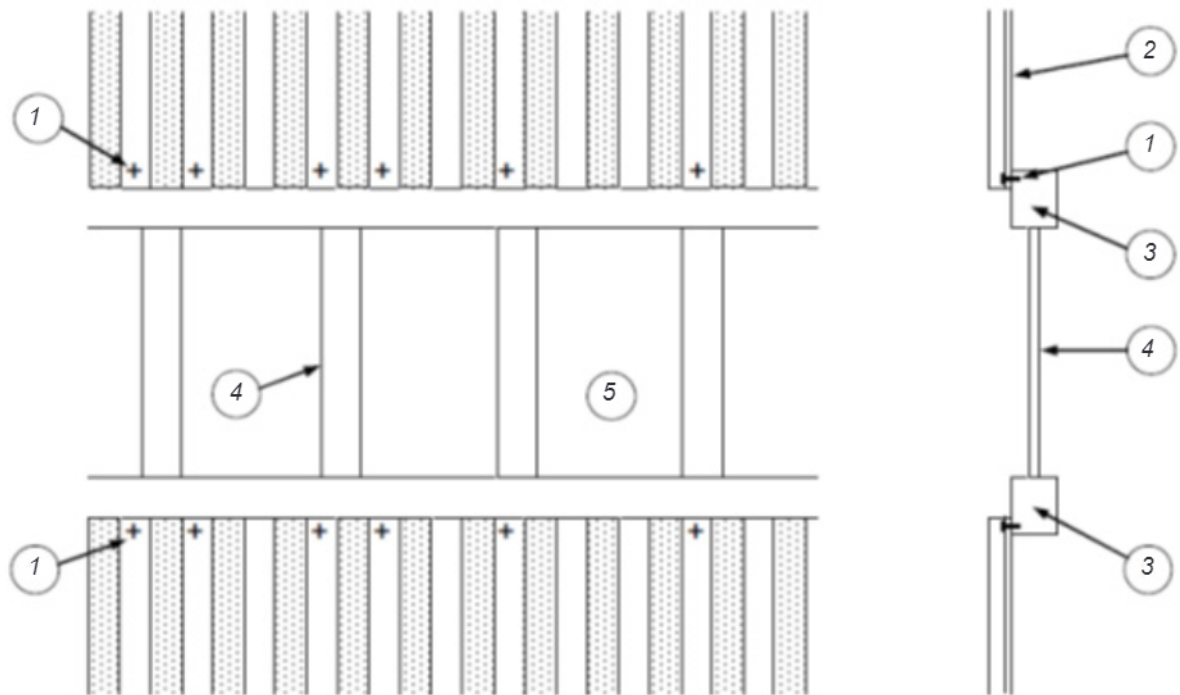
Сталеві стрижні риштунку окремих збірних бетонних елементів та стрижні риштунку бетонних колон і бетонних стін належить сполучити зі стрижнями риштунку підлоги та покрівлі перед заливанням підлоги та покрівлі.

Усередині риштунку всіх елементів споруди, які заливають у бетон на місці, приміром стін, колон, сходів та ліфтових шахт, є протяжні, безперервно електрично з'єднані струмопровідні частини. Якщо перекриття виготовлено з монолітного бетону, доземні провідники в окремих колонах та стінах належить сполучити між собою за допомогою їхніх стрижнів риштунку для забезпечення рівномірного розподілу струму блискавки. Якщо перекриття виготовлено зі збірних залізобетонних елементів, такі з'єднання зазвичай є неможливими. Однак за незначних додаткових витрат взагалі можливо підготувати злучники та закладні деталі для з'єднання стрижнів риштунку окремих збірних бетонних елементів зі стрижнями риштунку колон та стін перед тим, як перекриття стануть закритими для уміщення додаткових сполучних стрижнів.

Збірні бетонні елементи, що їх використовують як почіпні фасади, не є ефективними для блискавкозахисту будівлі (споруди), оскільки в них не забезпечено сполучних з'єднань. Якщо треба забезпечити високоефективний захист від блискавки для обладнання, встановленого всередині будівлі (споруди), приміром офісна будівля з численним обладнанням обробки даних та комп'ютерними мережами, потрібно, щоб стрижні риштунку таких елементів фасаду були з'єднані між собою та під'єднані до стрижнів риштунку несних елементів будівлі (споруди) так, щоб струм блискавки міг проходити всією зовнішньою поверхнею будівлі (споруди) (див. рисунок Е.4).

Якщо у зовнішніх стінах будівлі (споруди) встановлено вікна із суцільним стрічковим склінням, важливо, щоб було прийнято рішення щодо того, чи з'єднання збірних бетонних елементів вище та нижче вікон із суцільним стрічковим склінням належить виконати за допомогою наявних колон чи їх потрібно з'єднати між собою з меншими інтервалами відповідно до кроку вікон.

Розлоге поєднання струмопровідних частин зовнішніх стін покращує електромагнетне екранування внутрішньої частини будівлі (споруди). Рисунок Е.9 ілюструє приєднання вікон із суцільним стрічковим склінням до металевого покриття фасаду.



Умовні позначки:

- 1 — сполучення між сегментом фасадної плити та металевою смугою вікна;
- 2 — металева фасадна плита;
- 3 — горизонтальна металева стрічка;
- 4 — вертикальна металева стрічка;
- 5 — вікно.

IEC 2675/10

Рисунок Е.9 — Під'єднання вікон із суцільним стрічковим склінням до металевого покриття фасаду

Якщо сталеві конструкції використовують як доземні провідники, потрібно, щоби кожна сталеві колона була приєднана до стрижнів сталевих риштунків бетонного фундаменту відповідно до рисунку Е.7 за допомогою належно спроектованих точок приєднання, які відповідають вимогам стандартів серії EN 62305.

Примітка. По додаткові відомості щодо використання сталевих риштунків бетонних стін для електромагнетного екранування див. EN 62305-4.

У разі великих, низьких будівель (споруд), таких як зали, покрівлю підтримують не лише конструкції на периферії будівлі, а й внутрішні колони. Струмopовідні колони належить під'єднати до системи перехоплювачів у верхній частині й до системи екіпотенційних сполучень на підлозі, таким чином утворюють внутрішні доземні провідники; це застосовують для запобігання небезпечному іскрінню всередині будівлі. Збільшені електромагнетні завади відбуваються поблизу таких внутрішніх доземних провідників.

У сталевих конструкціях каркаса зазвичай використовують сталеві ферми покрівлі, скріплені шрубованими з'єднаннями. За умови, що шруби загвинчено із зусиллям, необхідним для досягнення механічної міцності, усі скріплені сталеві частини можна вважати електрично з'єднаними між собою. Тонкий шар фарби пронизується струмом блискавки первісної виснаги, утворюючи струмopовідний місток.

Електричне з'єднання може бути поліпшене зачищенням посадкових поверхонь головок шруб, гайок та шайб. Подальше поліпшення може бути досягнуто нанесенням зварного шва довжиною приблизно 50 мм після завершення конструктивного вузла.

На наявних будівлях (спорудах) з протяжними струмopовідними частинами у/на зовнішніх стінах належить забезпечити безперервність струмopовідних частин для використання їх як доземних провідників. Цей метод також рекомендують, якщо потрібно підтримувати високі вимоги до культурних аспектів архітектурного проектування, крім вимог щодо захисту від LEMP.

Належить також передбачити поєднані між собою стрижні системи екіпотенційних сполучень. Кожен стрижень системи екіпотенційних сполучень належить під'єднати до струмopовідних частин у зовнішніх стінах та в підлозі. Це вже можливо забезпечити горизонтальними стрижнями риштунку на рівні землі та рівні кожного наступного поверху.

За можливості, у підлозі чи в стіні належить передбачити точку під'єднання до сталевого риштунку. Належить виконати під'єднання щонайменше до трьох стрижнів риштунку.

Е.4.3.8 Еквіпотенційні сполучення

Коли на різних поверххах потрібна значна кількість сполучних точок з'єднання з риштунком та значну увагу приділяють отриманню шляхів проходження струму з низькою індуктивністю з використанням стрижнів риштунку бетонних стін для еквіпотенційних сполучень та для екранування внутрішнього простору будівлі (споруди), на окремих поверххах належить установити кільцеві провідники всередині чи зовні бетону. Ці кільцеві провідники належить з'єднати між собою за допомогою вертикальних стрижнів з проміжками не більше ніж 10 м.

Такому розміщенню належить надавати перевагу через його більшу надійність, особливо, якщо величина струму завади невідома.

Також рекомендують використовувати мережі провідників, згрупованих у сітку. Потрібно, щоби з'єднання були здатними витримувати великі струми в разі збою в системі електроживлення.

У великих будівлях (спорудах) сполучна шина діє як кільцевий провідник. У такому разі точки приєднання до сталевих стрижнів риштунку належить передбачити з кроком у 10 м. Жодні спеціальні заходи (крім прописаних для підвального приміщення у 6.2.2 а) щодо під'єднання риштунку будівлі (споруди) до LPS не є потрібними.

Е.4.3.9 Фундамент як земляне закінчення

У великих будівель (споруд) та промислових підприємств фундамент є зазвичай армованим. Стрижні риштунку фундаменту, фундаментної плити та зовнішніх стін у районі нижче поверхні ґрунту таких будівель (споруд) утворюють чудовий фундаментний уземлювальний електрод, за умови дотримання вимог 5.4.

Стрижні риштунку фундаменту та стін, заглиблених у ґрунт, можуть правити за фундаментний уземлювальний електрод.

Цей метод забезпечує добре уземлення за мінімальних витрат. Крім того, металева оболонка, що складається зі сталевого риштунку будівлі (споруди) загалом забезпечує добрий опорний потенціал для системи електропостачання, телекомунікаційного та електронного обладнання будівлі (споруди).

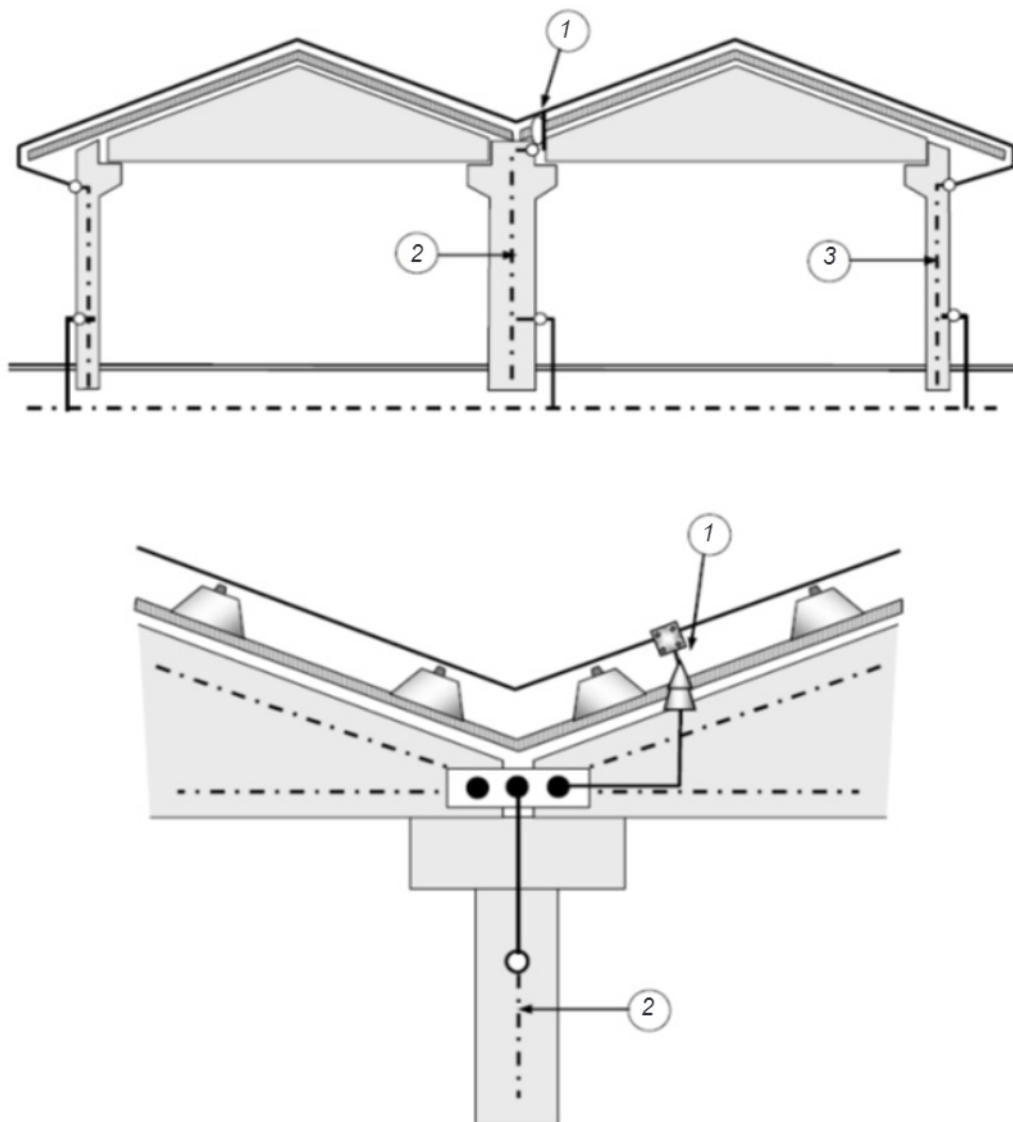
Крім поєднання стрижнів риштунку за допомогою дротяних в'язань, рекомендують встановлення додаткової металевої сіткової мережі для забезпечення добрих з'єднань. Потрібно, щоби ця додаткова мережа була прив'язана до арматурної сталі. Вивідні провідники для під'єднання зовнішніх доземних провідників чи елементів конструкції, яку використовують як доземні провідники та для під'єднання до земляного закінчення, встановленого зовні, належить вивести за межі бетону у відповідних місцях.

Загалом риштунок фундаменту є струмопровідним, крім випадків, коли між різними частинами будівлі (споруди) є проміжки для забезпечення різних швидкостей осідання.

Проміжки між струмопровідними частинами будівлі (споруди) належить перекрити сполучними провідниками відповідно до таблиці 6, за допомогою затискачів та злучників відповідно до 5.5.

Стрижні риштунку бетонних колон та стін, що стоять на фундаменті, належить під'єднати до стрижнів риштунку фундаменту та до покрівлі зі струмопровідними частинами.

На рисунку Е.10 показано конструкцію LPS залізобетонної будівлі (споруди) для бетонних колон, стін та покрівлі зі струмопровідними частинами.



Умовні позначки:

- 1 — провідник LPS, що проходить герметичним утулком;
- 2 — сталевий риштунок у бетонній колоні;
- 3 — сталевий риштунок у бетонних стінах.

IEC 2676/10

Примітка. Сталевий риштунок внутрішньої колони стає природним доземним провідником, коли сталевий риштунок колони з'єднаний з перехоплювачем та земляним закінченням LPS. Якщо біля колони встановлено чутливе електронне обладнання, належить враховувати електромагнетні умови поблизу колони.

Рисунок Е.10 — Внутрішні доземні провідники у промислових будівлях (спорудах)

Коли приварювання до риштунку не допустимо, у колонках належить встановити додаткові провідники чи під'єднання належить здійснити випробуваними злучниками. Ці додаткові провідники належить в'язати чи притискати до сталевого риштунку.

Після завершення спорудження будівлі (споруди) та приєднання всіх послуг до сполучної шини часто стає неможливим (на практиці) виміряти опір уземлення як складової програми технічного обслуговування.

Якщо за певних умов неможливо виміряти опір фундаментного уземлювача відносно ґрунту, тоді встановлення одного чи кількох опорних уземлювальних електродів поруч із будівлею (спорудою) забезпечує можливий спосіб контролю змін у середовищі довкола системи уземлення протягом багатьох років, за допомогою виконання вимірювання між уземлювальним електродом та фундаментним уземлювачем. Проте добра еквіпотенціалізація є головною перевагою фундаментного уземлювача, тож опір відносно землі видається менш важливим.

Е.4.3.10 Порядок монтажу

Усі провідники та затискачі системи блискавкозахисту повинен встановлювати монтажник LPS.

Належить узгодити монтажні роботи з будівельним підрядчиком, щоб графік будівельних робіт не було порушено через затримку, пов'язану з установленням LPS перед заливанням бетону.

Під час будівництва належить виконувати регулярні вимірювання, а монтажник LPS повинен здійснювати нагляд за будівництвом (див. 4.3).

Е.4.3.11 Збірні залізобетонні частини

Якщо збірні залізобетонні частини використовують для блискавкозахисту, тобто як доземні провідники для екранування чи як провідники для еквіпотенційних сполучень, до них належить додати точки приєднання відповідно до рисунка Е.7 для полегшення подальшого з'єднання риштунку збірних частин із риштунком будівлі (споруди).

Розміщення та форму точок приєднання належить визначити під час проєктування збірних залізобетонних частин.

Точки приєднання належить розташувати так, щоб у збірній залізобетонній частині безперервний стрижень риштунку проходив від однієї сполучної точки до іншої.

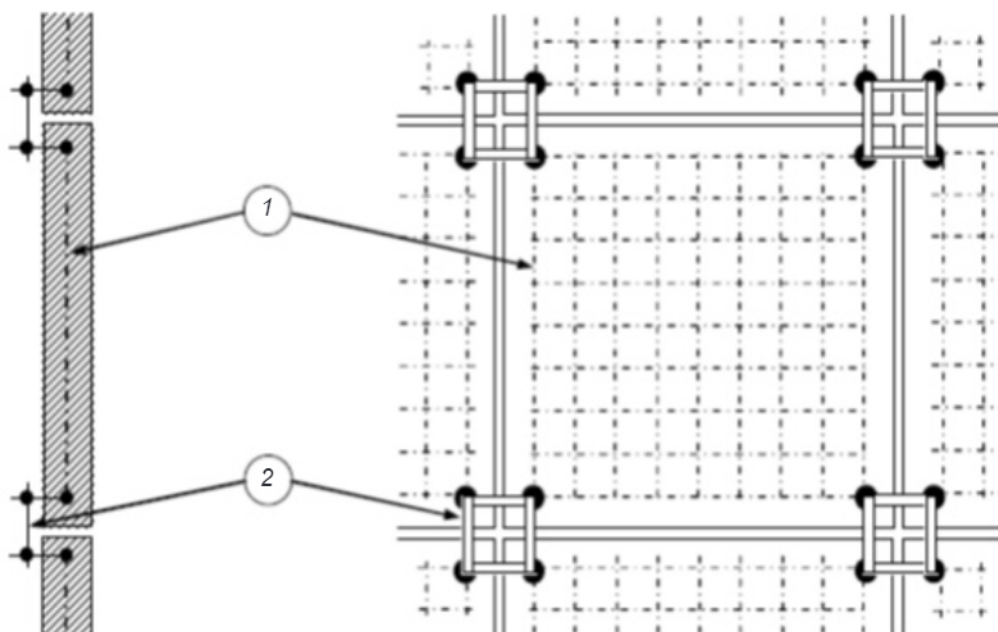
Коли розміщення безперервних стрижнів риштунку у збірній залізобетонній частині не є можливим разом зі стандартними стрижнями риштунку, належить установити додатковий провідник та прив'язати його до наявного риштунку.

Загалом потрібна одна точка приєднання та сполучний провідник у кожному куті плити зірної залізобетонної частини, як показано на рисунку Е.11.

Е.4.3.12 Компенсаційні шви

Якщо будівля (споруда) складається з кількох секцій з компенсаційними швами, з урахуванням осадження секцій будівлі (споруди), та якщо у будівлі (споруді) буде встановлено численне електронне обладнання, між риштунком різних секцій будівлі (споруди) на всіх компенсаційних швах належить встановити сполучні провідники з проміжками, які не перевищують половини відстані між доземними провідниками, зазначеними в таблиці 4.

Аби забезпечити еквіпотенційні сполучення незначної індуктивності та ефективне екранування простору всередині будівлі (споруди), компенсаційні шви між секціями будівлі (споруди) належить перекрити з короткими інтервалами (від 1 м до половини відстані між доземними провідниками) гнучкими чи ковзними сполучними провідниками залежно від потрібного коефіцієнта екранування, як показано на рисунку Е.11.



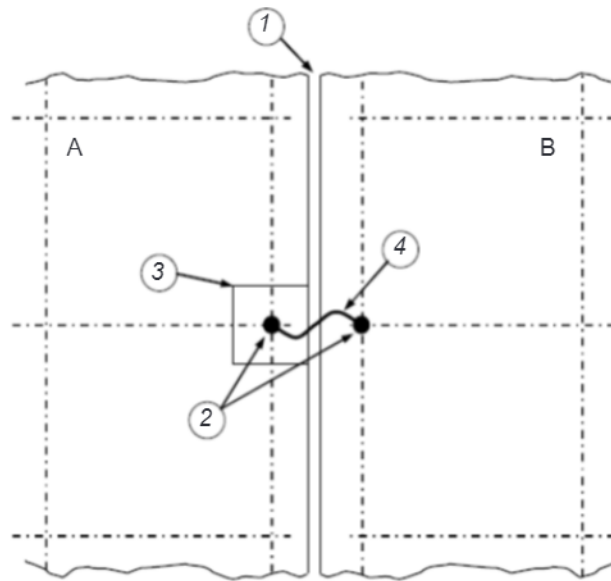
IEC 2677/10

Умовні позначки:

1 — збірна залізобетонна частина;

2 — сполучні провідники.

Рисунок Е.11а — Установлення сполучних провідників на плитах збірних залізобетонних частин методом шрубових чи зварних струмопровідних з'єднань



IEC 2678/10

Умовні позначки:

- 1 — паз розширення;
- 2 — зварне з'єднання;
- 3 — заглиблення;
- 4 — гнучкий сполучний провідник;
- A — залізобетонна частина 1;
- B — залізобетонна частина 2.

Рисунок Е.11b — Конструкція гнучких з'єднань між двома залізобетонними частинами для перемикання паза розширення будівлі (споруди)

Рисунок Е.11 — Установлення сполучних провідників у залізобетонних будівлях (спорудах) та гнучких перемичок між двома залізобетонними частинами

Е.5 Зовнішня система блискавкозахисту

Е.5.1 Загальні положення

Розміщення зовнішніх провідників LPS має фундаментальне значення під час проєктування LPS та залежить від форми захищуваної будівлі (споруди), необхідного рівня захисту та застосовуваного геометричного методу проєктування. Конструкція системи перехоплювачів зазвичай визначає конструкцію системи доземних провідників, системи земляного закінчення та конструкцію внутрішньої LPS.

Якщо в сусідніх будівлях (спорудах) встановлена LPS, такі LPS, якщо це дозволено, треба під'єднати до LPS будівлі (споруди), що її розглядають.

Е.5.1.1 Неізольована LPS

У більшості випадків зовнішню LPS може бути під'єднано до захищуваної будівлі (споруди).

Якщо тепловий вплив у точці удару чи на провідниках, що проводять струм блискавки, може спричинити пошкодження будівлі (споруди) чи вмісту захищуваної будівлі (споруди), треба, щоби відстань між провідниками LPS та займистими матеріалами становила щонайменше 0,1 м.

Примітка. Типовими випадками є:

- будівлі (споруди) із займистим покриттям,
- будівлі (споруди) із займистими стінами.

Е.5.1.2 Ізольована LPS

Ізольовану зовнішню LPS належить використовувати, якщо проходження струму блискавки сполученими внутрішніми струмопровідними частинами може спричинити пошкодження будівлі (споруди) чи її вмісту.

Примітка 1. Використання ізольованої LPS можна вважати доречним у випадках, коли передбачено, що зміни в будівлі (споруді) можуть потребувати змін в LPS.

LPS, яку з'єднано зі струмопровідними елементами будівлі (споруди) та із системою еквіпотенційних сполучень лише на рівні ґрунту, визначають як ізольовану відповідно до 3.3.

Створення ізолюваної LPS досягають встановленням стрижнів перехоплювачів або щогл поруч із захищуваною будівлею (спорудою), чи за допомогою почеплених тросів між щоглами відповідно до роздільної відстані за 6.3.

Ізолювану LPS також встановлюють на будівлях (спорудах) з ізоляційних матеріалів, приміром цегли чи дерева, де дотримано роздільної відстані, як це визначено у 6.3, та відсутні з'єднання зі струмопровідними частинами будівлі (споруди) та обладнанням, установленим у ній, крім під'єднань до системи земляного закінчення на рівні ґрунту.

Струмопровідне обладнання всередині будівлі (споруди) та електричні провідники не потрібно встановлювати на відстані до провідників перехоплення та доземних провідників меншій, ніж роздільна відстань, визначена у 6.3. Усі майбутні встановлення мають відповідати вимогам до ізолюваної LPS. Із цими вимогами власника будівлі (споруди) зобов'язаний ознайомити підрядчик, який відповідає за проектування та спорудження LPS.

Власник зобов'язаний повідомляти про ці вимоги майбутнім підрядчикам, які будуть виконувати роботи в чи на будівлі (споруді). Підрядчик, який відповідає за таку роботу, зобов'язаний повідомити власника будівлі (споруди), якщо підрядчик не може виконати цих вимог.

Усі частини обладнання, встановленого в будівлі (споруді) з ізолюваною LPS, мають бути розміщені в межах захищеного простору LPS та відповідати вимогам щодо роздільної відстані. Провідники LPS належить встановлювати на ізолюваних тримачах провідників, якщо провідники, будучи прикріплені безпосередньо до стіни будівлі (споруди), перебувають занадто близько до струмопровідних частин так, щоб відстань між LPS та внутрішніми струмопровідними частинами перевищувала роздільну відстань, як це визначено у 6.3.

Примітка 2. Потрібно, щоби ізолювані тримачі дорівнювали чи були довшими за роздільну відстань, беручи до уваги навколишні обставини.

Приховані струмопровідні кріплення покрівлі, які не під'єднано до екіпотенційних з'єднань та які розташовані від системи перехоплювачів ближче, ніж роздільна відстань, але перебувають від екіпотенційних з'єднань далі, ніж роздільна відстань, належить приєднати до системи перехоплювачів ізолюваної LPS. З цієї причини будівлі (споруди), такі як ця, не треба розглядати як ізоляційні, а як будівлі (споруди) з прихованими струмопровідними кріпленнями покрівлі, які не під'єднано до екіпотенційних з'єднань.

Необхідно, щоби проєкт LPS та правила техніки безпеки щодо роботи поблизу кріплень покрівлі враховували той факт, що напруга на таких кріпленнях буде зростати до рівня напруги на системі перехоплювачів у разі удару блискавки.

Ізолювану LPS належить встановлювати на будівлях (спорудах) з протяжними взаємопов'язаними струмопровідними частинами, коли потрібно запобігти стіканню струму блискавки стінами будівлі (споруди) та встановленим усередині обладнанням.

На будівлях (спорудах), що складаються з безперервних, пов'язаних між собою струмопровідних частин, таких як сталева конструкція чи залізобетон, у ізолюваній LPS належить дотримувати роздільної відстані до цих струмопровідних частин будівлі (споруди). Для забезпечення достатнього розділення може бути потрібно кріплення провідників LPS до будівлі (споруди) за допомогою кріплень ізоляційного типу.

Належить зазначити, що в цегляних будівлях (спорудах) часто використовують колони та стелі із залізобетону.

Е.5.1.3 Небезпечне іскріння

Небезпечному іскрінню між LPS та металом, електричним і телекомунікаційним устаткуванням можна запобігти

— в ізолюваній LPS ізолюванням або розділенням відповідно до 6.3,

— у неізолюваній LPS улаштуванням екіпотенційних сполучень відповідно до 6.2 чи ізолюванням, чи розділенням відповідно до 6.3.

Е.5.2 Система перехоплення блискавки

Е.5.2.1 Загальні положення

У цьому стандарті не надано жодних критеріїв щодо вибору системи перехоплювачів, оскільки в ньому розглядають як рівнозначні стрижні, натягнені троси та сіткові провідники.

Треба, щоби розміщення системи перехоплення блискавки відповідало вимогам, наведеним у таблиці 2.

Е.5.2.2 Розставлення

Для проектування системи перехоплювачів належить використовувати наведені нижче методи, незалежно один від одного чи в будь-якому поєднанні, за умови, що зони захисту, які забезпечуються різними частинами системи перехоплювачів, перекривають одна одну та забезпечують повний захист будівлі (споруди) відповідно до 5.2:

- метод захисного кута;
- метод сфери, що котиться;
- метод сітки.

Усі три методи можна використовувати для проектування LPS. Вибір методу залежить від практичного оцінювання його придатності та уразливості захищуваної будівлі (споруди).

Проектувальник LPS може вибирати метод розставлення. Однак є такі міркування:

— метод захисного кута є придатним для простих будівель (споруд) чи для невеликих частин більших будівель (споруд). Цей метод є непридатним для будівель (споруд) вищих, ніж радіус сфери, що котиться, відповідно до вибраного рівня захисту LPS;

— метод сфери, що котиться, є придатним для будівель (споруд) складної форми;

— метод сітки слугує для загальних цілей та є придатним, зокрема, для захисту плоских поверхонь.

Метод проектування системи перехоплювачів та методи проектування LPS, які використовують для різних частин будівлі (споруди), належить чітко сформулювати у проектній документації.

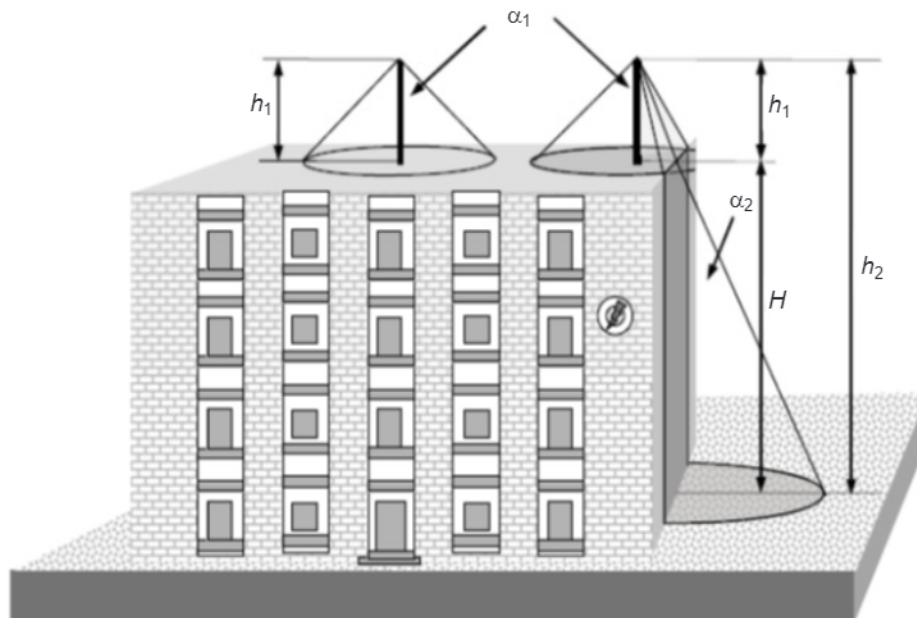
Е.5.2.2.1 Метод захисного кута

Провідники перехоплювачів, стрижні, щогли й троси належить розташовувати так, щоб усі частини захищуваної будівлі (споруди) були всередині обвідної поверхні, утвореної виступними точками на провідниках перехоплювачів відносно опорної площини під кутом α до вертикалі в усіх напрямках.

Потрібно, щоб захисний кут α відповідав величині, наведеній у таблиці 2, де h — висота перехоплювача над захищуваною поверхнею.

Єдина точка утворює конус. На рисунках А.1 та А.2 показано, як захищений простір утворюється різними провідниками перехоплювачів у LPS.

Відповідно до таблиці 2 захисний кут α відрізняється для різних висот перехоплювача над захищуваною поверхнею (див. рисунки А.3 та Е.12).



IEC 2679/10

Умовні позначки:

H — висота будинку над опорною площиною землі;

h_1 — фізична висота стрижня перехоплювача;

h_2 — $h_1 + H$, що є висотою стрижня перехоплювача над землею;

α_1 — захисний кут, який відповідає висоті перехоплювача $h = h_1$,

висоті, яку вимірюють від поверхні покрівлі (опорна площина);

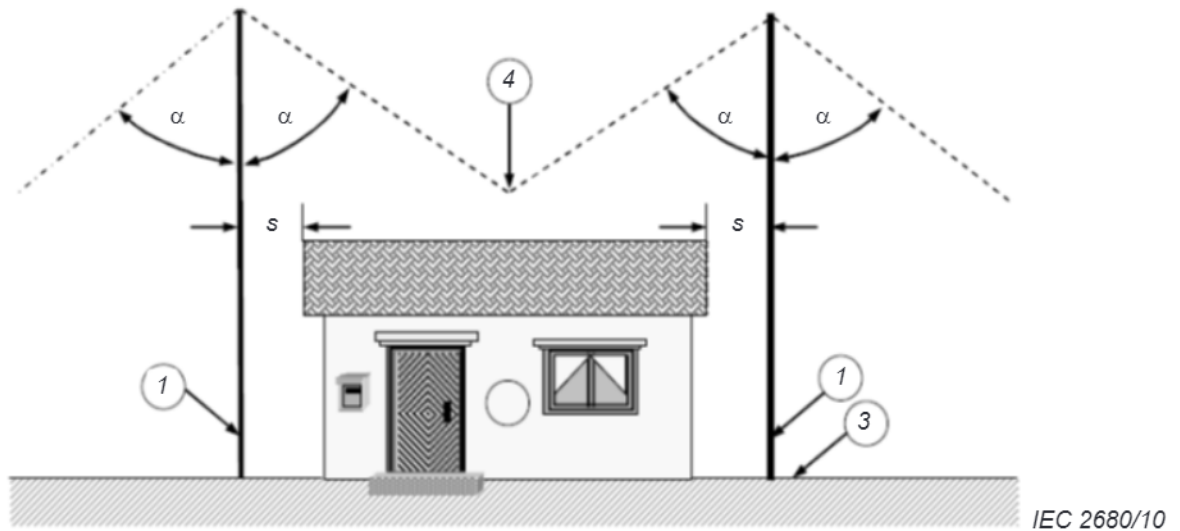
α_2 — захисний кут, який відповідає висоті h_2

Рисунок Е.12 — Проектування системи перехоплення методом захисного кута для різних висот відповідно до таблиці 2

Метод захисного кута має геометричні межі та не може бути застосований, якщо H більше, ніж радіус сфери, що котиться, r , як визначено в таблиці 2.

Якщо споруди на покрівлі необхідно захистити разом зі скульптурними прикрасами, а об'єм захисту скульптурних прикрас розташовано над рубом будинку, скульптурні прикраси належить розмістити між спорудою та рубом. Якщо це не є можливим, належить застосовувати метод сфери, що котиться.

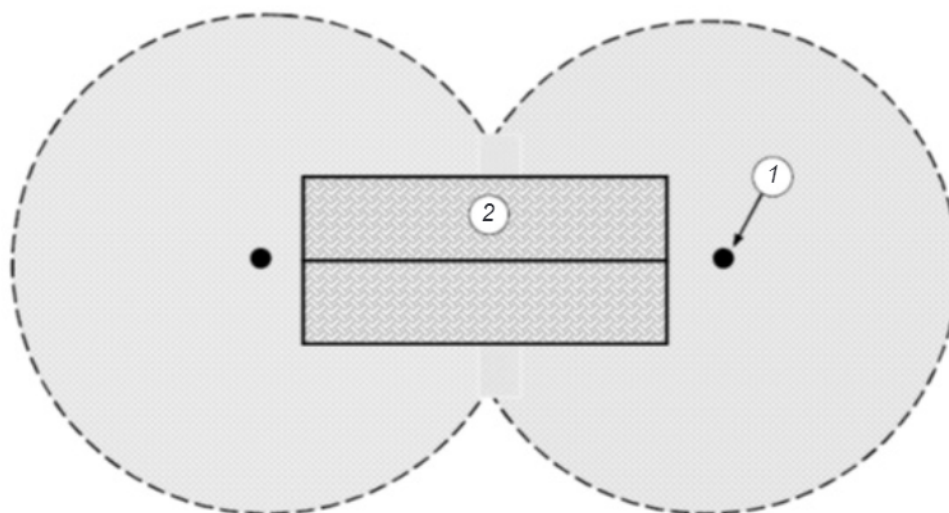
Конструкцію системи перехоплювачів, спроектовану за методом захисного кута, також показано на рисунках Е.13 та Е.14 для ізольованої LPS та на рисунках Е.15 та Е.16 для неізольованої LPS.



Умовні позначки:

- 1 — щогла перехоплювача;
- 2 — захищувана будівля (споруда);
- 3 — земля, що є опорною площиною;
- 4 — перетин між кінцевими зонами блискавкозахисту;
- s — роздільна відстань відповідно до 6.3;
- α — захисний кут відповідно до таблиці 2.

Рисунок Е.13а — Проекція на вертикальну площину



Примітка. Два кола показують захищену зону на землі як опорній площині.

Рисунок Е.13b — Проекція на горизонтальну площину

Рисунок Е.13 — Ізольована зовнішня LPS з двома ізольованими щоглами перехоплення, спроектована за методом захисного кута

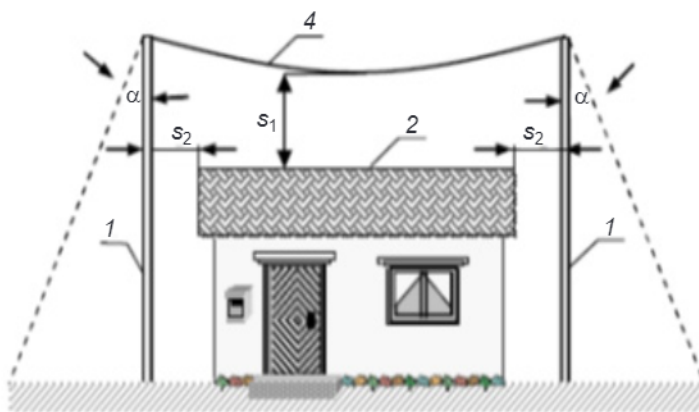


Рисунок Е.14а — Проекція на вертикальну площину, паралельну площині, на якій розміщено дві щогли

IEC 2682/10

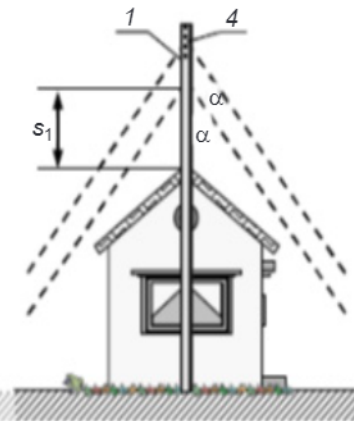
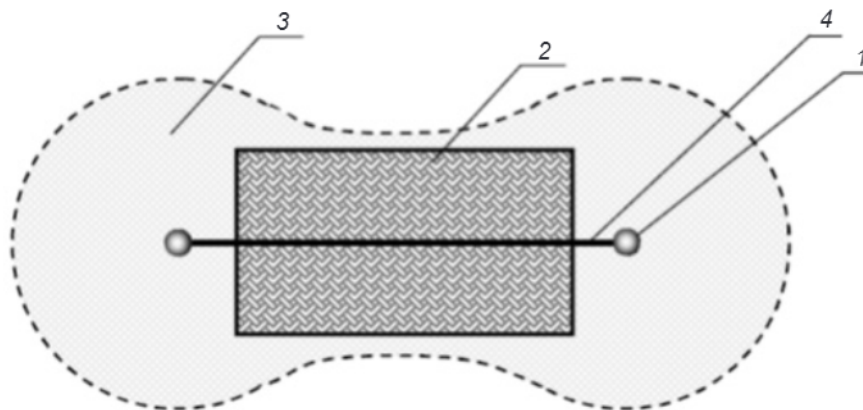


Рисунок Е.14б — Проекція на вертикальну площину, перпендикулярну до площини, на якій розміщено дві щогли

IEC 2683/10



IEC 2684/10

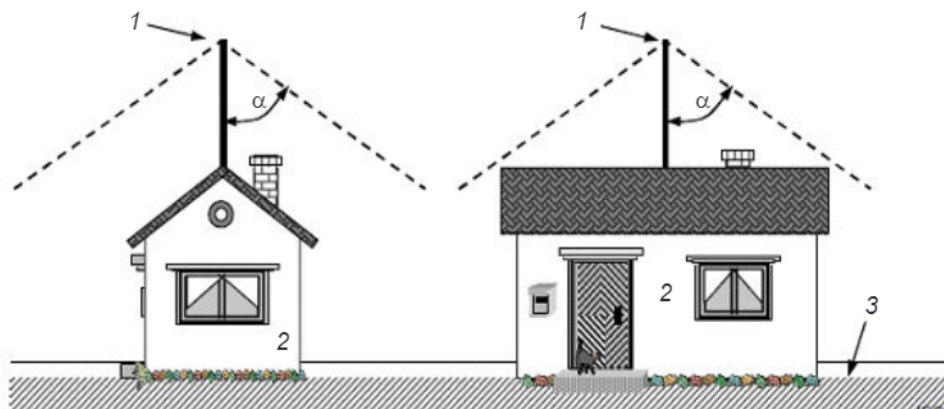
Рисунок Е.14с — Проекція на горизонтальну площину

Умовні позначки:

- 1 — щогла перехоплювача;
- 2 — захищувана споруда;
- 3 — захищена зона на опорній площині;
- 4 — горизонтальний трос перехоплення блискавки;
- s_1, s_2 — роздільна відстань відповідно до 6.3;
- α — захисний кут відповідно до таблиці 2.

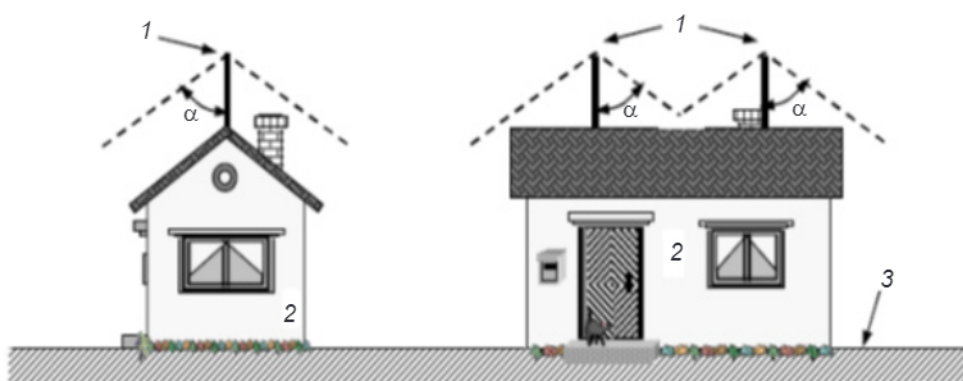
Примітка. Система перехоплення спроєктована за методом захисного кута. Необхідно, щоби вся споруда перебувала всередині захищеного об'єму.

Рисунок Е.14 — Ізольована зовнішня LPS з двома ізольованими щоглами перехоплення, з'єднаними між собою горизонтальним натягненим тросом



IEC 2685/10

Рисунок Е.15а — Приклад з використанням одного стрижня перехоплення блискавки



IEC 2686/10

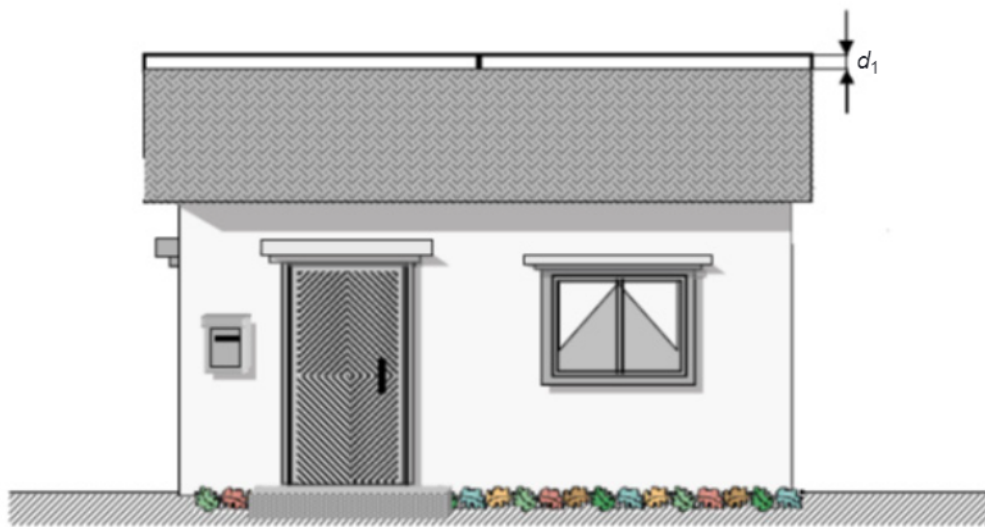
Рисунок Е.15b — Приклад з використанням двох стрижнів перехоплення блискавки

Умовні позначки:

- 1 — стрижень перехоплення блискавки;
- 2 — захищувана споруда;
- 3 — прийнята опорна площина;
- α — захисний кут відповідно до таблиці 2.

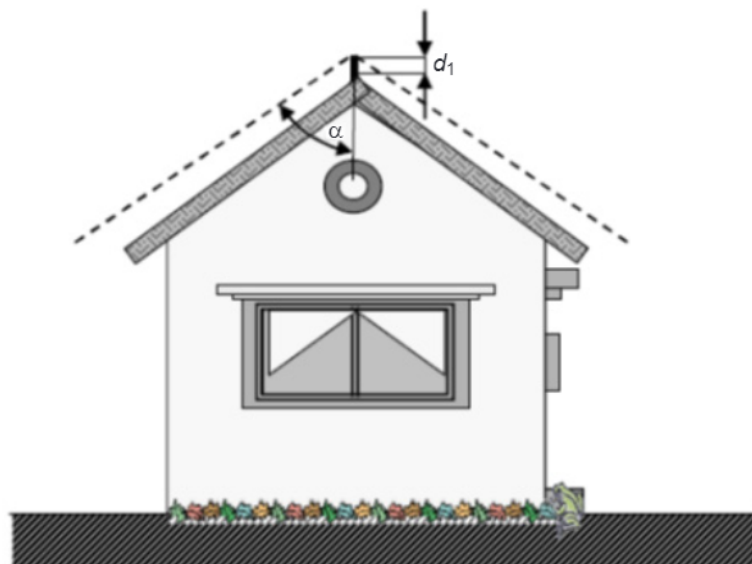
Примітка. Необхідно, щоби вся споруда перебувала всередині об'єму, захищеного стрижнями перехоплювачів.

Рисунок Е.15 — Приклад проєктування перехоплення неізолюваної LPS стрижнями перехоплення



IEC 2687/10

Рисунок Е.16а — Проекція на вертикальну площину, на якій перебуває провідник



IEC 2688/10

Рисунок Е.16б — Проекція на вертикальну площину, перпендикулярну до площини, на якій перебуває провідник

Умовні позначки:

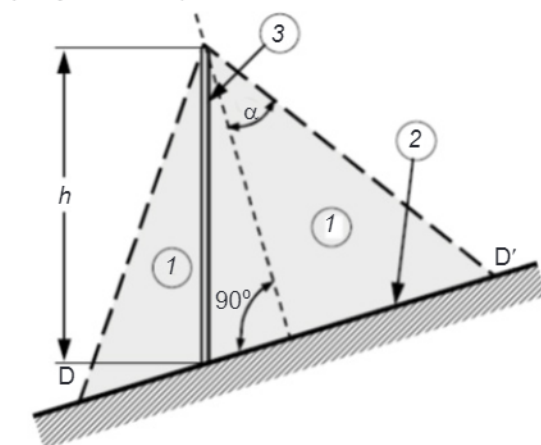
α — захисний кут відповідно до таблиці 2;

d_1 — відстань між горизонтальним тросом та покрівлею.

Примітка. Необхідно, щоби вся споруда перебувала всередині захищеного об'єму.

Рисунок Е.16 — Приклад проектування перехоплення неізолюваної LPS з горизонтальним тросом за проектним методом захисного кута

Якщо поверхня, на якій розміщено систему перехоплення блискавки, є похилою, вісь конуса, який утворює захищену зону, не обов'язково є стрижнем перехоплювача, але замість нього перпендикуляр до поверхні, на якій розміщено стрижень перехоплювача; з вершиною конуса, яка співпадає з вершечком стрижня перехоплювача (див. рисунок Е.17).



IEC 2689/10

Умовні позначки:

- 1 — захищений об'єм;
- 2 — опорна площина;
- 3 — стрижень перехоплення блискавки;
- h — відповідні висоти перехоплення блискавки відповідно до таблиці 2;
- α — захисний кут;
- D, D' — межа захищеної зони.

Рисунок Е.17 — Захищений об'єм стрижня перехоплювача на похилій поверхні за проєктним методом захисного кута

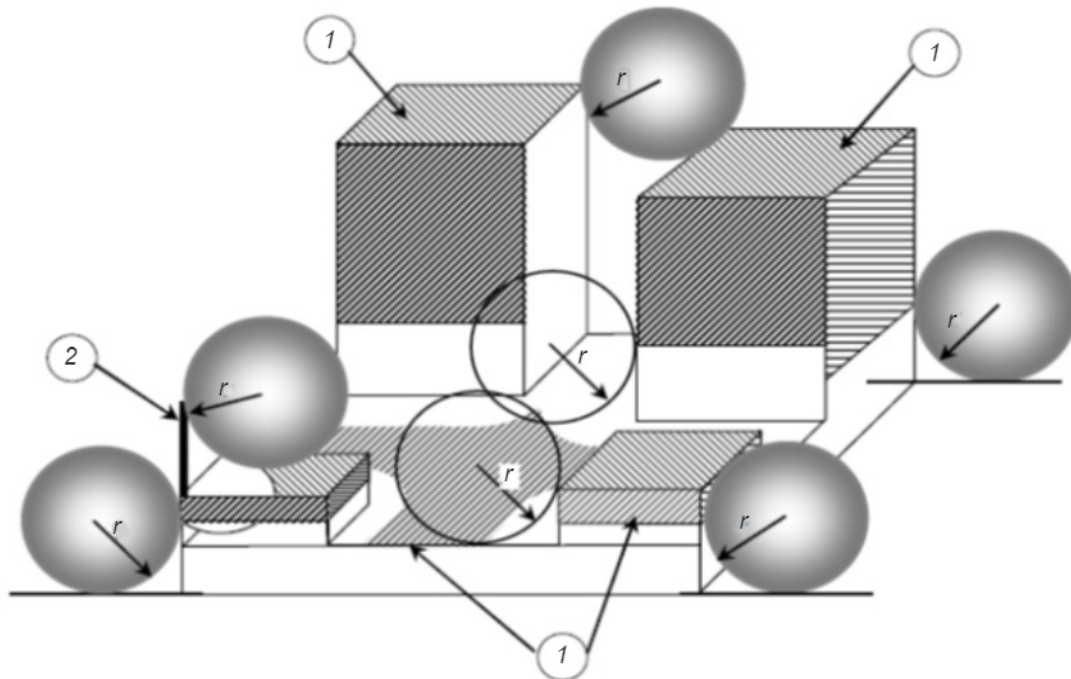
Е.5.2.2.2 Метод сфери, що котиться

Метод сфери, що котиться, належить використовувати для визначення захищеного простору частин та зон будівлі (споруди), коли таблиця 2 унеможлиблює використання методу захисного кута.

Застосовуючи цей метод, розставлення системи перехоплювачів вважають достатнім, якщо жодна точка захищеного об'єму не контактує зі сферою радіусом r , що котиться по землі, навколо та поверх будівлі (споруди) в усіх можливих напрямках. Отже, треба, щоби сфера торкалася лише ґрунту та/чи системи перехоплювачів.

Радіус r сфери, що котиться, залежить від класу LPS (див. таблицю 2). Радіус сфери, що котиться, відповідає амплітудному значенню струму блискавки, що вражає будівлю (споруду) $r = 10 \cdot I^{0,65}$, де I визначають у кілоамперах (кА).

На рисунку Е.18 показано застосування методу сфери, що котиться, до різних будівель (споруд). Сфера радіусом r котиться навколо та над усією будівлею (спорудою), доки вона не досягне площини ґрунту чи будь-якої сталої будівлі (споруди) чи об'єкта, що контактує з площиною ґрунту, яка здатна діяти як провідник блискавки. Точка удару може виникати в місцях, де сфера, що котиться, торкається будівлі (споруди) та в таких точках є необхідним захист за допомогою провідника перехоплення блискавки.



Умовні позначки:

- 1 — заштриховані зони піддаються перехопленню блискавки та потребують захисту відповідно до таблиці 2;
- 2 — щогла на будівлі (споруді);
- r — радіус сфери, що котиться, відповідно до таблиці 2.

IEC 2690/10

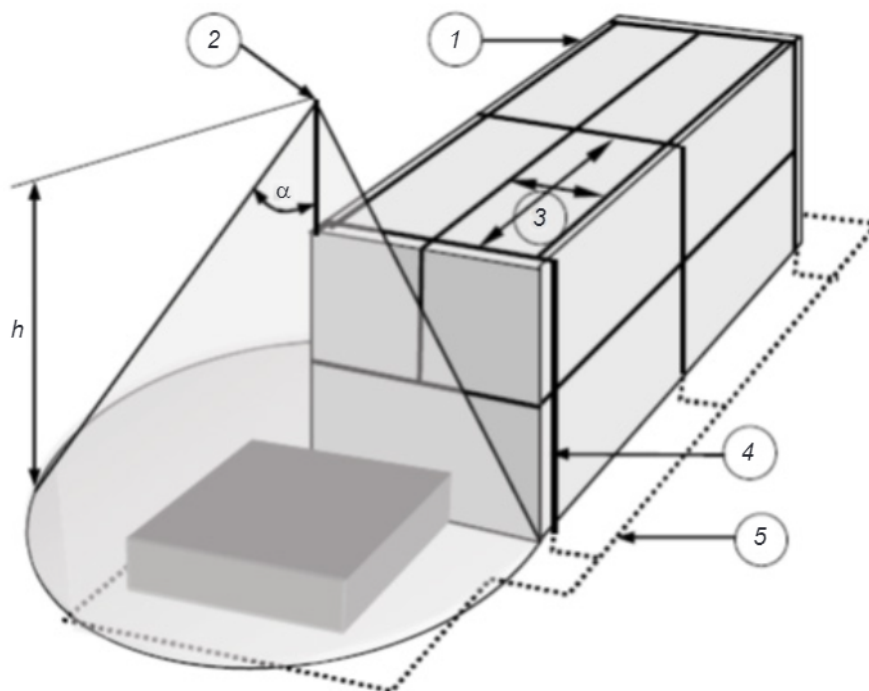
Примітка. Захист від бокових ударів вимагають відповідно до 5.2.3 та А.2.

Рисунок Е.18 — Проектування мережі провідників перехоплення блискавки на будівлі (споруді) складної форми

Якщо метод сфери, що котиться, застосовують до креслеників будівлі (споруди), таку будівлю (споруду) належить розглянути з усіх боків, аби переконатися, що жодна частина не виступає в незахищену зону — точку, яка може бути пропущена, якщо на креслениках беруть до уваги лише проекції спереду, збоку та згори.

Захищений простір, утворений провідником LPS — це об'єм, у який не проникає сфера, що котиться, коли вона контактує з провідником і торкається будівлі (споруди).

На рисунку Е.19 показано захист, який забезпечує система перехоплення блискавки LPS згідно з методом захисного кута та методом сітки з узагальненим розміщенням елементів перехоплення блискавки.



IEC 2691/10

Умовні позначки:

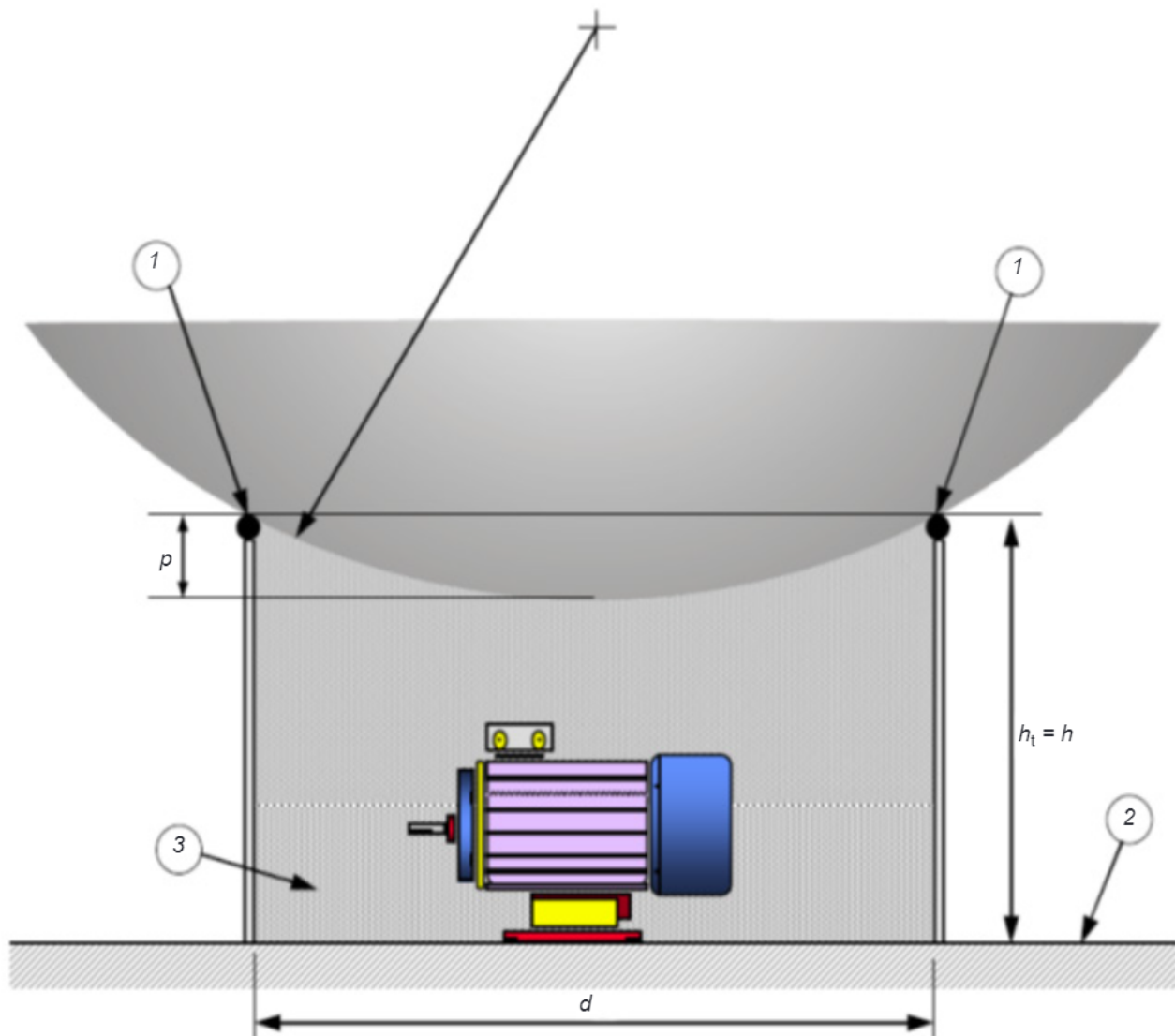
- 1 — провідник перехоплення блискавки;
- 2 — стрижень перехоплення блискавки;
- 3 — розмір комірки сітки;
- 4 — доземний провідник;
- 5 — система уземлення з кільцевим провідником;
- h — висота перехоплювача над рівнем ґрунту;
- α — захисний кут.

Рисунок Е.19 — Проєктування перехоплення LPS з використанням методу захисного кута, методу сітки та загальне розміщення елементів перехоплення

У разі двох паралельних горизонтальних провідників системи перехоплення LPS, розташованих над горизонтальною опорною площиною на рисунку Е.20, глибину проникнення p сфери, що котиться, нижче рівня провідників у просторі між провідниками може бути обчислено за формулою:

$$p = r - [r^2 - (d/2)^2]^{1/2}. \quad (\text{Е.2})$$

Треба, щоби глибина проникнення p була меншою, ніж h_t мінус висота захищуваних об'єктів (двигун на рисунку Е.20).



IEC 2692/10

Умовні позначки:

1 — горизонтальні троси;

2 — опорна площина;

3 — простір, що захищається двома паралельними горизонтальними тросами чи двома стрижнями перехоплювачів;

 h_t — фізична висота стрижнів перехоплювачів над опорною площиною; p — глибина проникнення сфери, що котиться; h — висота перехоплювача відповідно до таблиці 2; r — радіус сфери, що котиться; d — відстань між двома паралельними горизонтальними тросами чи двома стрижнями системи перехоплення блискавки.

Примітка. Треба, щоби глибина проникнення p сфери, що котиться, була меншою, ніж висота h_t мінус найбільша висота об'єктів, які підлягають захисту, для захисту об'єктів у просторі між перехоплювачами.

Рисунок Е.20 — Простір, захищений двома паралельними горизонтальними тросами чи двома стрижнями перехоплення ($r > h_t$)

Приклад, показаний на рисунку Е.20, також є дійсним для трьох або чотирьох стрижнів системи перехоплення блискавки; приміром чотирьох вертикальних стрижнів, установлених у кутах квадрата з однаковою прикладеною висотою h . У цьому разі d на рисунку Е.20 відповідає діагоналям квадрата, утвореного чотирма стрижнями.

Точки, у які буде вдаряти блискавка, може бути визначено за допомогою методу сфери, що котиться. За допомогою методу сфери, що котиться, можна також визначити ймовірність події удару в кожну точку будівлі (споруди).

Метод сітки

Для цілей захисту плоских поверхонь вважають, що сітка захищає всю поверхню за виконання таких умов.

а) Як було зазначено в додатку А, провідники системи перехоплення розміщено на

- лініях рубів покрівлі,
- звисах покрівлі,
- лініях гребеня покрівлі, якщо нахил покрівлі перевищує 1/10,
- бічних поверхнях будівлі (споруди), висота яких перевищує 60 м на рівнях, вищих ніж 80 % від висоти будівлі (споруди);

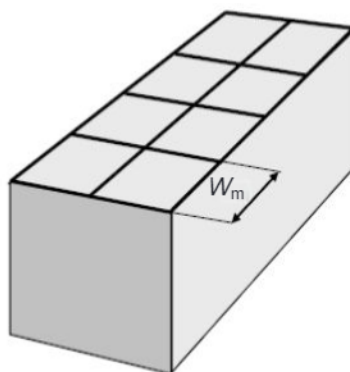
б) Розміри сітки мережі системи перехоплення блискавки не перевищують величин, поданих у таблиці 2;

с) Мережу системи перехоплення блискавки побудовано так, що струм блискавки завжди проходить принаймні двома окремими металевими шляхами до землі та жодне металеве устаткування не виступає за межі об'єму, захищеного системою перехоплення блискавки;

Примітка. Більша кількість доземних провідників призводить до зменшення роздільної відстані та зменшує електромагнетне поле всередині будівлі (споруди) (див. 5.3).

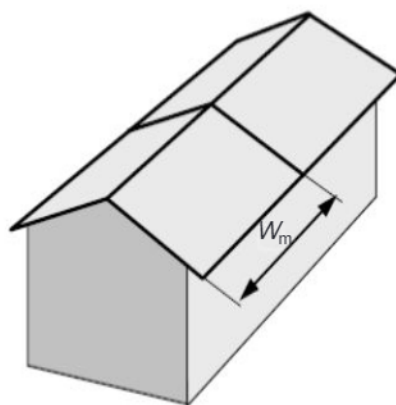
д) Провідники системи перехоплення блискавки проходять, по можливості, найкоротшими та прямими шляхами.

Приклади неізольованих LPS, спроєктованих за методом сітки перехоплення блискавки, показано на рисунку Е.21а для будівлі (споруди) з плоскою покрівлею та на рисунку Е.21b для будівлі (споруди) з похилою покрівлею. На рисунку Е.21с показано приклад LPS на промисловій будівлі (споруді).



IEC 2693/10

Рисунок Е.21а — Перехоплювачі LPS на будівлі (споруді) з плоскою покрівлею

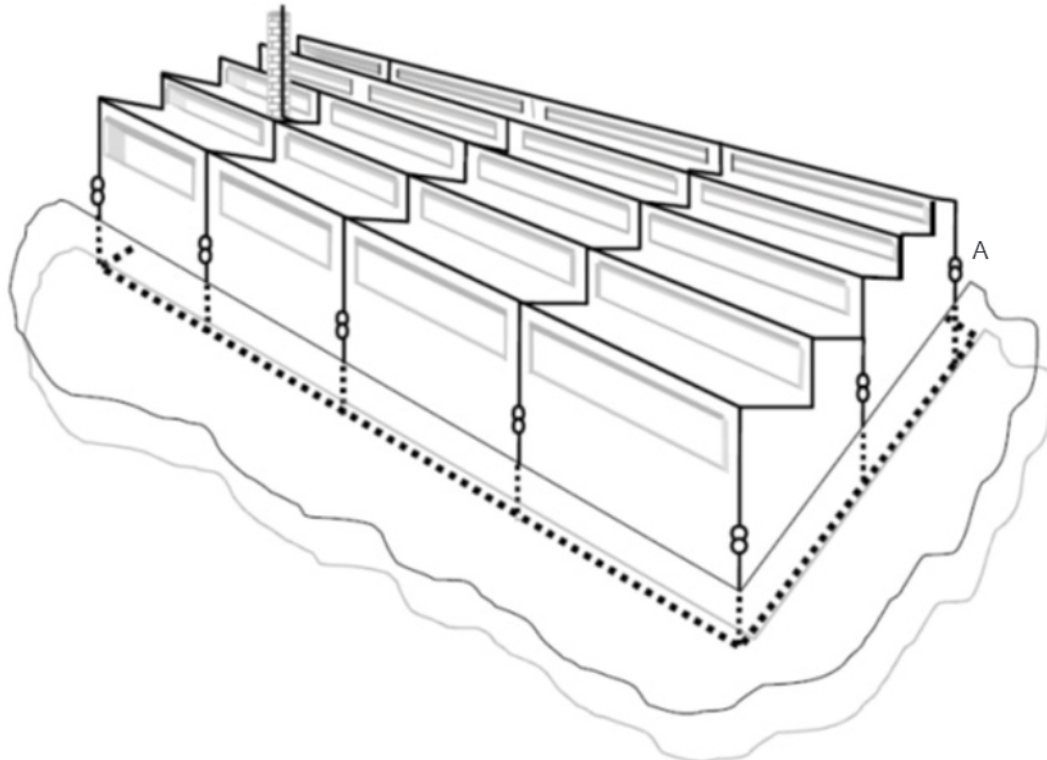


IEC 2694/10

Умовна позначка:
 W_m — розмір комірки.

Примітка. Розмір комірки сітки має відповідати таблиці 2.

Рисунок Е.21b — Перехоплювачі LPS на будівлі (споруді) з похилою покрівлею



Умовна позначка:
А — перевірковий злучник.

IEC 2695/10

Примітка. Потрібно, щоби всі розміри відповідали вибраному рівню захисту відповідно до таблиць 1 та 2.

Рисунок Е.21с — LPS на будівлі (споруді) з односхилою покрівлею

Рисунок Е.21 — Три приклади проєктування неізолюваного перехоплення LPS відповідно до проєктного методу сітки

Е.5.2.3 Система перехоплення від бічних ударів блискавки на високих будівлях (спорудах)

У будівлях (спорудах) заввишки понад 60 м верхні 20 % бічної поверхні належить оснастити перехоплювачами. Для цієї поверхні, що підлягає захисту, захисту частини, розташованої нижче ніж 60 м, можна не виконувати.

Примітка 1. Для будівель (споруд) від 60 м до 75 м заввишки зона, що підлягає захисту, не простягається нижче ніж 60 м.

Примітка 2. Якщо на зовнішній стіні у верхній частині будинку є чутливі елементи (приміром, електронне обладнання), потрібно, щоби їх було захищено спеціальними засобами для перехоплення блискавки, такими як горизонтальні наконечники, сіткові провідники чи рівнозначне.

Е.5.2.4 Конструкція

Е.5.2.4.1 Загальні положення

Максимальної допустимої температури для провідника не буде перевищено, якщо поперечний переріз провідника відповідає даним, наведеним у таблиці 6 та стандартам серії EN 62561.

Покрівлі чи стіни, виготовлені із займистих матеріалів, потрібно захистити від небезпечного впливу струму блискавки, що нагріває провідники LPS, застосуванням одного чи кількох із таких заходів:

- зниження температури провідників збільшенням поперечного перерізу;
- збільшення відстані між провідниками та покриттям покрівлі (див. також 5.2.4);
- установлення теплозахисного шару між провідниками та займистим матеріалом.

Примітка. Дослідження показують, що є корисним, аби стрижні перехоплювачів мали тупий вершечок.

Е.5.2.4.2 Неізолювана система перехоплювачів

Провідники перехоплювачів та доземні провідники потрібно об'єднати провідниками на позначці покрівлі для забезпечення достатнього розтікання струму доземними провідниками.

Провідники на покрівлях та з'єднання стрижнів перехоплення блискавки можна прикріплювати до покрівлі за допомогою як струмопровідних, так і неструмопровідних розпірок та затискачів. Провідники може також бути розміщено на поверхні стіни, якщо стіна виготовлена з незаймистого матеріалу.

Примітка. Детальніше див. у стандартах серії EN 62561.

Рекомендовані центри фіксації для цих провідників подано в таблиці Е.1.

Таблиця Е.1 — Рекомендовані центри фіксації

Розміщення	Центри фіксації для стрічкових, гнучких та круглих провідників дворазового волочиння, мм	Центри фіксації для круглих одножильних провідників, мм
Горизонтальні провідники на горизонтальних поверхнях	1 000	1 000
Горизонтальні провідники на вертикальних поверхнях	500	1 000
Вертикальні провідники від землі до 20 м	1 000	1 000
Вертикальні провідники від 20 м і далі	500	1 000

Примітка 1. Цю таблицю не застосовують до кріплень вбудованого типу, які можуть потребувати додаткового розгляду.
Примітка 2. Мають бути враховані умови довкілля (тобто очікуване вітрове обтяження) та може бути потрібно використання центрів фіксації, які відрізняються від рекомендованих.

На невеликих будинках та подібних спорудах з гребенем покрівлі, провідник покрівлі належить установлювати на гребені. Якщо будівля (споруда) перебуває повністю в межах захищеної зони, забезпечуваної провідником на гребені покрівлі, щонайменше два доземних провідники має бути прокладено рубами схилів покрівлі на протилежних кутах будівлі (споруди).

Ринштки на рубях покрівлі можна використовувати як природні провідники за умови, що вони відповідають 5.2.5.

На рисунках Е.22а, Е.22b та Е.22с зображено приклад розміщення провідників на покрівлі та доземних провідників для будівлі (споруди) з похилою покрівлею.

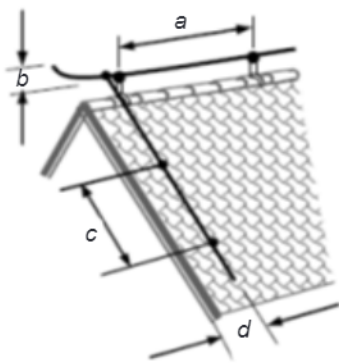


Рисунок Е.22а — Улаштування провідника перехоплення на гребені похилої покрівлі й доземного провідника покрівлі

IEC 2696/10

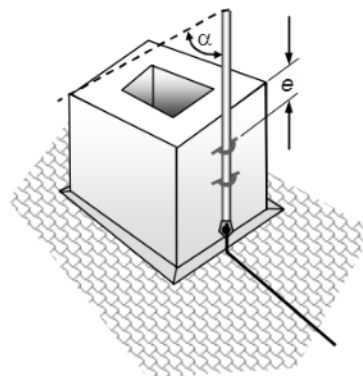


Рисунок Е.22b — Улаштування стрижня перехоплення для захисту димаря за використання проєктного методу захисного кута

IEC 2697/10

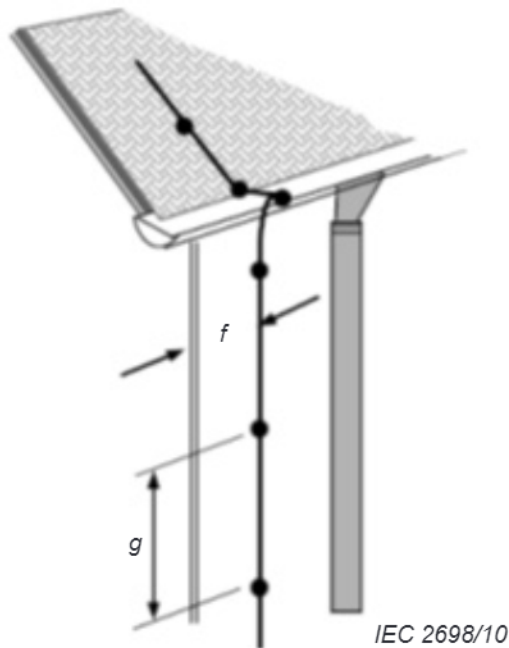


Рисунок Е.22с — Улаштування доземного провідника з приєднанням до ринштока

Приклади придатних розмірів:

a — 1 м;

b — 0,15 м (не обов'язково);

c — 1 м;

d — якомога ближче до краю;

e — 0,2 м;

f — 0,3 м;

g — 1 м;

h — 0,05 м;

i — 0,3 м;

j — 1,5 м;

k — 0,5 м;

α — захисний кут відповідно таблиці 2.

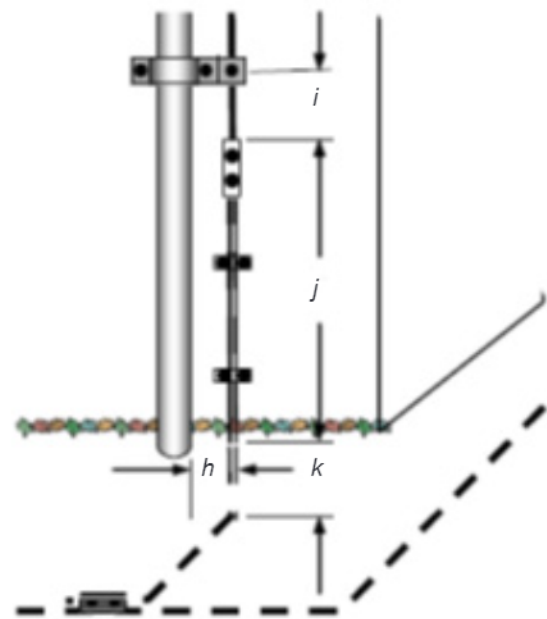
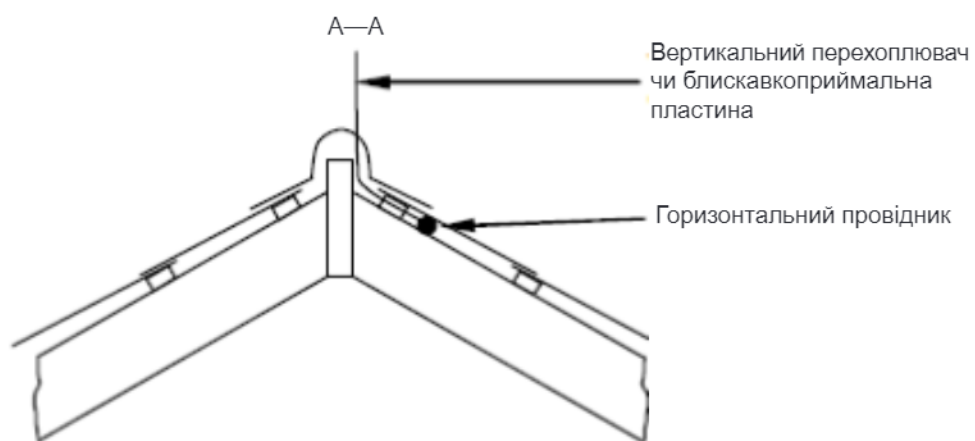
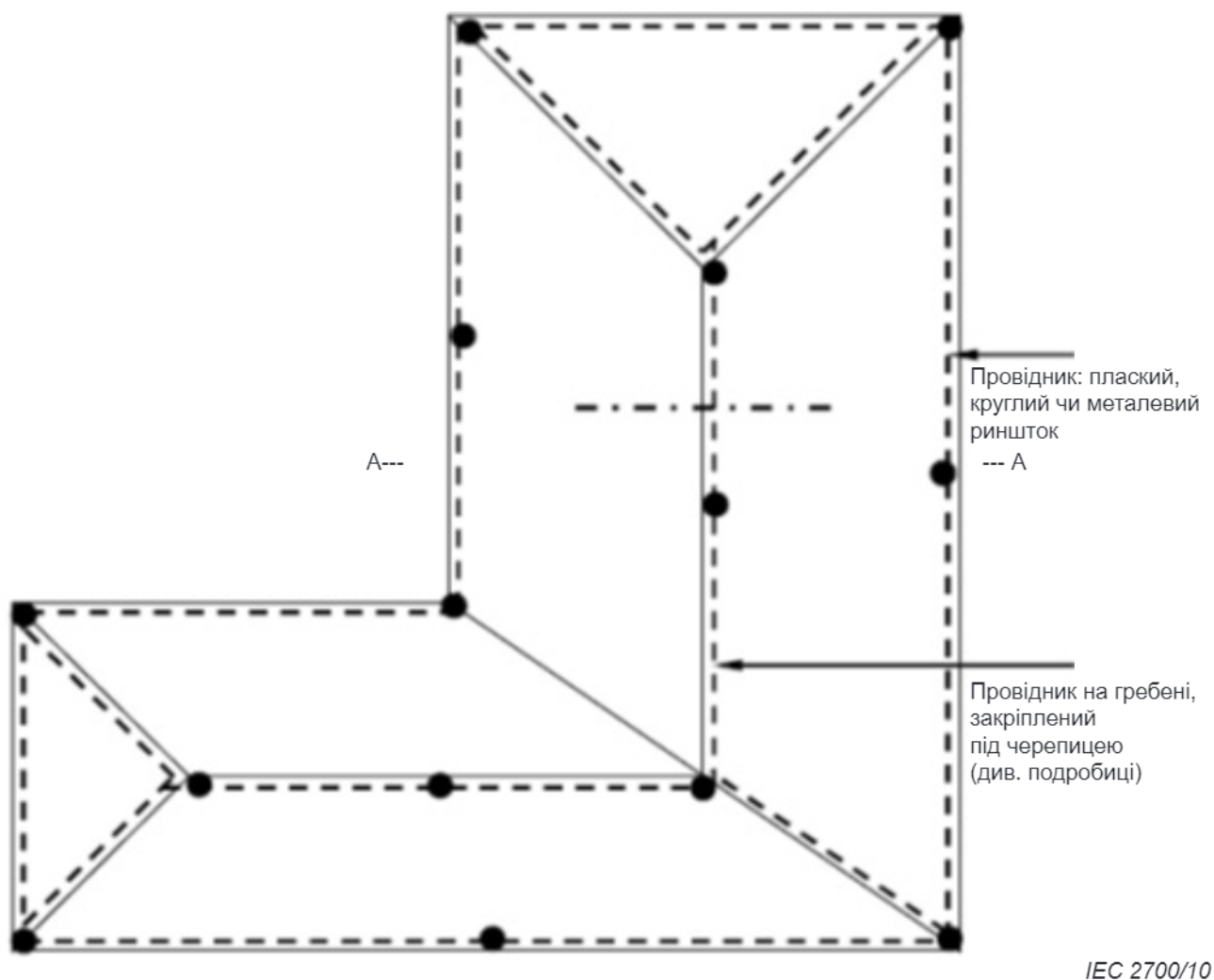


Рисунок Е.22d — Улаштування перевіркового злучника в доземному провіднику та приєднання до ринви

Рисунок Е.22 — Чотири приклади подробиць LPS на будівлі (споруді) з похилою черепичною покрівлею
На рисунку Е.23 показано приклад LPS з прихованими провідниками.



Умовні позначки:

- — прихований провідник.
- — вертикальний перехоплювач (голий вертикальний стрижень 0,3 м заввишки) з коротким (<10 м) кроком чи блискавкоприймальна пластина з кроком <5 м.

Рисунок Е.23 — Перехоплювачі та візуально приховані провідники для будинків до 20 м заввишки з похилими покрівлями

У разі довгих будівель (споруд) додаткові провідники відповідно до таблиці 4 треба приєднати до провідників перехоплення, установлених на гребені покрівлі.

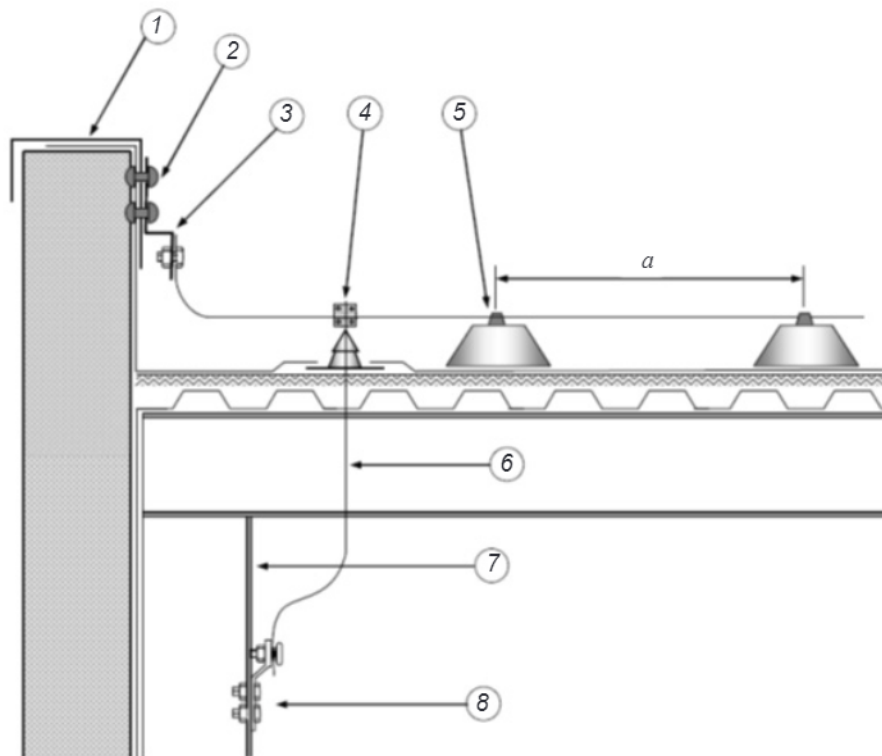
На будівлях з великими причілками провідник на гребені покрівлі необхідно продовжити до іверу гребеня. На краю фронтона покрівлі належить передбачити провідник від провідника на гребені покрівлі до доземного провідника.

Наскільки це практично можливо, провідники перехоплювачів, сполучні провідники й доземні провідники належить прокладати прямими шляхами. На неструмопровідних покрівлях провідник може бути розміщений чи під, або, бажано, над черепицею. Незважаючи на те, що встановлення провідника під черепицею має переваги у вигляді спрощення та меншого ризику корозії, буде краще, якщо є придатні методи кріплення, встановлення його уздовж поверхні черепиці (тобто зовні), так зменшується ризик пошкодження черепиці, коли провідник зазнає прямого удару блискавки. Установлення провідника над черепицею також спрощує його перевірку. Рекомендують, щоби провідники, розміщені під черепицею, були оснащені короткими вертикальними наконечниками, які виступають над рівнем покрівлі та які розміщено не далі ніж 10 м один від одного. Також може бути застосовано відповідні висунені металеві пластини (див. рисунок Е.23) за умови, що їх розміщено не далі ніж 5 м одну від одної.

На будівлях (спорудах) з плоскою покрівлею провідники на периметрі належить встановлювати якомога ближче до зовнішніх рубів покрівлі.

Якщо поверхня покрівлі перевищує розміри сітки, передбачені таблицею 2, належить встановити додаткові провідники перехоплення.

Рисунки Е.22а, Е.22б та Е.22с показують приклади особливостей конструкції кріплень для провідників перехоплення на похилій покрівлі будівлі (споруди). Рисунок Е.24 подає приклад особливостей конструкції кріплень на пласкій покрівлі.



IEC 2701/10

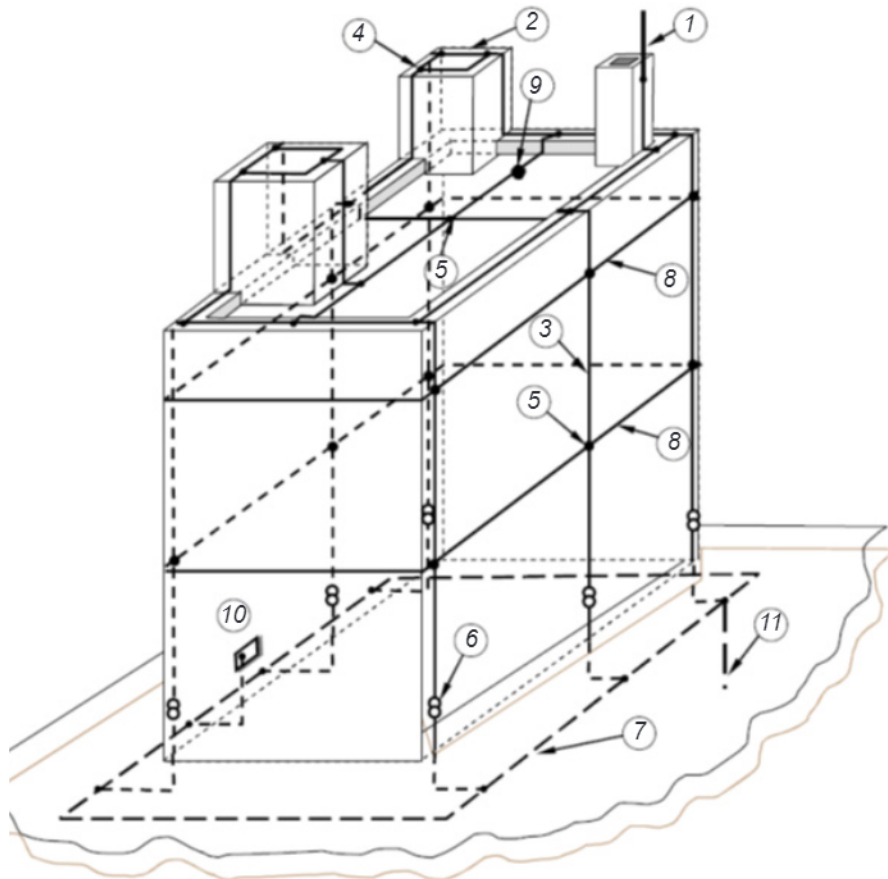
Умовні позначки:

- a — від 500 мм до 1 000 мм, див. таблицю Е.1;
- 1 — парапет покрівлі;
- 2 — злучник;
- 3 — гнучкий провідник;
- 4 — Т-злучник;
- 5 — кріплення провідника перехоплення;
- 6 — проведення LPS водонепроникною втулкою;
- 7 — сталева стійка;
- 8 — злучник.

Примітка. Металеве покриття парапету покрівлі використовують як провідник перехоплення та під'єднують його до сталевій стійки, яку використовують як природний доземний провідник LPS.

Рисунок Е.24 — Конструкція LPS з використанням природних компонентів на покрівлі будівлі (споруди)

Рисунок Е.25 показує розміщення зовнішньої LPS на будівлі (споруді) з плоскою покрівлею з ізоляційного матеріалу, приміром дерева чи цегли. Кріплення на покрівлі перебувають у межах захищеного простору. На високих будівлях (спорудах) кільце, приєднане до всіх доземних провідників, встановлюють на фасаді. Відстані між цими кільцевими провідниками повинні відповідати 5.3.1. Кільцеві провідники нижче рівня радіуса сфери, що котиться, є необхідними як сполучні провідники.



IEC 2702/10

Умовні позначки:

- 1 — стрижень перехоплювача;
- 2 — горизонтальний провідник перехоплення;
- 3 — доземний провідник;
- 4 — Т-злучник;
- 5 — хрестоподібний злучник;
- 6 — перевірковий злучник;
- 7 — уземлення за схемою типу В, кільцевий уземлювальний електрод;
- 8 — кільцевий провідник системи еквіпотенційних сполучень;
- 9 — плоска покрівля з покрівельними кріпленнями;
- 10 — випуск для під'єднання сполучної шини внутрішньої LPS;
- 11 — вертикальний уземлювальний електрод.

Примітка. Застосовують кільце системи еквіпотенційних сполучень. Відстань між доземними провідниками відповідає вимогам таблиці 4.

Рисунок Е.25 — Розміщення зовнішньої LPS на будівлі (споруді), зробленої з ізоляційного матеріалу, приміром дерева чи цегли, до 60 м заввишки з плоскою покрівлею та з покрівельними затисками

Провідники та стрижні LPS належить механічно закріпити та, аби вони були здатні витримати обтяження, пов'язані з вітром чи погодними чинниками та роботами, які проводять на поверхні покрівлі.

Бляху, якою для механічного захисту накривають парапети зовнішніх стін, можна використовувати як природний компонент системи перехоплення відповідно до 5.2.5, за відсутності ризику займання від розтопленого металу. Імовірність займання залежить від типу матеріалу під металевим покриттям. Займистість використовуваного матеріалу повинен зазначити підрядчик.

Гідроізоляцію на металевих покрівлях, а також на покрівлях з інших матеріалів, може бути пробито ударом блискавки. У такому разі вода може проникати та просочуватися через покрівлю в точці, віддаленій від місця удару блискавки. Для усунення такої ймовірності належить встановити систему перехоплювачів.

Світлові бані та клапани відведення диму й тепла зазвичай є закритими. Конструкцію для захисту таких клапанів потрібно обговорити з покупцем/власником будівлі (споруди) для вирішення того, чи захист належить застосовувати для клапанів у відкритому, закритому чи в усіх проміжних положеннях.

Покрівельні покриття зі струмопровідної бляхи, яка не відповідає 5.2.5, можна використовувати як перехоплювачі, якщо топлення у точці удару блискавки може бути прийнятним. Якщо це не є прийнятним, струмопровідне покриття покрівлі належить захистити системою перехоплення достатньої висоти (див. рисунок Е.20 та рисунок Е.26).



Примітка. Сфера, що котиться, не повинна торкатися будь-якої частини металевої покрівлі зі стоячими фалецями включно.

Рисунок Е.26 — Конструкція мережі перехоплення на покрівлі зі струмопровідним покриттям, де проколювання покриття є неприйнятним

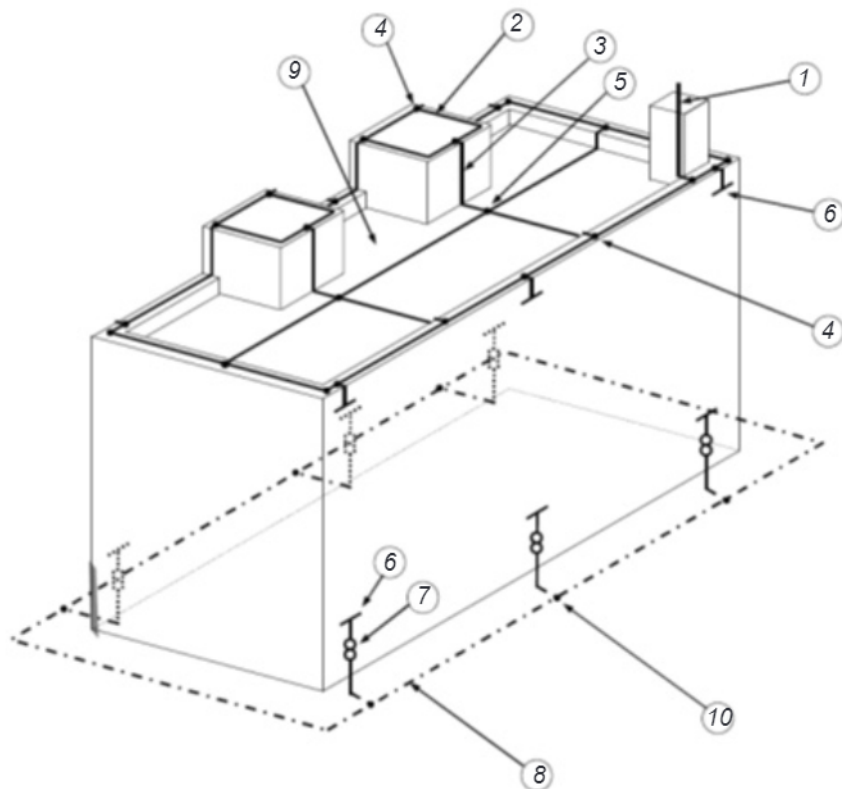
Дозволено як неструмопровідні, так і струмопровідні опори.

За використання струмопровідних опор, з'єднання з бляхою покрівлі повинно витримувати частковий струм блискавки (див. рисунок Е.26).

На рисунку Е.24 показано приклад природного перехоплювача з використанням парапету покрівлі як провідника перехоплювача на рубі ділянки покрівлі.

Приховані та виступні елементи на поверхні покрівлі повинні бути захищеними стрижнями перехоплювачів, чи сторонні металеві частини належить приєднати до LPS, доки вони відповідають 5.2.5.

На рисунку Е.27 показано приклад з'єднання перехоплювача з природним доземним провідником у бетоні.



IEC 2704/10

Умовні позначки:

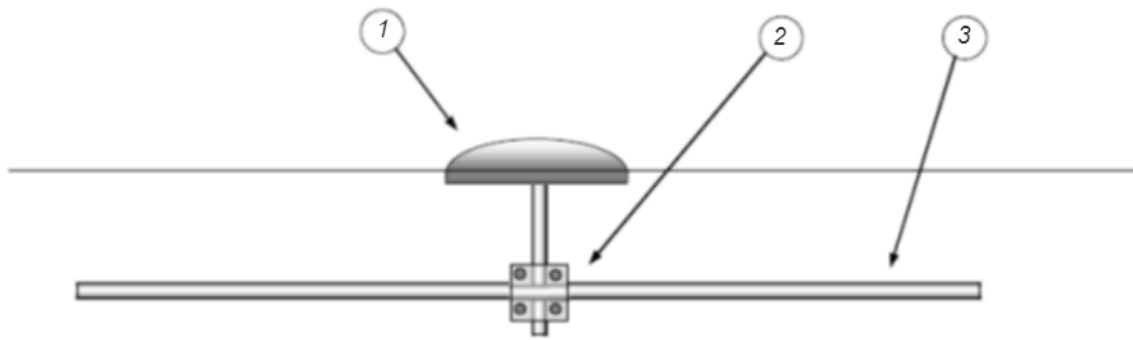
- 1 — стрижень перехоплювача;
- 2 — горизонтальний провідник перехоплювача;
- 3 — доземний провідник;
- 4 — Т-злучник;
- 5 — хрестоподібний злучник;
- 6 — приєднання до сталевих стрижнів риштунку (див. Е.4.3.3 та Е.4.3.6);
- 7 — перевірковий злучник;
- 8 — уземлення за схемою типу В, кільцевий уземлювальний електрод;
- 9 — плоска покрівля з покрівельними кріпленнями;
- 10 — Т-злучник, стійкий до корозії.

Примітка. Сталевий риштунок будівлі (споруди) повинен відповідати 4.3. Усі розміри LPS повинні відповідати вибраному рівню захисту.

Рисунок Е.27 — Конструкція зовнішньої LPS на залізобетонній будівлі (споруді)
з використанням риштунку зовнішніх стін як природних компонентів

Е.5.2.4.2.1 Блискавкозахист покрівлі багаторівневого паркінгу

Для захисту такого типу споруд можна використовувати шапки перехоплювачів. Ці шапки можна приєднувати до сталевих стрижнів бетонної покрівлі (див. рисунок Е.28). У разі покрівель, де з'єднання з риштуном не може бути виконано, провідники покрівлі можна укладати у шви між плитами проїжджої частини, а шапки перехоплювачів може бути розташовано на вузлах сітки. Ширина сітки не повинна перевищувати величини, що відповідає класу захисту, поданому в таблиці 2. У цьому разі люди й транспортні засоби на цій ділянці паркінгу не є захищеними від блискавки.



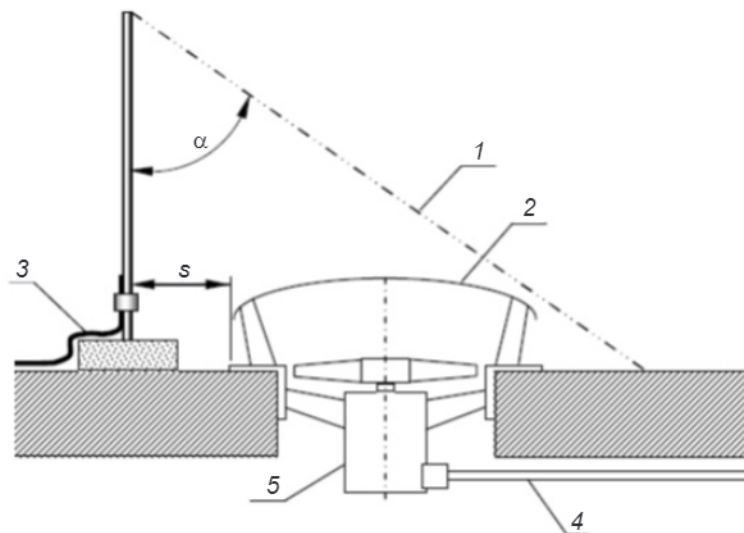
Умовні позначки:

- 1 — шапка перехоплювача;
- 2 — сталевий провідник, приєднаний до кількох стрижнів сталевого риштунку;
- 3 — сталевий риштунок бетону.

IEC 2705/10

Рисунок Е.28 — Приклад шапки перехоплювача, використовуваного на покрівлях автомобільних паркінгів

Якщо належить захистити верхню ділянку паркінгу від прямих ударів блискавки, необхідно застосувати стрижні перехоплювачів та/або почеплені троси перехоплювачів.



Умовні позначки:

- 1 — захисний конус;
- 2 — металевий конструкційний елемент покрівлі;
- 3 — горизонтальний провідник перехоплення;
- 4 — силова лінія електропроводні, найкраще, як укладена до струмопровідного екрана;
- 5 — електроустаткування;
- s — роздільна відстань відповідно до 6.3;
- α — захисний кут, див. таблицю 2.

IEC 2706/10

Примітка. Висота стрижня перехоплювача повинна відповідати таблиці 2.

Рисунок Е.29 — Стрижень перехоплювача, що його використовують для захисту металевої конструкції на покрівлі з електричним силовим устаткуванням, яке не є сполученим із системою перехоплення

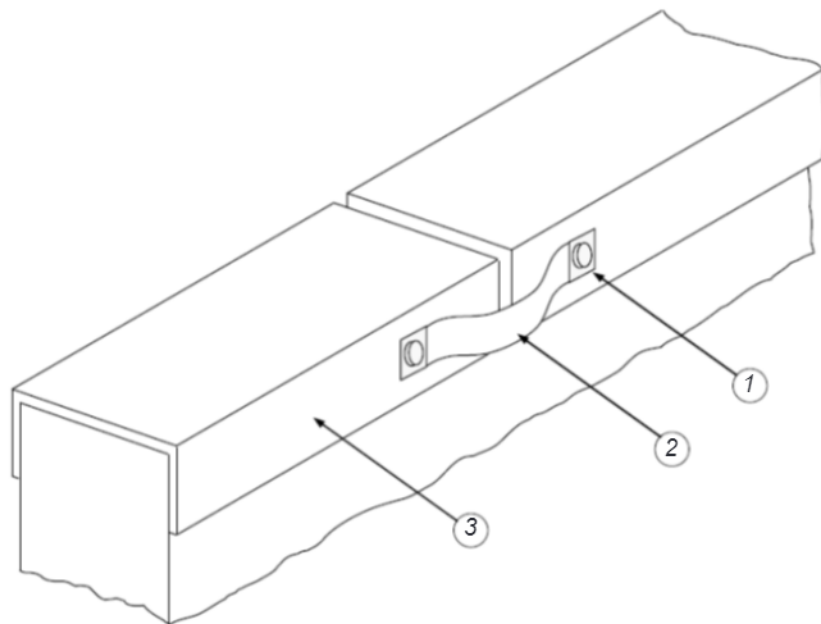
У разі вертикальних провідників треба брати до уваги ділянку, яку може бути досягнуто рукою. Дотримання необхідної роздільної відстані може бути забезпечено встановленням бар'єрів чи огорожувальних тросів.

На входах повинні бути встановлені знаки, які звертають увагу на небезпеку ударів блискавки під час гроз.

Напругами дотику та кроку можна знехтувати, якщо покрівлю вкрито шаром асфальту принаймні у 50 мм завтовшки. Напругою дотику можна також знехтувати, якщо покрівлю виготовлено із залізобетону із взаємопов'язаними сталевими стрижнями з безперервністю, яка відповідає 4.3.

Е.5.2.4.2.2 Залізобетонні споруди, плоскі покрівлі яких не є загальнодоступними

На плоскій покрівлі, яку закрито для загального відвідування та яка охоплює систему перехоплення, провідники перехоплювачів повинні бути встановлені як показано на рисунку Е.27. Для еквівалентного кільцевого провідника на покрівлі можна використовувати металеве покриття парапету покрівлі, як показано на рисунку Е.24 та рисунку Е.30.



IEC 2707/10

Умовні позначки:

- 1 — корозієстійкий злучник;
- 2 — гнучкий провідник;
- 3 — металеве покриття парапету.

Примітка. Особливу увагу належить приділяти відповідному добору матеріалів і доброму проектуванню злучників та сполучних провідників для уникнення корозії.

Рисунок Е.30 — Метод досягнення електричної безперервності на металевому покритті парапету

На рисунку Е.27 показано метод установлення сіткових провідників на покрівлі.

Якщо тимчасове механічне пошкодження водонепроникного шару на покрівлі будівлі (споруди) є прийнятним, сітка перехоплення, що покриває плоску поверхню покрівлі, може бути замінена природними провідниками перехоплювачів, що складаються зі сталевих стрижнів риштунку в бетоні відповідно до 5.2.4. Прийнятною альтернативою є те, щоби провідники перехоплювачів LPS було закріплено безпосередньо на бетонній покрівлі.

Зазвичай спалах блискавки до риштунку бетонної покрівлі пошкоджує водонепроникний шар. Згодом дощова вода може спричинити корозію стрижнів сталевих риштунків, спричинити їхнє пошкодження. Якщо зниження механічної міцності бетону через корозію є неприйнятним, належить передбачити систему перехоплення та найкраще, якщо з'єднану зі сталевим риштунком, запобігаючи прямому спалаху блискавки до бетонної покрівлі.

Металеве покриття, передбачене для механічного захисту зовнішніх стін (облямівки парапету), може бути використано як природний компонент перехоплювача відповідно до 5.2.5 за умови відсутності ризику займання через топлення металу.

Покрівельні покриття зі струмопровідної бляхи, які не відповідають таблиці 3, можна використовувати як провідники перехоплювачів, якщо топлення в точці удару блискавки може бути прийнятним. Якщо ні, струмопровідне покрівельне покриття повинне бути захищено системою перехоплювачів достатньої висоти (див. рисунки Е.20 та Е.26). У цьому разі належить застосувати метод сфери, що котиться.

Аби вдовольнити вимоги цього методу, розмір сітки повинний бути меншим, а опори вищими, ніж ті, які використовують для звичайної сіткової системи перехоплювачів.

За використання струмопровідних опор з'єднання з бляхою покрівлі повинно витримувати частковий струм блискавки.

На рисунку Е.24 показано приклад природного перехоплювача з використанням парапету покрівлі як провідника перехоплювача на рубі ділянки покрівлі.

Якщо є припустимим, щоб траплялося тимчасове пошкодження фасаду й падіння уламків до 100 мм розтщеного бетону з будівлі (споруди), 5.2 дозволяє заміну кільцевого провідника на покрівлі природним кільцевим провідником, який складається зі сталевих риштунку в бетоні.

Однак металеві деталі, які не відповідають вимогам до перехоплювачів, зазначених у 5.2.5, можна використовувати для приєднання різних частин, які проводять струм блискавки, у межах ділянки покрівлі.

Е.5.2.4.2.3 Забезпечення достатнього екранування будівлі (споруди)

Зовнішні стіни та покрівлю будівлі (споруди) можна використовувати як електромагнетний екран для захисту обладнання електроживлення та обробки даних, що перебувають у будівлі (споруді) (див. додаток В EN 62305-2:2012 та EN 62305-4).

На рисунку Е.27 наведено приклад залізобетонної споруди з використанням взаємно сполученого сталевих риштунку як доземних провідників та як електромагнетного екрана замкнутого простору. Подробиці див. в EN 62305-4.

У межах ділянки системи перехоплення на покрівлі усі струмопровідні частини, у яких хоча б один розмір перевищує 1 м, повинні бути сполучені між собою для утворення сітки. Сітковий екран належить приєднати до системи перехоплювачів на рубі покрівлі, а також в інших точках у межах площі покрівлі відповідно до 6.2.

На рисунках Е.24 та Е.30 показано конструкцію перехоплювачів на будівлях (спорудах) зі струмопровідними каркасами з використанням парапету покрівлі як природного перехоплювача, а сталевих каркасу як природних доземних провідників.

На рисунку Е.30 наведено приклад забезпечення електричної безперервності природних компонентів у LPS.

Завдяки зменшеному розміру сітки сталевих конструкцій порівняно з таблицею 2, струм блискавки розподіляється на кілька паралельних провідників, що призводить до зменшення електромагнетного імпедансу, а отже, відповідно до 6.3, роздільчі відстані зменшуються та відпадає потреба в дотриманні роздільчої відстані між устаткуванням та LPS.

У більшості будівель (споруд) покрівля є наймеш екранованою частиною споруди. Тому особливу увагу належить приділити поліпшенню ефективності екранувальної дії конструкцій покрівлі.

Якщо немає струмопровідних елементів, вбудованих до покрівлі, екранування можна покращити за рахунок зменшення відстані між провідниками на покрівлі.

Е.5.2.4.2.4 Захист прихованих чи виступних конструкційних елементів покрівлі

Стрижні перехоплювачів для захисту металевих прихованих (заглиблених) конструкційних елементів покрівлі чи виступних конструкційних елементів покрівлі повинні бути такої висоти, щоб елемент, який підлягає захисту, перебував повністю в межах захищеного простору стрижня перехоплювача — за методом сфери, що котиться, чи повністю всередині конуса захисного кута відповідно до таблиці 2. Роздільча відстань між стрижнями перехоплювачів та надбудовами покрівлі повинна задовільняти вимоги 6.3 щодо зближення.

На рисунку Е.29 показано приклад захисту конструкційного елемента покрівлі стрижнями перехоплювачів з використанням проектного методу захисного кута. Величина захисного кута повинна відповідати рівню захисту LPS, передбаченому в таблиці 2.

Металеві надбудови покрівлі, не захищені стрижнями перехоплювачів, не потребують додаткового захисту, якщо їхні розміри не перевищують усіх з таких значень:

- висота над рівнем покрівлі 0,3 м;
- сумарна площа елемента покрівлі $1,0 \text{ м}^2$;
- довжина елемента покрівлі 2,0 м.

Металеві приховані (заглиблені) конструкційні елементи покрівлі, що не відповідають цим вимогам та вимогам щодо роздільчої відстані відповідно до 6.3, належить сполучити з системою перехоплювачів принаймні одним сполучним провідником.

Неструмопровідні надбудови покрівлі, які не перебувають у межах зони захисту стрижнів перехоплювачів та не виступають понад 0,5 м над поверхнею, утвореною системою перехоплювачів, не потребують додаткового захисту провідниками перехоплювачів.

Струмопровідні елементи, такі як електричні дроти чи металеві труби, які простягаються від приховано змонтованих конструкційних елементів покрівлі до середини будинку, можуть проводити значну частину струму блискавки досередини будинку. Там, де є такі струмопровідні з'єднання, виступні елементи на поверхні покрівлі повинні бути захищені системою перехоплювачів. Якщо захист за допомогою системи перехоплювачів є неможливий чи економічно недоцільний, у струмопровідних елементах може бути встановлено ізольовані частини, довжина яких щонайменше удвічі більша заданої роздільної відстані (приміром, трубопроводи стисненого повітря).

Димарі з неструмопровідного матеріалу належить захистити за допомогою стрижнів чи кілець перехоплювачів, якщо вони перебувають поза зоною захисту системи перехоплювачів. Стрижень перехоплювача на димарі повинен бути такої висоти, щоби весь димар перебував у зоні захисту стрижня.

Влучання блискавки в неструмопровідний димар є можливим, коли димар не перебуває в зоні захисту системи перехоплювачів, через те, що внутрішню поверхню димаря вкрито осіданням сажі, яка є струмопровідною, так що навіть за відсутності дощу вона здатна проводити струм стримерної виснаги великої довжини.

На рисунку Е.22b показано конструкцію стрижня перехоплювача на димарі з ізоляційної цегли.

Е.5.2.4.2.5 Захист конструкційних елементів покрівлі, які містять електричне устаткування чи обладнання для оброблення інформації

Усі надбудови покрівлі з неструмопровідного чи струмопровідного матеріалу, які містять електричне устаткування та/чи обладнання для оброблення інформації, повинні перебувати в зоні захисту системи перехоплювачів.

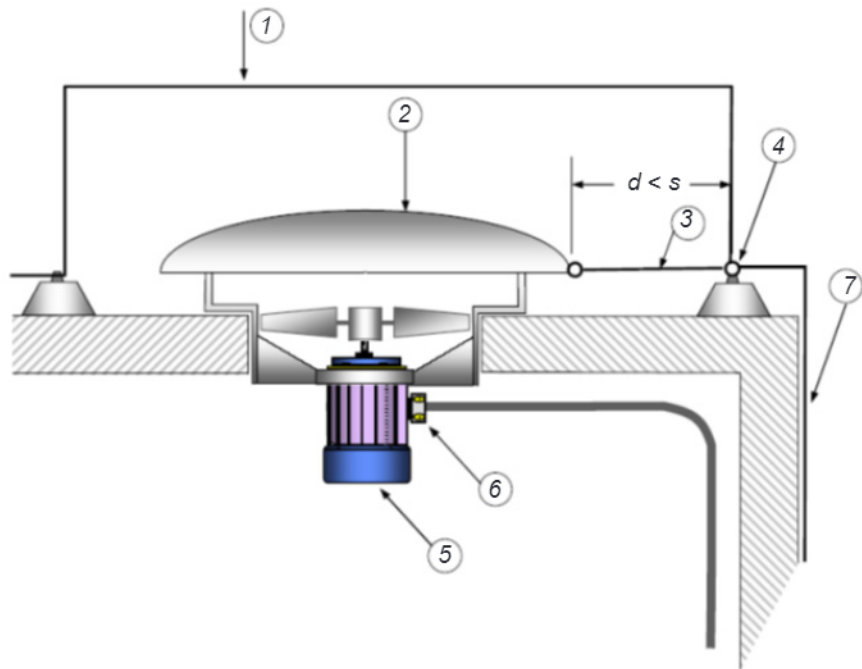
Прямий спалах до обладнання, встановленого в зоні захисту системи перехоплювачів, є мало-ймовірним.

Прямий спалах до надбудови покрівлі може призвести не лише до її руйнування, а також здатен спричинити значні пошкодження під'єданого електричного та електронного устаткування не лише в надбудові покрівлі, але й усередині будинку.

Надбудови покрівлі на сталевих будівлях (спорудах) повинні також перебувати в зоні захисту системи перехоплювачів. У цьому разі виступні провідники перехоплювачів належить сполучити не лише із системою перехоплювачів, а й безпосередньо зі сталевою конструкцією, якщо це можливо. За сполучення зі сталевою конструкцією вони не є обов'язковими, щоби забезпечувати роздільну відстань.

Вимоги до надбудов покрівлі потрібно також застосовувати до елементів, встановлених на вертикальних поверхнях, у які може вдарити блискавка, тобто тих, яких може торкатися сфера, що котиться.

Рисунки Е.29 та Е.31 містять приклади конструкцій системи перехоплювачів, які захищають ті надбудови покрівлі зі струмопровідного та ізоляційного матеріалів, які містять електричне устаткування. Рисунок Е.31 є прийнятним лише за неможливості дотримання роздільної відстані s .



IEC 2708/10

Умовні позначки:

- 1 — провідник перехоплювача;
- 2 — металева кришка;
- 3 — еквіпотенційний провідник;
- 4 — горизонтальний провідник перехоплювача;
- 5 — електроустаткування;
- 6 — розподільник електроживлення із SPD;
- 7 — доземний провідник.

Примітка. Закрите електроустаткування сполучається із системою перехоплювачів відповідно до Е.5.2.4.2.6 металевим екраном кабелю, який здатен витримувати значну частину струму блискавки.

Рисунок Е.31 — Металева надбудова покрівлі, захищена від прямого влучання блискавки, яка є під'єднаною до системи перехоплювачів

Примітка. Якщо металеві конструкції потребують додаткового захисту, на позначці покрівлі можуть бути встановлені SPD на активних кабелях, під'єднаних до них.

Необхідної роздільної відстані належить дотримувати не лише у повітрі, а й на шляху крізь твердий матеріал ($k_m = 0,5$).

Е.5.2.4.2.6 Електроустаткування, що виходить за межі захищеної зони

Антену на покрівлі будівлі (споруди) необхідно захистити від прямих спалахів блискавки, установлюючи антену в уже захищеному просторі.

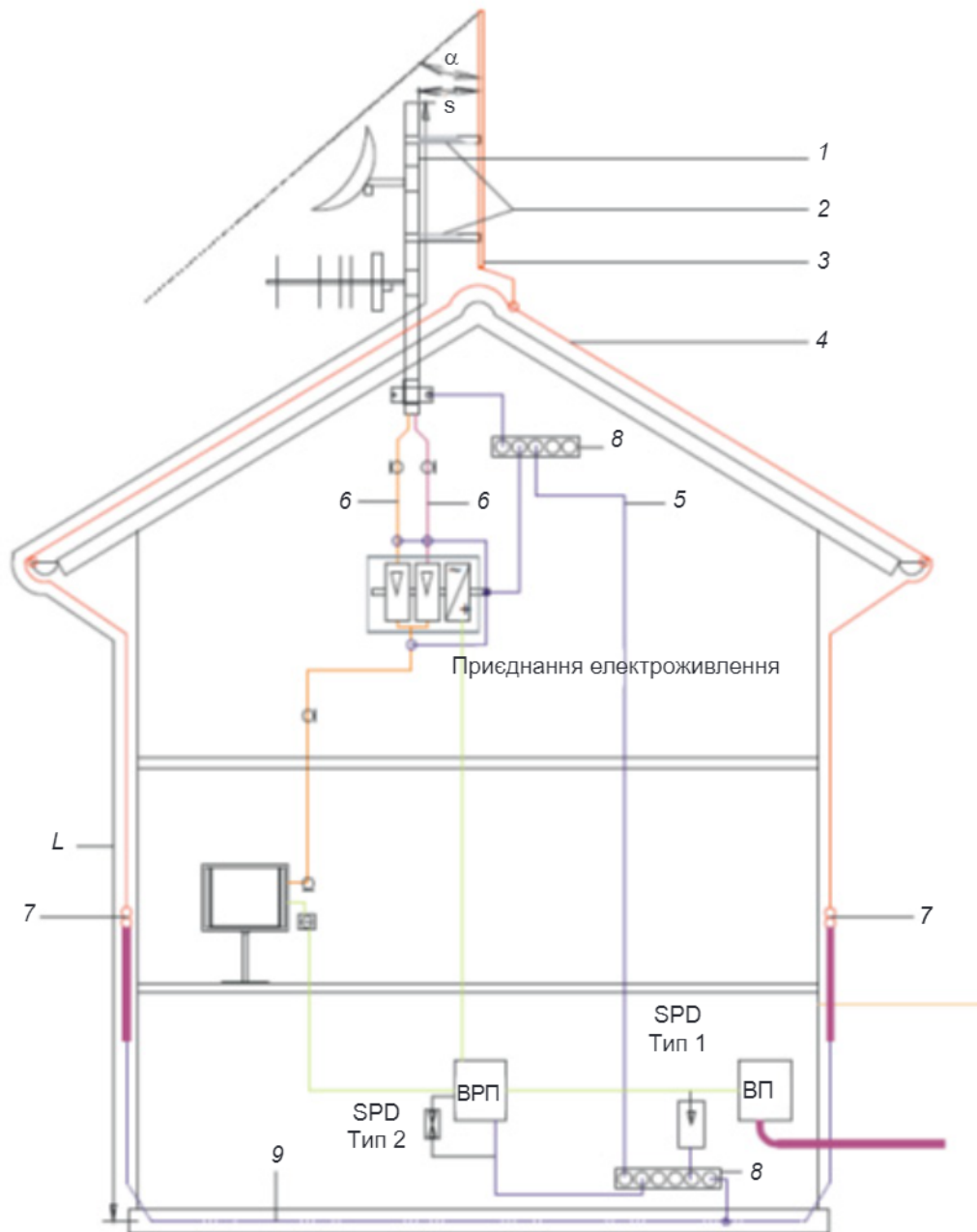
Антенна повинна бути вбудованою до LPS (див. також IEC 60728-11 [6]).

Може бути використана ізольована зовнішня LPS (див. рисунок Е.32а) чи неізольована зовнішня LPS (див. рисунок Е.32б)

В останньому випадку щоглу антени належить сполучити із системою перехоплювачів. Тоді часткові струми блискавок розглядатимуть як такі, що перебувають усередині захищеної будівлі (споруди). Бажано, аби кабель антени входив до будівлі (споруди) спільним вхідним отвором для всіх послуг чи поруч з головною сполучною шиною LPS. Струмопровідну оболонку кабелю антени належить сполучити із системою перехоплювачів на позначці покрівлі та з головною сполучною шиною.

Надбудови покрівлі, що містять електричне обладнання, та для яких роздільну відстань не може бути забезпечено, належить сполучити із системою перехоплювачів та струмопровідними елементами покрівлі й струмопровідним екраном електричного обладнання відповідно до таблиці 9.

Рисунок Е.31 є прикладом методу сполучення надбудови покрівлі, який має струмопровідні частини, до електричного устаткування та до системи перехоплювачів будівлі (споруди).

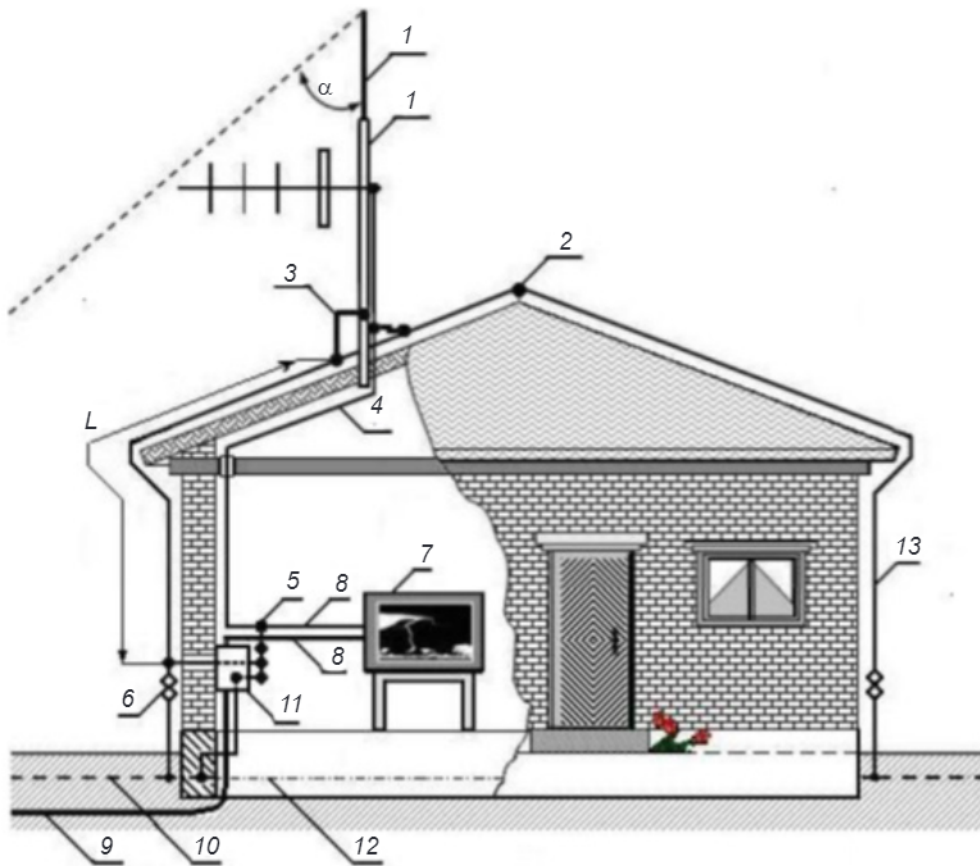


IEC 2709/10

Умовні позначки:

- 1 — металева щогла;
- 2 — ізолятор;
- 3 — стрижень перехоплювача;
- 4 — провідник перехоплювача;
- 5 — сполучний провідник;
- 6 — кабель антени;
- 7 — перевірковий злучник;
- 8 — сполучна шина;
- 9 — фундаментний уземлювальний електрод;
- α — захисний кут;
- s — роздільча відстань;
- L — довжина для оцінювання роздільчої відстані;
- ВП — ввідний пристрій;
- ВРП — ввідно-розподільчий пристрій.

Рисунок Е.32а — Захист щогли телевізійної антени та самої антени ізольованими перехоплювачами, спроектованими за методом захисного кута



IEC 2710/10

Умовні позначки:

- 1 — металева щогла;
- 2 — горизонтальний провідник перехоплювача на гребені покрівлі;
- 3 — сполучення між покрівельним доземним провідником і металевою щоглою антени;
- 4 — кабель антени;
- 5 — головна сполучна шина; металевий екран кабелю антени, під'єднаний до головної сполучної шини;
- 6 — перевірковий злучник;
- 7 — телевізор;
- 8 — паралельне прокладення кабелю антени та живильного кабелю;
- 9 — кабель живлення;
- 10 — система земляного закінчення;
- 11 — головний розподільник із SPD;
- 12 — фундаментний уземлювальний електрод;
- 13 — провідник LPS;
- α — захисний кут;
- L — довжина для оцінювання роздільної відстані.

Примітка. Для невеликих будівель (споруд) може бути достатньо лише два доземних провідники відповідно до 5.3.3.

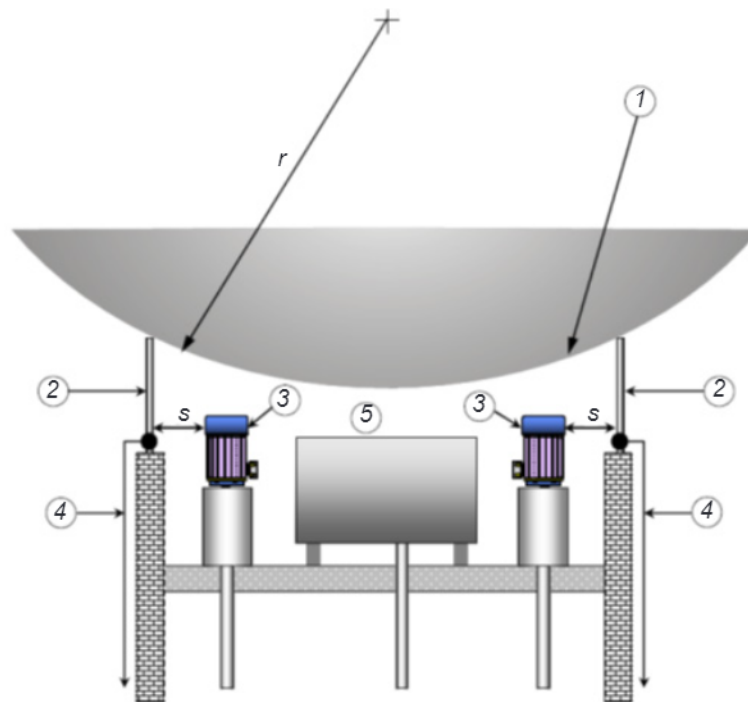
Рисунок Е.32b — Телевізійна антена, щогла якої править за стрижень перехоплювача

Рисунок Е.32 — Приклади блискавкозахисту будинку з телевізійною антеною

Е.5.2.4.2.7 Захист струмопровідних частин на покрівлі

Струмопровідні елементи встановлені на покрівлях, приміром ті, що мають недостатню товщину стінок та які не здатні витримувати ударів блискавки, а також струмопровідні покрівельні матеріали чи інші частини на будівлях (спорудах), які не відповідають вимогам до природних систем перехоплення відповідно до 5.2.5 та таблиці 3 та для яких влучання спалахів блискавки є неприйнятним, необхідно захистити за допомогою провідників перехоплювачів.

Для проєктування захисту від блискавки струмопровідних частин на покрівлі належить застосувати проєктний метод сфери, що котиться (див. рисунок Е.33).



IEC 2711/10

Умовні позначки:

- 1 — сфера, що котиться;
- 2 — стрижень перехоплювача;
- 3 — електроустановка;
- 4 — доземний провідник;
- 5 — металевий резервуар;
- r — радіус сфери, що котиться, див. таблицю 2;
- s — роздільна відстань відповідно до 6.3.

Рисунок Е.33 — Улаштування блискавкозахисту металевого обладнання на покрівлі проти прямого спалаху блискавки

Рисунок Е.31 є прикладом конструкції системи перехоплювачів, що забезпечує захист струмопровідної конструкції на покрівлі від прямого спалаху блискавки за неможливості дотримання роздільної відстані s .

Е.5.2.4.2.8 Захист будівель (споруд), вкритих ґрунтом

Для будівель (споруд), заглиблених у шар ґрунту на покрівлі, та в яких люди перебувають не часто, можна використовувати звичайну LPS. Треба, щоби система перехоплення була сітковою типу і її було розміщено поверх ґрунту, чи можна використовувати певну кількість стрижнів перехоплювачів згідно з методом сфери, що котиться, чи методу захисного кута, з'єднаних заглибленою сіткою. Якщо це неможливо, тоді належить визнати, що заглиблена сіткова система перехоплення без стрижнів або наконечників забезпечуватиме знижену ефективність перехоплення.

Для будівель (споруд) з шаром ґрунту на покрівлі до 0,5 м завтовшки, де регулярно перебувають люди, треба використовувати сіткову систему перехоплення з розміром комірок 5 м × 5 м для запобігання небезпечним кроковим напругам. Для захисту людей на землі від прямих ударів блискавки також можуть бути необхідними стрижні перехоплювачів згідно з методом сфери, що котиться. Ці стрижні можна замінити природними компонентами перехоплювачів, такими як паркани, щогли освітлення тощо. Треба, щоби висота систем перехоплення враховувала умову щодо зросту людини у 2,5 м з доданням необхідних роздільних відстаней (див. також рисунок Е.3).

Якщо жодне із зазначеного не є можливим, треба повідомити людей про те, що під час грози вони можуть потрапити під прямий спалах блискавки.

Для підземних будівель (споруд) з шаром ґрунту на покрівлі понад 0,5 м завтовшки запобіжні заходи перебувають на стадії розгляду. До виконання досліджень рекомендують використовувати ті самі заходи, що й для шарів ґрунту до 0,5 м завтовшки.

Для підземних будівель (споруд), які містять вибухові матеріали, вимагають встановлювати додаткову LPS. Така додаткова LPS може бути ізольованою LPS над будівлею (спорудою). Потрібно, щоби системи уземлення обох цих заходів захисту були взаємопов'язаними.

Е.5.2.5 Природні компоненти

На будівлях (спорудах) з плоскими покрівлями металеве покриття парапету покрівлі є типовим природним компонентом мережі перехоплювачів LPS. Таке покриття складається з екструдованих чи гнутих частин з алюмінію, цинкованої сталі чи міді П-подібної форми, які захищають верхню поверхню парапету покрівлі від впливу погодних умов. Потрібно, щоби товщина покриття для такого застосування відповідала вимогам щодо мінімальної товщини, наведеним у таблиці 3.

Провідники перехоплювачів, провідники на поверхні покрівлі та доземні провідники необхідно сполучити з покриттям парапету покрівлі.

На стиках між секціями покриття парапету необхідно встановити струмопровідні сполучники, якщо між ними немає доброї надійної безперервності.

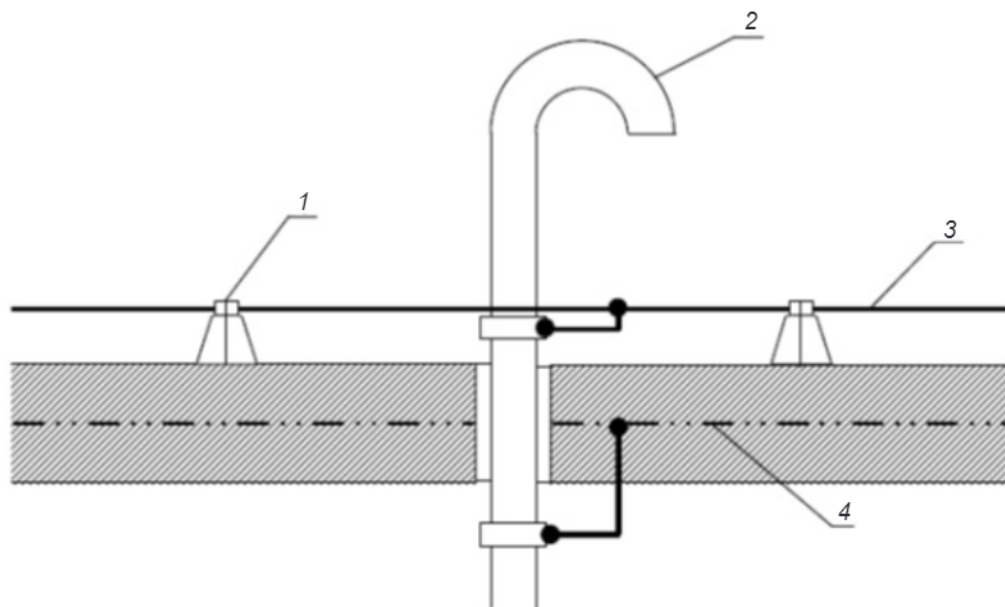
Рисунок Е.24 є прикладом конструкції системи перехоплювачів з використанням струмопровідного покриття парапету як природного провідника системи перехоплювачів LPS.

Струмопровідні частини, такі як металеві посудини, системи металевих трубопроводів та поручні, які встановлені на покрівлі чи виступають над поверхнею покрівлі, можна розглядати як природні компоненти системи перехоплювачів за умови, що товщина їхніх стінок відповідає таблиці 3.

Не потрібно використовувати як природні перехоплювачі посудини й системи трубопроводів, які містять гази чи рідини під високим тиском або займисті гази чи рідини. Якщо цього не можна уникнути, належить під час проектування системи трубопроводів брати до уваги термічну дію струму блискавки.

Струмопровідні частини над поверхнею покрівлі, як от металеві посудини, часто є з'єднаними природним чином з устаткуванням, встановленим усередині будівлі (споруди). Щоби запобігти проведенню повного струму блискавки крізь будівлю (споруду), належить забезпечити добре з'єднання між такими природними компонентами LPS та сіткою перехоплювачів.

Рисунок Е.34 є прикладом з'єднання струмопровідних елементів на покрівлі будівлі (споруди) з провідниками перехоплювачів.



Умовні позначки:

- 1 — тримач провідника перехоплювача;
- 2 — металева труба;
- 3 — горизонтальний провідник перехоплювача;
- 4 — сталевий риштунок у бетоні.

IEC 2712/10

Примітка 1. Треба, щоби сталеві труби відповідали 5.2.5 та таблиці 6, сполучний провідник відповідав таблиці 6, а риштунок відповідав 4.3. З'єднання на покрівлі мають бути водонепроникними.

Примітка 2. У цьому окремому випадку забезпечують сполучення з риштунок залізобетонної будівлі (споруди).

Рисунок Е.34 — Приєднання природного стрижня перехоплення до провідника перехоплення

Струмопровідні частини над поверхнею покрівлі, як от металеві посудини й сталеві стрижні риштунку в бетоні, належить сполучити з мережею перехоплювачів.

Якщо прямий удар блискавки у струмопровідну частину на покрівлі є неприйнятним, треба встановлювати таку струмопровідну частину в межах захищеного простору системи перехоплювачів.

Струмопровідні покриття на фасадах та подібні до них частини будівлі (споруди), де ризик пожежі є незначним, належить розглядати відповідно до 5.2.5.

Рисунок Е.35 показує приклад встановлення струмопровідних сполучників між металевими плитами фасаду, що є прийнятним у тих випадках, коли плити правлять за природні доземні провідники. Показано два методи: сполучення гнучкою металевою стрічкою та сполучення саморізами.



Рисунок Е.35а — Сполучення гнучкою металевою стрічкою

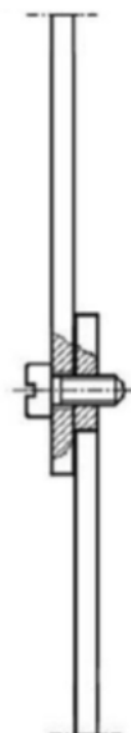


Рисунок Е.35b — Сполучення саморізами

IEC 2713/10

Примітка. Електропровідне сполучення поліпшує, зокрема, захист від LEMP. Детальнішу інформацію щодо захисту від LEMP можна знайти в EN 62305-4.

Рисунок Е.35 — Конструкція сполучень між сегментами металевих фасадних плит

Е.5.2.6 Ізольована система перехоплювачів

Щогли перехоплювачів поблизу будівель (споруд) чи поблизу устаткування, які підлягають захисту, призначені для того, щоби мінімізувати можливість ударів блискавки до будівель (споруд) у межах їхньої зони захисту, коли встановлено ізольовану LPS.

Якщо встановлено понад одну щоглу, їх можна сполучити між собою за допомогою повітряних провідників, та потрібно, щоби відстань між устаткуванням та LPS відповідала 6.3.

Повітряні сполучні провідники між щоглами розширюють захищену зону, а також розподіляють струм блискавки між кількома шляхами доземних провідників. Падіння напруги уздовж LPS та електромагнетні завади у просторі, який належить захистити, є внаслідок цього нижчими, ніж у випадку, коли повітряних провідників немає.

Напруженість електромагнетного поля в будівлі (споруді) знижується зі збільшенням відстані між устаткуванням у будівлі (споруді) та LPS. Ізольована LPS може також бути застосована до будівлі (споруди) із залізобетону, що дозволить додатково поліпшити електромагнетне екранування. Однак для високих будівель (споруд) встановлення ізольованої LPS є непрактичним.

Ізольовані системи перехоплювачів з натягнених проводів на ізоляційних опорах можуть бути придатними, якщо належить захистити значну кількість виступних елементів на поверхні покрівлі. Треба, щоб ізоляція опор була достатньою для напруги, вирахованої з роздільної відстані відповідно до 6.3.

Примітка. Умови довкілля (забруднення) можуть зменшити пробивну напругу повітря; це належить брати до уваги, визначаючи необхідну роздільну відстань між ізолюваною системою перехоплювачів та будівлею (спорудою).

Е.5.3 Система доземних провідників

Е.5.3.1 Загальні положення

Вибір кількості та розміщення доземних провідників необхідно виконувати з урахуванням того, що за умови розподілення струму блискавки між кількома доземними провідниками ризик бічного іскріння та електромагнетних завад усередині будівлі (споруди) зменшується. Звідси випливає, що, наскільки це можливо, належить розміщувати доземні провідники рівномірно периметром будівлі (споруди) та у симетричній конфігурації.

Розподілення струму поліпшується не лише збільшенням кількості доземних провідників, а також еквіпотенційними сполучними кільцями.

Доземні провідники належить розміщувати якнайдалі від внутрішньої електропроводні та металевих частин, аби уникнути необхідності еквіпотенційного сполучення з LPS.

Належить згадати, що:

- доземні провідники мають бути якомога коротшими (аби тримати індуктивність якомога меншою),
- типову відстань між доземними провідниками показано в таблиці 4,
- геометрія доземних провідників та еквіпотенційних сполучних кілець впливають на величину роздільної відстані (див. 6.3),
- у консольних будівлях (спорудах) роздільну відстань також належить оцінити на предмет ризику бічного удару в людей (див. Е.4.2.4.2).

Якщо неможливо розмістити доземні провідники на фасаді чи частині фасаду будинку через практичні чи архітектурні обмеження, доземні провідники, які мали міститися на тому фасаді, належить розмістити як додаткові компенсаційні доземні провідники на інших фасадах. Треба, щоб відстань між цими доземними провідниками була не меншою, ніж третина відстані відповідно до таблиці 4.

Варіація кроку доземних провідників у $\pm 20\%$ є прийнятною, доки середня відстань відповідає таблиці 4.

У закритих дворах периметром понад 30 м належить встановити доземні провідники. Типові значення кроку доземних провідників подано в таблиці 4.

Е.5.3.2 Кількість доземних провідників для ізолюваної LPS

Додаткової інформації немає.

Е.5.3.3 Кількість доземних провідників для неізолюваної LPS

Як зазначено у 5.3.3, доземний провідник необхідно встановити на кожному відкритому куті будівлі (споруди), де це можливо. Однак відкритий кут може не потребувати встановлення на ньому доземного провідника, якщо відстань від цього кута до найближчого доземного провідника відповідає таким умовам:

- відстань до обох суміжних доземних провідників становить половину відстані відповідно до таблиці 4 чи є меншою; або
- відстань до одного суміжного доземного провідника становить одну чверть відстані відповідно до таблиці 4 чи менше.

Внутрішніми кутами можна знехтувати.

Е.5.3.4 Спорудження

Е.5.3.4.1 Загальна інформація

Між системою перехоплювачів та системою земляного закінчення належить встановити зовнішні доземні провідники. За наявності природних компонентів вони можуть правити за доземний провідник.

Якщо роздільна відстань між доземними провідниками й внутрішнім устаткуванням, вирахована на основі кроку доземних провідників, який відповідає таблиці 4, є занадто великою, кількість доземних провідників належить збільшити для досягнення необхідної роздільної відстані.

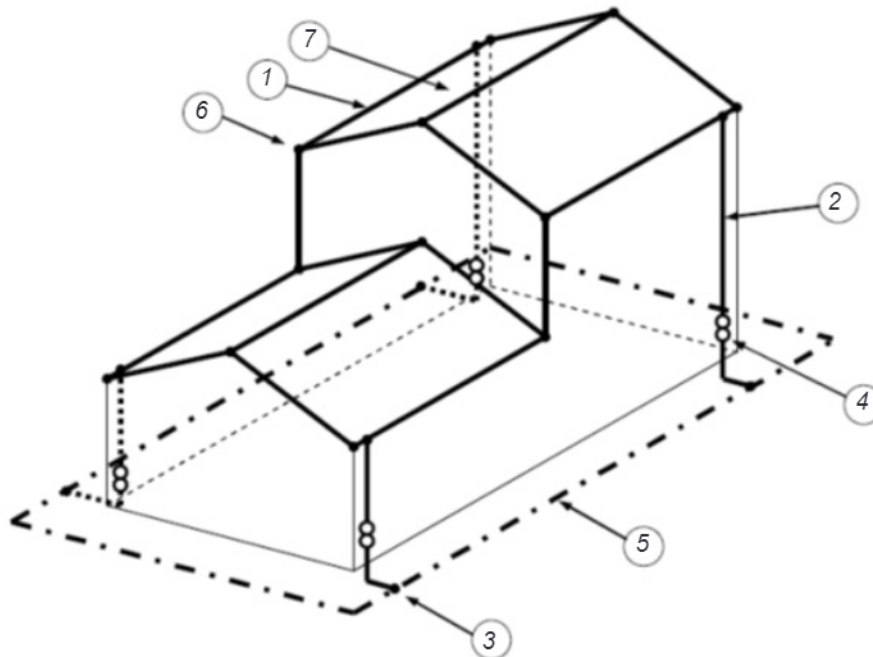
Системи перехоплення, системи доземних провідників та системи земляного закінчення потрібно узгодити між собою для створення найкоротшого можливого шляху проходження струму блискавки.

Бажано, щоб доземні провідники було під'єднано до злучників мережі системи перехоплювачів та щоб вони проходили вертикально до злучників мережі системи земляного закінчення.

Якщо неможливо виконати прямого з'єднання через великі звали покрівлі тощо, належить зробити спеціальне з'єднання із системою перехоплення та доземними провідниками й не вести його природними компонентами, такими як риншоти тощо.

Якщо належить брати до уваги естетичний вигляд, дозволяють використовувати тонкий шар захисної фарби чи ПВХ для покриття зовнішніх доземних провідників.

Рисунок Е.36 є прикладом зовнішньої LPS для будівлі (споруди) з різними рівнями покрівлі, а рисунок Е.25 є прикладом зовнішньої LPS на будівлі (споруді) 60 метрів заввишки з плоскою покрівлею та з конструкціями на покрівлі.



Умовні позначки:

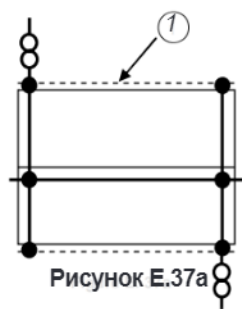
- 1 — горизонтальний провідник перехоплювача;
- 2 — доземний провідник;
- 3 — Т-злучник, стійкий до корозії;
- 4 — перевірковий злучник;
- 5 — уземлення типу розміщення В, кільцевий уземлювальний електрод;
- 6 — Т-злучник на гребені покрівлі;
- 7 — розмір комірки сітки.

IEC 2714/10

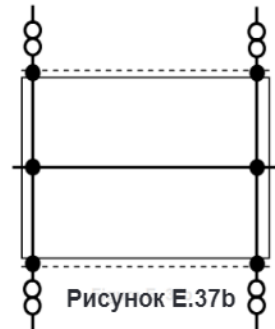
Примітка. Крок доземних провідників має відповідати 5.2, 5.3 та таблиці 4.

Рисунок Е.36 — Улаштування зовнішньої LPS на будівлі (споруді) з ізоляційного матеріалу з різними рівнями покрівлі

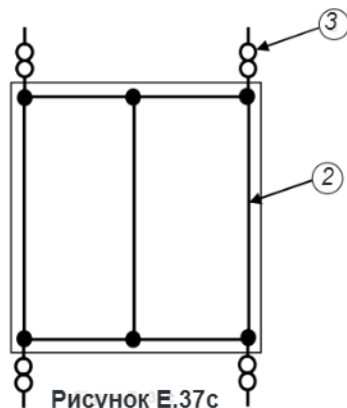
У тих будівлях (спорудах), де немає безперервних струмопровідних частин, струм блискавки проходить лише звичайною системою доземних провідників LPS. З цієї причини геометрія доземних провідників визначає електромагнетні поля всередині будівлі (споруди) (див. рисунок Е.37).



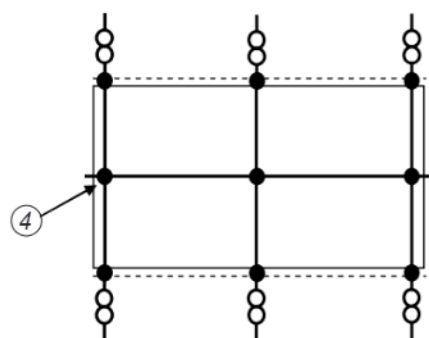
IEC 2715/10



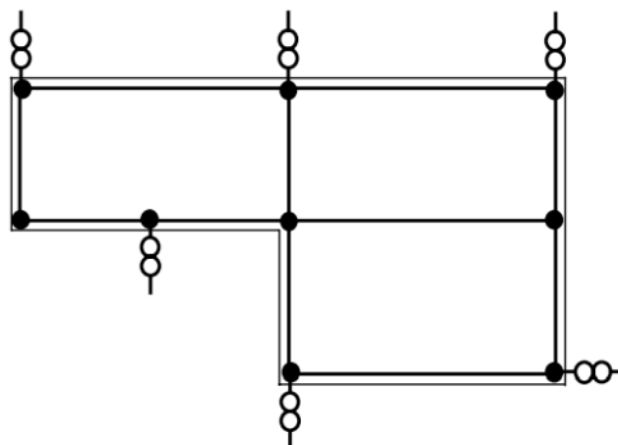
IEC 2716/10



IEC 2717/10



IEC 2718/10



IEC 2719/10

Умовні позначки:

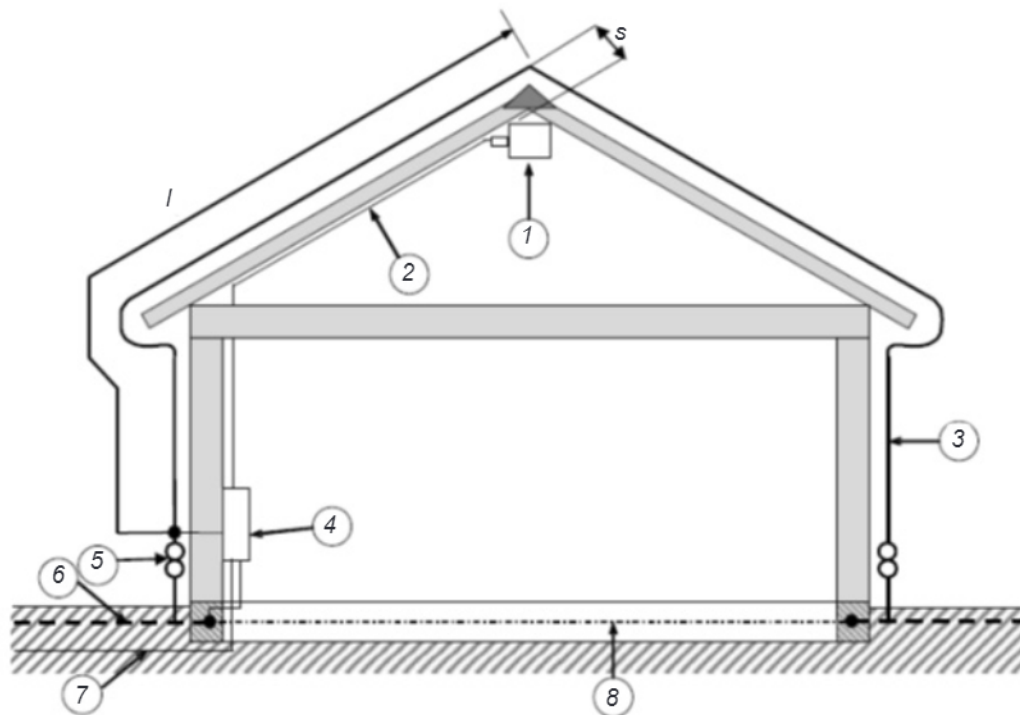
- 1 — природні компоненти LPS, приміром ринштовки;
- 2 — провідники LPS;
- 3 — перевірковий злучник;
- 4 — злучник.

Примітка. Потрібно, щоби крок доземних провідників та розмір комірки сітки відповідали вибраному рівню блискавкозахисту відповідно до таблиць 2 та 4.

Рисунок Е.37 — П'ять прикладів геометрії провідників LPS

Коли кількість доземних провідників збільшено, роздільчу відстань може бути зменшено відповідно до коефіцієнта k_c (див. 6.3).

Потрібно, щоби на будівлі (споруді) було щонайменше два доземних провідники відповідно до 5.3.3.



Умовні позначки:

- 1 — електроустановка;
- 2 — електропроводя;
- 3 — провідники LPS;
- 4 — головний розподільник з SPD;
- 5 — перевірковий злучник;
- 6 — система земляного закінчення;
- 7 — електричний силовий кабель;
- 8 — фундаментний уземлювальний електрод;
- s — роздільна відстань відповідно до 6.3;
- l — довжина для оцінювання роздільної відстані s.

IEC 2720/10

Примітка. Приклад ілюструє проблеми, які виникають стосовно електроенергетичного чи іншого струмопровідного устаткування у просторі під покрівлею будинку.

Рисунок Е.38 — Конструкція LPS з використанням лише двох доземних провідників та фундаментних уземлювальних електродів

Для великих будівель (споруд), таких як висотні житлові будинки і, зокрема, промислові та адміністративні будівлі (споруди), які часто проєктують як сталеві каркаси чи сталеві та залізобетонні каркасні конструкції, чи в яких використовують залізобетон, струмопровідні компоненти будівлі (споруди) можуть використовувати як природні доземні провідники.

Повний комплексний опір LPS для таких будівель (споруд) є досить низьким, і вони дають дуже ефективний захист від блискавки для внутрішнього устаткування. Особливо доцільним є використання струмопровідних поверхонь стін як доземних провідників. Такими струмопровідними поверхнями можуть бути: залізобетонні стіни, фасадні поверхні з бляхи й фасади зі збірних залізобетонних елементів, якщо тільки вони сполучені між собою відповідно до 5.3.5.

На рисунку Е.4 подано докладний опис належного виконання LPS з використанням природних компонентів LPS, таких як взаємопов'язана сталь.

Використання природних компонентів, що містять конструкційну сталь, зменшує падіння напруги між системою перехоплення й системою земляного закінчення, та електромагнетні завади всередині будівлі (споруди), які спричинено струмом блискавки.

Якщо систему перехоплення сполучено зі струмопровідними частинами колон у комплексі будівлі (споруди) та із системою еквіпотенційних сполучень на рівні землі, частина струму блискавки проходить цими внутрішніми доземними провідниками. Магнетне поле цього часткового струму блискавки впливає на прилегле обладнання та його належить враховувати під час проєктування внутрішньої LPS та електричного

й електронного устаткування. Величина цих часткових струмів залежить від розмірів будівлі (споруди) й від кількості колон, за припущення, що форма хвилі струму відповідає формі хвилі струму блискавки.

Якщо система перехоплення є ізольованою від внутрішніх колон, тоді струм не проходить колонами в комплексі будівлі (споруди), якщо тільки ізоляцію не буде пробито. Якщо ізоляцію буде пробито в непередбаченому місці, більший частковий струм може проходити певною колоною чи групою колон. Крутизна струму може збільшуватися завдяки зменшенню уявної тривалості фронту хвилі, спричиненого пробиттям, і прилегле обладнання наражається на небезпеку більшою мірою, ніж це було б у разі контрольованого сполучення колон із системою LPS будівлі (споруди).

Рисунок Е.10 є прикладом встановлення внутрішніх доземних провідників у великій залізо-бетонній будівлі (споруді) промислового призначення. Під час планування внутрішньої LPS належить враховувати електромагнетне середовище поруч із внутрішніми колонами.

Е.5.3.4.2 Неізольовані доземні провідники

У будівлях (спорудах) зі значною кількістю струмопровідних частин у зовнішніх стінах провідники перехоплювачів і систему земляного закінчення належить сполучити зі струмопровідними частинами будівлі (споруди) в кількох точках. Це дозволить зменшити роздільчу відстань відповідно до 6.3.

Завдяки таким з'єднанням струмопровідні частини будівлі (споруди) використовують як доземні провідники, а також як сполучні шини.

У великих плоских будівлях (промислові споруди, виставкові зали тощо) з розмірами, які вчетверо перевищують крок доземних провідників, належить встановити додаткові внутрішні доземні провідники, де це можливо, приблизно що кожні 40 м, аби зменшити роздільчу відстань, коли струм блискавки долатиме великі відстані плоскою покрівлею.

Усі внутрішні колони й усі внутрішні стіни перегородок зі струмопровідними частинами належить сполучити із системою перехоплювачів та із системою земляного закінчення в придатних місцях.

На рисунку Е.10 показано LPS великої будівлі (споруди) з внутрішніми колонами із залізобетону. Щоб уникнути небезпечного іскріння між різними струмопровідними частинами будівлі (споруди), риштунок колон сполучено із системою перехоплювачів та системою уземлення. Як наслідок, частина струму блискавки плинтиме внутрішніми доземними провідниками. Проте струм розподіляється між численними доземними провідниками та має приблизно таку саму форму хвилі, що й струм імпульсу блискавки. Проте крутизна фронту хвилі зменшується. Якщо цих з'єднань не зроблено й відбувається перекриття ізоляції, лише один чи кілька із цих внутрішніх доземних провідників можуть нести струм.

Форма хвилі струму перекриття ізоляції буде суттєво крутішою за струм блискавки, тому напруга, наведена в прилеглих петлях електропровідні буде значно збільшеною.

Для таких будівель (споруд) є особливо важливим, щоб перед початком проєктування будівлі (споруди) проєкт будівлі (споруди) та проєкт LPS були узгоджені між собою так, щоб струмопровідні частини будівлі (споруди) могли використовувати для блискавкозахисту. Завдяки добре узгодженому проєктуванню досягають створення високоефективної LPS за мінімальної вартості.

Блискавкозахист простору та людей під навислими верхніми поверхами, такими як консольний вищий поверх, належить виконати відповідно до 4.2.4.2 та рисунку Е.3.

Встановлення доземних провідників безпосередньо в зовнішньому тиньку не рекомендують, оскільки тиньк може бути пошкоджено унаслідок теплового розширення. Крім того, тиньк може набувати забарвлення внаслідок хімічних реакцій. Пошкодження тиньку є особливо ймовірним за підвищення температури та прикладення механічних сил, що виникають через дію струму блискавки; провідники з покриттям із ПВХ запобігають забарвленню.

Е.5.3.5 Природні компоненти

Використання природних доземних провідників для максимального збільшення загального числа паралельних провідників струму є рекомендованим, оскільки це мінімізує падіння напруги в системах доземних провідників та зменшує електромагнетні завади всередині будівлі (споруди). Проте належить забезпечити, щоб такі доземні провідники були електрично нерозривними уздовж усього шляху між системою перехоплювачів та системою земляного закінчення.

Сталевий риштунок у бетонних стінах належить використовувати як природний компонент LPS, як це показано на рисунку Е.27.

Конструкцію сталевому риштунку в новобудовах належить специфікувати відповідно до Е.4.3. Якщо електричну безперервність природних доземних провідників не може бути гарантовано, належить встановити звичайні доземні провідники.

Металева ринва, яка відповідає вимогам до природних доземних провідників відповідно до 5.3.5, може бути використана як доземний провідник.

На рисунках Е.22а, Е.22b та Е.22с показано приклади закріплення провідників на покрівлі та доземних провідників з відповідними геометричними розмірами включно, а на рисунках Е.22с та Е.22d показано схему з'єднань доземного провідника з металевою ринвою, струмопровідними риншотками та провідником земляного закінчення.

Стрижні риштунку стін чи бетонних колон і сталеві конструкційні каркаси можуть бути використані як природні доземні провідники.

Металевий фасад чи фасадне покриття будівлі (споруди) може бути використано як природний доземний провідник відповідно до 5.3.5.

На рисунку Е.8 показано конструкцію системи природних доземних провідників з використанням металевих елементів фасаду й сталевому риштунку бетонних стін як еквівалентної опорної площини, до якої приєднують сполучні шини внутрішньої LPS.

Ці під'єднання належить виконати у верхній частині облямівки стіни — до системи перехоплювачів, та в нижній частині — до системи земляного закінчення й до стрижнів риштунку бетонних стін, якщо це є можливим.

Розподіл струму в таких металевих фасадах відбувається краще, ніж у залізобетонних стінах. Фасади з бляхи містять окремі панелі зазвичай з трапецієподібним поперечним перерізом від 0,6 м до 1,0 м завширшки й з довжиною, яка відповідає висоті будівлі (споруди). У разі висотних будівель (споруд) довжина панелі не відповідає висоті будівлі (споруди) через проблеми транспортування. Тоді весь фасад складають з кількох секцій, закріплених одна над одною.

Для металевому фасаду максимальне теплове розширення належить обчислювати як різницю довжин, яка утворюється на основі максимальної температури металевому фасаду під сонячними променями +80 °C та мінімальної температури мінус 20 °C.

Різниця температур у 100 °C відповідає тепловому розширенню 0,24 % для алюмінію та 0,11 % для сталі.

Теплове розширення панелей призводить до зміщення панелей щодо наступної секції чи тримачів.

Металеві сполучення, такі, як показано на рисунку Е.35, сприяють рівномірному розподілу струму в металевих фасадах, чим зменшують вплив електромагнетного поля всередині будівлі (споруди).

Металевий фасад створює максимальне електромагнетне екранування за умови, що його електрично з'єднано по всій площі.

Високої ефективності електромагнетного екранування будівлі (споруди) досягають за умови постійного сполучення прилеглих металевих фасадів з достатньо малими інтервалами.

Симетрія розподілу струму безпосередньо пов'язана з кількістю з'єднань.

За наявності суворих вимог до здатності екрана ослаблювати завади та якщо у фасаді є вікна із суцільним стрічковим склінням, такі вікна належить сполучити за допомогою провідників з невеликими інтервалами між ними. Це можна виконати за допомогою металевих віконних рам. Сполучення металевому фасаду з віконними рамами належить встановлювати з короткими проміжками. Зазвичай кожен край сполучають з горизонтальною анкерною балкою віконної рами з проміжками, які не перевищують відстаней між вертикальними елементами конструкції вікна. Завжди треба уникати згинів та обводів (див. рисунок Е.9).

Металеві фасади, що складаються з відносно невеликих елементів, які не з'єднано між собою, не можна використовувати як систему природних доземних провідників чи як електромагнетний екран.

Більше відомостей про захист електроустаткування та електроніки в будівлях (спорудах) наведено в EN 62305-4.

Е.5.3.6 Перевірковий злучник

Перевіркові злучники полегшують вимірювання опору землі системи земляного закінчення.

Перевіркові злучники відповідно до 5.3.6 належить встановлювати на з'єднанні доземних провідників із системою земляного закінчення. Ці злучники полегшують визначення вимірювання наявності достатньої кількості сполучень із системою земляного закінчення. Так можна перевірити наявність нерозривних сполучень між перевірковим злучником та системою перехоплювачів чи наступною сполучною шиною. На високих будівлях (спорудах) кільцеві провідники сполучають з доземними провідниками, які може

бути встановлено у стіні, і вони можуть бути недосяжними для огляду; їхнє існування може бути підтверджено лише електричними вимірюваннями.

На рисунках Е.39а—Е.39d показано приклади перевірових злучників, які може бути встановлено на внутрішній чи зовнішній стіні будівлі (споруди) чи у перевіровій коробці в землі поза межами будівлі (споруди) (див. рисунок Е.39b). Для забезпечення вимірювання безперервності деякі провідники можуть мати ізоляційні оболонки в критичних ділянках.

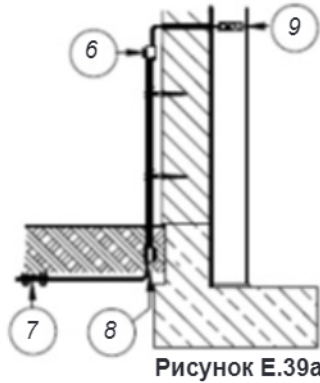


Рисунок Е.39а

IEC 2721/10

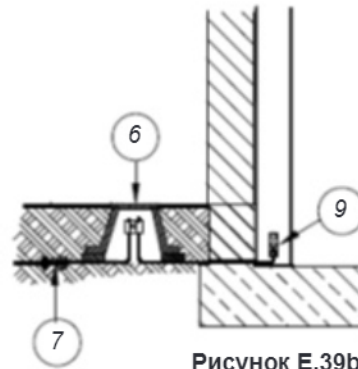


Рисунок Е.39b

IEC 2722/10

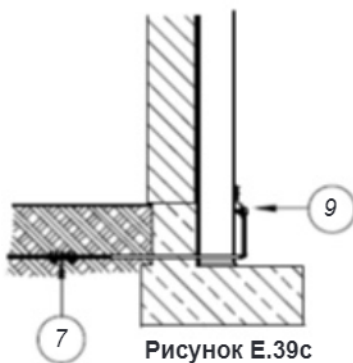


Рисунок Е.39с

IEC 2723/10

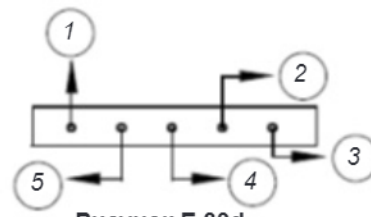


Рисунок Е.39d

IEC 2724/10

Варіант 1 — Перевірковий злучник на стіні

- 1 — доземний провідник;
- 2 — уземлювальний електрод типу В, якщо є придатним;
- 3 — уземлювальний електрод типу А, якщо є придатним;
- 4 — фундаментний уземлювальний електрод;
- 5 — сполучення з внутрішньою LPS;
- 6 — перевіровий злучник на стіні;
- 7 — корозійностійкий Т-злучник у ґрунті;
- 8 — корозійностійкий злучник у ґрунті;
- 9 — злучник між провідником блискавкозахисту та сталеву колоною.

Варіант 2 — Перевірковий злучник на позначці ґрунту

- 1 — доземний провідник;
- 2 — уземлювальний електрод типу А, якщо є придатним;
- 3 — сполучна шина внутрішньої LPS;
- 4 — кільцевий уземлювальний електрод типу В;
- 5 — кільцевий уземлювальний електрод типу В;
- 6 — перевіровий злучник на позначці ґрунту;
- 7 — корозійностійкий Т-злучник у ґрунті;
- 8 — корозійностійкий злучник у ґрунті;
- 9 — злучник між провідником блискавкозахисту та сталеву колоною.

Примітка 1. Перевірковий злучник, який деталізовано на рисунку Е.39d, належить встановлювати на внутрішній чи зовнішній стіні будівлі (споруди) чи в перевіровій коробці у ґрунті за межами будівлі (споруди).

Примітка 2. Аби зробити вимірювання опору петлі можливим, деяким провідникам належить мати ізоляційні оболонки уздовж критичних ділянок.

Рисунок Е.39 — Чотири приклади приєднання земляного закінчення до LPS будівель (споруд) з використанням природних доземних провідників (колон) та подробиці перевірових злучників

Якщо це має сенс (приміром, за під'єднання уземлення до сталевих колон за допомогою сполучних провідників), сполучення природних доземних провідників з уземлювальними електродами може бути виконано ізольованими сегментами провідників та перевірових злучників. Належить встановити спеціальні опорні уземлювальні електроди, аби полегшити контроль системи земляного закінчення LPS.

Е.5.4 Система земляного закінчення

Е.5.4.1 Загальні положення

Проектувальнику LPS та монтажнику LPS належить вибрати відповідні типи уземлювальних електродів та розмістити їх на безпечній відстані від входів і виходів будівлі (споруди) та від зовнішніх струмопровідних частин у ґрунті, таких як кабелі, металеві канали тощо. Тому проектувальнику LPS та монтажнику LPS належить вжити заходів для захисту від небезпечної крокової напруги поблизу мереж земляного закінчення, якщо їх встановлено в місцях, доступних для людей (див. розділ 8).

Рекомендована величина загального опору уземлення в 10 Ом є достатньо консервативною для будівель (споруд), у яких застосовують безпосередні екіпотенційні сполучення. Потрібно, щоби величина опору була якнайнижчою в кожному разі, але особливо для будівель (споруд) із загрозою від вибухових речовин. Проте найважливішим заходом є влаштування екіпотенційних сполучень.

Потрібно, щоби глибина прокладення й тип уземлювачів були такими, щоб мінімізувати вплив корозії, висихання та замерзання ґрунту й тим самим стабілізувати еквівалентний опір землі.

Рекомендують, щоб перших півметра вертикального уземлювача не розглядати як ефективні в умовах морозу.

Глибоко закопані уземлювачі можуть бути ефективними в особливих випадках, коли опір ґрунту зменшується з глибиною та коли нижні шари ґрунту з низьким питомим опором залягають на глибині більшій, ніж та, якої зазвичай сягають стрижневі електроди.

Коли металевий риштунок бетону використовують як уземлювальний електрод, особливу увагу належить приділяти з'єднанням для запобігання механічному розколюванню бетону.

Якщо металевий риштунок використовують також як захисну землю, належить вибрати суворіші заходи щодо товщини стрижнів та сполучень. У цьому разі належить розглянути застосування стрижнів риштунку збільшених розмірів. Повсякчас належить бути визнаною потреба в коротких та прямих з'єднаннях для уземлення блискавкозахисту.

Примітка. Для попередньо напруженого бетону належить враховувати наслідки проходження струму виснаги блискавки, який може спричинити неприйнятні механічні зусилля.

Е.5.4.2 Типи розміщення уземлювальних електродів

Е.5.4.2.1 Розміщення типу А

Система земляного закінчення типу А є придатною для низьких споруд (приміром, для будинків на одну родину), наявних споруд чи LPS зі стрижнями чи натягненими тросами, чи для ізольованої LPS.

Така система містить горизонтальні чи вертикальні уземлювальні електроди, з'єднані з кожним доземним провідником.

За наявності кільцевого провідника, який об'єднує доземні провідники, та який контактує з ґрунтом, розміщення уземлювальних електродів все одно класифікують як тип А, якщо кільцевий провідник є в контакті з ґрунтом менше ніж на 80 % його довжини.

Потрібно, щоби в розміщенні типу А мінімальне число уземлювальних електродів становило по одному для кожного доземного провідника й щонайменше два для LPS у цілому.

Е.5.4.2.2 Розміщення типу В

Система земляного закінчення типу В є переважною для сіткових систем перехоплювачів та для LPS з кількома доземними провідниками.

Така система містить або кільцевий уземлювальний електрод зовні будівлі (споруди), який є в контакті з ґрунтом принаймні на 80 % від його загальної довжини, або фундаментний уземлювальний електрод.

Для голої твердої скелі рекомендують лише схему розміщення уземлення типу В.

Е.5.4.3 Спорудження

Е.5.4.3.1 Загальні положення

Потрібно, щоби системи земляного закінчення виконували такі задачі:

- проведення струму блискавки в землю;
- екіпотенційні сполучення між доземними провідниками;
- регулювання потенціалів поблизу струмопровідних стін будівлі (споруди).

Фундаментні уземлювальні електроди та кільцеві уземлювальні електроди типу В відповідають усім цим вимогам. Радіальні уземлювальні електроди типу А чи глибинні вертикальні не відповідають цим вимогам стосовно екіпотенційних сполучень та регулювання потенціалів.

Фундаменти будівель (споруд) із взаємозв'язаного залізобетону належить використовувати як фундаментні уземлювальні електроди. Вони оказують дуже низький опір землі та створюють чудове еквіпотенційне сполучення. Якщо це неможливо, навколо будівлі (споруди) треба встановити систему земляного закінчення, переважно кільцевий уземлювальний електрод типу В.

Е.5.4.3.2 Фундаментні уземлювальні електроди

Фундаментний уземлювальний електрод, який відповідає 5.4.4, містить провідники, установлені у фундаменті будівлі (споруди) під землею. Довжину додаткових уземлювальних електродів визначають за діаграмою на рисунку 3.

Фундаментні уземлювальні електроди установлюють у бетоні. Їхня перевага полягає в тому, що, якщо бетон має відповідну структуру й вкриває фундаментний уземлювальний електрод щонайменше на 50 мм, вони мають прийнятний захист від корозії. Належить також пам'ятати, що стрижні риштунку в бетоні генерують таку саму величину гальванічного потенціалу як і мідні провідники в ґрунті. Це забезпечує добре інженерне рішення в проєктуванні систем земляного закінчення для залізобетонних конструкцій (див. Е.4.3).

Потрібно, щоби метали, які використовують для уземлювальних електродів, відповідали матеріалам, зазначеним у таблиці 7, а також завжди належить враховувати характеристики металу стосовно корозії у ґрунті. Деякі рекомендації наведено у 5.6. За відсутності рекомендацій для конкретних типів ґрунтів належить з'ясувати досвід щодо систем земляного закінчення на суміжних ділянках з ґрунтом, який має схожі хімічні властивості та консистенцію. Належить пильнувати, щоби під час закопування траншеї уземлювальних електродів золотий пил, грудки вугілля чи будівельне сміття не мали контакту з уземлювальними електродами.

Додаткова проблема повстає через електрохімічну корозію, спричинену гальванічними струмами. Сталь у бетоні має приблизно такий самий гальванічний потенціал в електрохімічному ряду, як мідь у ґрунті. Тому, коли сталь у бетоні з'єднано зі сталлю в ґрунті, рушійна гальванічна напруга приблизно 1 В спричиняє проходження корозійного струму ґрунтом і вологим бетоном та розкладає сталь у ґрунті.

Для тих уземлювальних електродів у ґрунті, які мають з'єднання зі сталлю в бетоні, належить використовувати провідники з міді, помідненої сталі чи з нержавкої сталі.

Периметром будівлі (споруди) у стрічковому фундаменті належить прокласти металевий провідник відповідно до таблиці 7 чи цинковану штабу та вивести догори з'єднувальні провідники, що ведуть до визначених кінцевих точок перевірових злукників доземних провідників.

Прокладення спрямованих догори провідників, з'єднаних із доземними провідниками, може бути здійснено муром, у тиньку чи у стіні. Сталеві сполучні дроти, установлені у стіні, може бути пропущено крізь руберойд, який зазвичай використовують між фундаментом та муром. Проколювання бар'єру вологи в цьому місці зазвичай не становить проблеми.

Гідроізолювальний шар, який часто вставляють під фундамент будівлі (споруди) аби зменшити вологість у підвальних поверхах становить постійну електричну ізоляцію. Уземлювальний електрод встановлюють під фундаментом у бетонній підготовці. Проєкт системи земляного закінчення належить узгодити із забудовником.

За високого рівня ґрунтових вод фундамент будівлі (споруди) доводиться ізолювати від підземних вод. На зовнішню поверхню фундаменту накладають ущільний водонепроникний шар, який також становить певну електричну ізоляцію. Звичайною практикою у створенні такого водонепроникного фундаменту є залити чистий шар бетону приблизно 10—15 см завтовшки на дні копані, на який вкрито ізоляцію, а тоді вже влаштовувати на ньому бетонний фундамент.

Фундаментний уземлювальний електрод, що складається з мережі з розміром комірки не більше ніж 10 м, належить встановити в чистому шарі бетону на дні фундаментної копані.

Потрібно, щоби провідник відповідно до таблиці 7 з'єднував сіткове земляне закінчення з риштунком у фундаменті, кільцевими уземлювальними електродами й доземними провідниками зовні гідроізоляційної мембрани. Якщо дозволено, герметичні водонепроникні впуски можна застосовувати для проходів крізь ізоляцію.

Якщо проникнення провідника крізь ізолювальний шар не допускає будівельний підрядчик, сполучення із земляним закінченням належить виконати за межами будівлі (споруди).

На рисунку Е.40 показано три різних приклади того, як встановлювати фундаментні уземлювальні електроди в будівлі (споруді) з водонепроникним фундаментом.

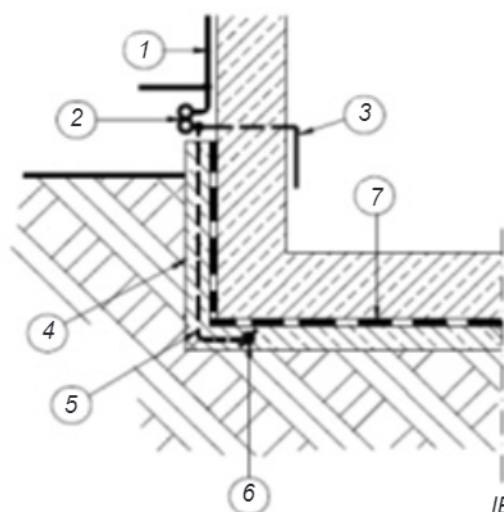


Рисунок Е.40а — Ізольований фундамент з фундаментним уземлювальним електродом у шарі бетону без риштунку під бітумною ізоляцією

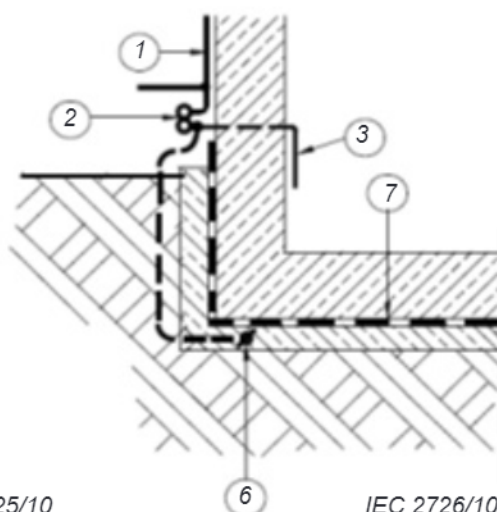


Рисунок Е.40b — Ізольований фундамент із провідником земляного закінчення, який частково проходить крізь ґрунт

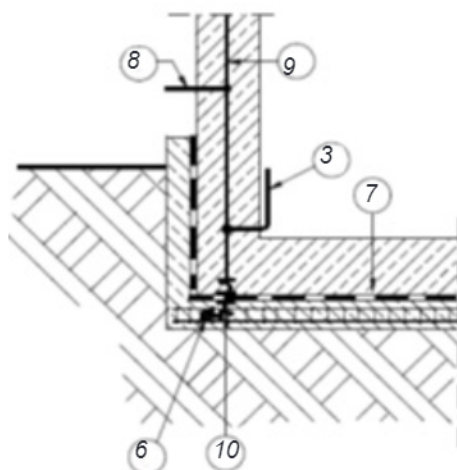


Рисунок Е.40с — Сполучення фундаментного уземлювального електрода зі сталевим риштунком, яке проходить крізь водонепроникну мембрану

Умовні позначки:

- 1 — доземний провідник;
- 2 — перевірковий злучник;
- 3 — сполучний провідник до внутрішньої LPS;
- 4 — шар бетону без риштунку;
- 5 — сполучний провідник LPS;
- 6 — фундаментний уземлювальний електрод;
- 7 — водонепроникна мембрана, непромокальний ізолювальний шар;
- 8 — сполучний провідник між сталевим риштунком та перевірковим злучником;
- 9 — сталевий риштунок у бетоні;
- 10 — водонепроникний впуск крізь водонепроникну мембрану.

Примітка. Потрібен дозвіл від будівельного підрядчика.

Рисунок Е.40 — Конструкція фундаментного уземлювального кільця для будівель (споруд) з різними конструкціями фундаменту

Також показано кілька прийнятних рішень щодо сполучення земляного закінчення в будівлях (спорудах) з ізольованим фундаментом.

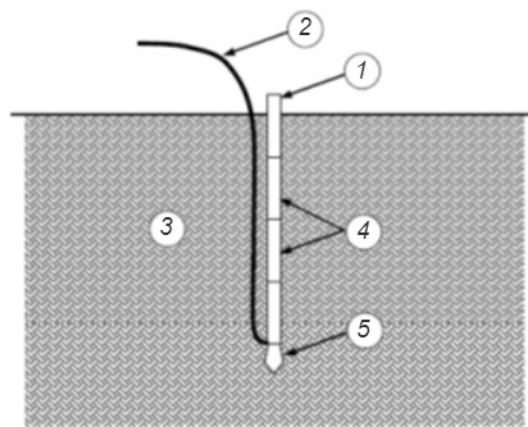
На рисунках Е.40а та Е.40b показано сполучення, які є зовнішніми відносно ізоляції, таким чином ізоляція не пошкоджується; на рисунку Е.40с показано водонепроникний впуск крізь ізоляцію для уникнення порушення цілісності водонепроникної мембрани.

Е.5.4.3.3 Тип А. Радіальні та вертикальні уземлювальні електроди

Потрібно, щоби радіальні уземлювальні електроди були під'єднані до нижніх кінців доземних провідників за допомогою перевіркових злучників. Радіальні уземлювальні електроди може бути під'єднано за допомогою вертикальних уземлювальних електродів, якщо це є прийнятним.

Потрібно, щоби кожен доземний провідник був забезпечений уземлювальним електродом.

На рисунку Е.41 показано приклади уземлювальних електродів типу А, тоді як на рисунку Е.41а показано, як провідник блискавки, який відповідає таблиці 7, занурюють у ґрунт за допомогою спеціальних тягових стрижнів. Ця технологія уземлення має ряд практичних переваг та не потребує використання затискачів і злучників у ґрунті. Похилі чи вертикальні уземлювальні електроди зазвичай забивають у ґрунт.



Умовні позначки:

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|
| 1 — верхній елемент тягового стрижня; | 4 — елементи тягового стрижня; |
| 2 — уземлювальний провідник; | 5 — тягове сталеве вістря. |
| 3 — ґрунт; | |

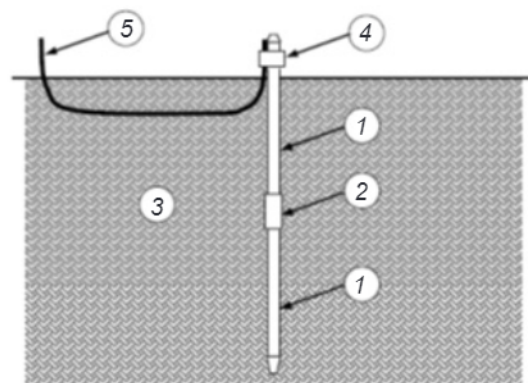
IEC 2728/10

Примітка 1. Нерозривний провідник занурюють у ґрунт за допомогою коротких елементів тягового стрижня. Електрична безперервність уземлювального провідника є значною перевагою; за використання цього методу не вносять жодних з'єднань до уземлювального провідника. Короткі елементи тягового стрижня є також простими у використанні.

Примітка 2. Короткий верхній елемент тягового стрижня може бути видалено.

Примітка 3. Верхня частина уземлювального провідника може мати ізолювальну оболонку.

Рисунок Е.41а — Приклад розміщення уземлювача типу А з електродом типу вертикального провідника



Умовні позначки:

- | | |
|---|------------------------------------|
| 1 — нарощуваний уземлювальний стрижень; | 4 — провідник до злучника стрижня; |
| 2 — сполучник стрижнів; | 5 — уземлювальний провідник. |
| 3 — ґрунт; | |

IEC 2729/10

Рисунок Е.41b — Приклад розміщення уземлювача типу А з електродом типу вертикального стрижня

Рисунок Е.41 — Два приклади вертикальних електродів у розміщенні уземлювача типу А

Є також й інші типи вертикальних електродів. Важливим є забезпечити постійне струмопровідне з'єднання по всій довжині електрода протягом терміну служби LPS.

Під час встановлення важливо регулярно вимірювати опір уземлення. Забивання можна перервати, як тільки зниження опору уземлення припинилося. Потім може бути встановлено додаткові електроди у більш придатних місцях.

Потрібно, щоби уземлювальний електрод був достатньо відокремлений від наявних кабелів і металевих труб у землі та належить приділити достатню увагу тому, щоби уземлювальний електрод не надто відхилявся від наміченого напрямку під час його забивання. Роздільна відстань залежить від потужності електричного імпульсу, питомого опору ґрунту та струму в електроді.

За розміщення типу А вертикальні уземлювачі є економічно ефективнішими й дають стабільніший опір уземлення в більшості ґрунтів порівняно з горизонтальними електродами.

У деяких випадках може виникати необхідність у встановленні уземлювачів усередині будівлі (споруди), приміром у підвалі чи в погребі.

Примітка. Особливу увагу належить приділяти управлінню кроковою напругою вжиттям заходів з вирівнювання потенціалів відповідно до розділу 8.

Якщо є небезпека збільшення опору поблизу поверхні (приміром, через висихання), часто буває необхідно використовувати глибинні уземлювальні електроди більшої довжини.

Радіальні уземлювачі належить встановлювати на глибині 0,5 м чи глибше. Глибший електрод гарантує, що в тих країнах, де протягом зими трапляються низькі температури, уземлювальний електрод не вміщено до мерзлого ґрунту (який виказує дуже низьку електропровідність). Додатковою перевагою є те, що глибший уземлювальний електрод дає зменшення різниці потенціалів на поверхні ґрунту, а отже, нижчі напруги кроку, чим зменшують небезпеку для живих істот на поверхні землі. Вертикальні електроди рекомендують для досягнення сезонно-стабільного опору уземлення.

За використання розміщення уземлення типу А, необхідного еквіпотенційного сполучення для всіх електродів досягають за допомогою еквіпотенційних сполучних провідників та сполучних шин.

Е.5.4.3.4 Тип В. Кільцеві уземлювальні електроди

Для будівель (споруд), у яких використовують ізоляційні матеріали, як-от цегла чи дерево, без фундаменту зі сталевим риштунком, належить встановити земляне закінчення з розміщенням типу В відповідно до 5.4.2.2. Альтернативно можна використовувати розміщення типу А з убудованими зрівнювальними провідниками. Для того, щоб зменшити еквівалентний опір землі, уземлення типу розміщення В може бути вдосконалене, за необхідності, додаванням вертикальних чи радіальних уземлювальних електродів, що відповідають вимогам 5.4.2.2. На рисунку 3 подано вимоги щодо мінімальної довжини уземлювальних електродів.

Проміжок та глибина уземлювального електрода типу В, як зазначено у 5.4.3, є оптимальними в нормальних умовах ґрунту для захисту осіб у безпосередній близькості від будівлі (споруди). У країнах з низькими зимовими температурами належить вибрати відповідну глибину уземлювальних електродів.

Уземлювальні електроди типу В також виконують функцію еквіпотенційних сполучень між доземними провідниками на рівні ґрунту, оскільки різні доземні провідники дають різні потенціали у зв'язку з нерівномірним розподілом струмів блискавки через варіації опору землі та різну довжину шляхів струму в надземних провідниках. Різні потенціали спричиняють протікання зрівняльних струмів кільцевим уземлювальним електродом і так зменшують максимальне зростання потенціалу, а системи еквіпотенційних сполучень, під'єднані до нього всередині будівлі (споруди), доводять до приблизно однакового потенціалу.

Коли будівлі (споруди), що належать різним власникам, будують близько одна до одної, часто неможливо встановити кільцевий уземлювальний електрод, який би повністю оточував будівлю (споруду). У такому разі ефективність системи земляного закінчення дещо знижується, оскільки кільце провідника діє, у певному розумінні як електрод типу В, у певному розумінні як фундаментна земля та, у певному розумінні як провідник системи еквіпотенційних сполучень.

Якщо значна кількість людей часто збирається на ділянці, прилеглій до захищеної будівлі (споруди), тоді в такій ділянці належить забезпечити додаткове регулювання потенціалів. Належить встановити більше кільцевих уземлювальних електродів на відстанях приблизно 3 м від першого й наступного кільцевих провідників. Кільцеві електроди далі від будівлі (споруди) належить встановити глибше від поверхні, тобто ті, що в 4 м від будівлі (споруди) — на глибині 1 м, ті, що у 7 м від будівлі (споруди) — на глибині 1,5 м, а розташовані на відстані 10 м від будівлі (споруди) — на глибині 2 м. Ці кільцеві уземлювальні електроди належить сполучити з першим кільцевим провідником за допомогою радіальних провідників.

Якщо прилегло до будівлі (споруди) ділянку вкрито шаром асфальту з низькою електропровідністю у 50 мм завтовшки, для людей, які користуються цією ділянкою, забезпечено достатній захист.

Е.5.4.3.5 Уземлювальні електроди у скелястому ґрунті

Під час спорудження до бетонного фундаменту належить вбудувати фундаментний уземлювальний електрод. Навіть якщо у скелястому ґрунті ефективність фундаментного уземлювального електрода знижена, він і надалі діє як сполучний провідник системи еквіпотенційних сполучень.

На перевіркових злучниках додаткові уземлювальні електроди належить сполучити з доземними провідниками та з фундаментними уземлювальними електродами.

Якщо фундаментного електрода не передбачено, замість цього належить використовувати розміщення типу В (кільцевий уземлювальний електрод). Якщо уземлювальний електрод не може бути встановлений у ґрунті та його належить змонтувати на поверхні, потрібно, щоб він був захищеним від механічних пошкоджень.

Потрібно, щоб радіальні уземлювальні електроди, що лежать на чи поблизу поверхні ґрунту, для механічного захисту були покриті камінням чи вмуровані до бетону.

Якщо будівля (споруда) розташована поблизу дороги, за можливості, під дорогою належить вкласти кільцевий уземлювальний електрод. Однак, якщо це виявиться неможливим, зробити на всій довжині незахищеної ділянки дороги, таке регулювання потенціалів (зазвичай розміщення типу А) належить передбачити принаймні поблизу доземних провідників.

Для регулюванню потенціалів у певних особливих випадках належить прийняти рішення щодо того, чи встановлювати додаткове часткове кільце поблизу входу до будівлі (споруди), або штучно збільшити питомий опір поверхневого шару ґрунту.

Е.5.4.3.6 Системи земляного закінчення на великих площах

Промислове підприємство зазвичай містить низку пов'язаних з ним споруд, між якими прокладено велику кількість силових та сигнальних кабелів.

Система земляного закінчення таких будівель (споруд) є вкрай важливою для захисту електричної системи. Система уземлення низької індуктивності зменшує різницю потенціалів між будівлями (спорудами), а отже, зменшує завади, котрі упорскуються до електричних зв'язків.

Низька індуктивність землі може бути досягнута забезпеченням будівлі (споруди) фундаментними уземлювальними електродами та додатковими з розміщенням типу В й типу А відповідно до 5.4.

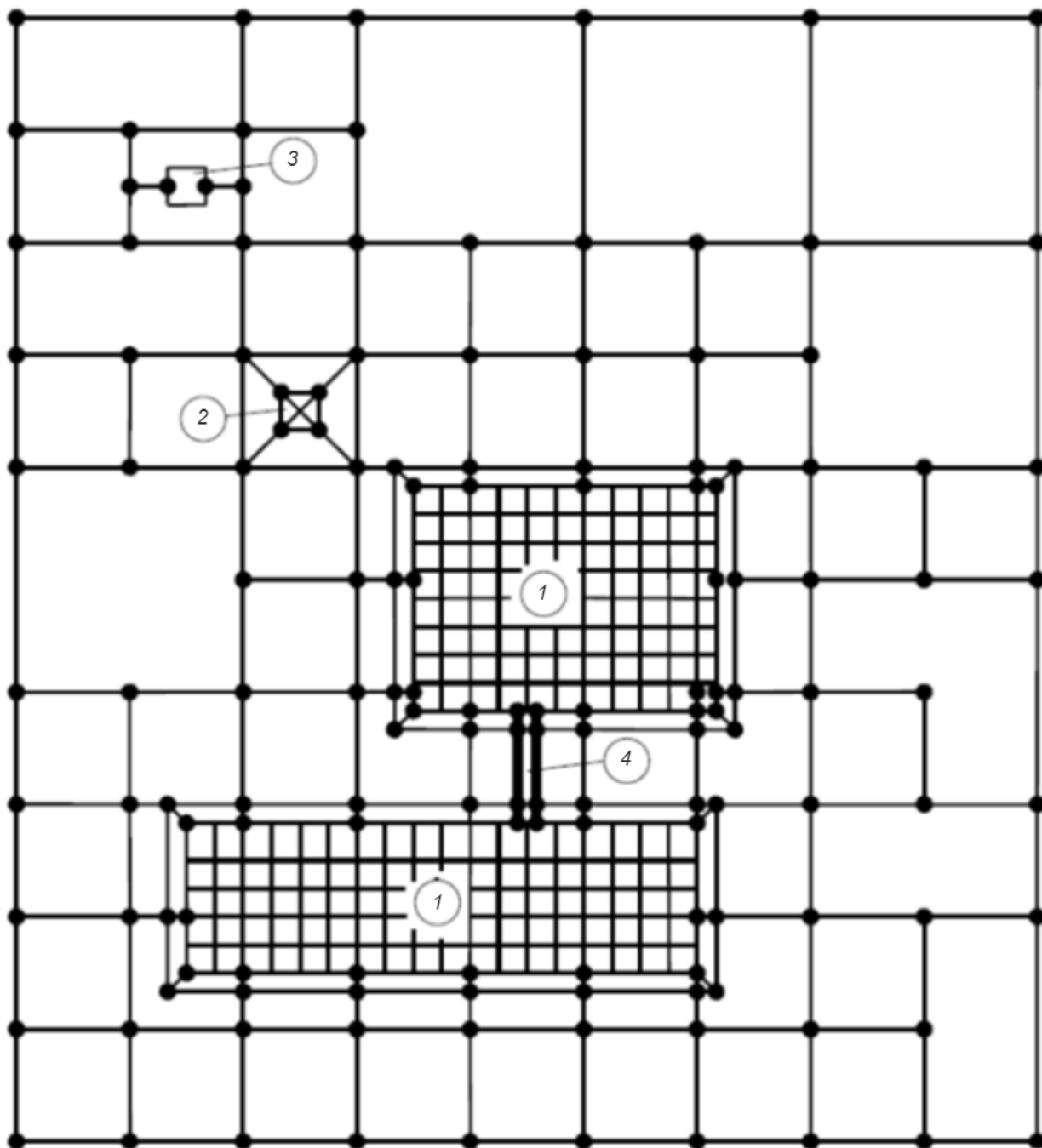
Взаємні сполучення між уземлювальними електродами, фундаментними уземлювальними електродами й доземними провідниками належить виконати на перевіркових злучниках. Деякі перевірові злучники належить також приєднати до сполучних шин внутрішньої LPS.

Внутрішні доземні провідники чи внутрішні конструкційні елементи будівлі (споруди), які правлять за доземні провідники, належить під'єднати до уземлювального електрода та сталевого риштунку підлоги для уникнення напруг кроку та дотику. Якщо внутрішні доземні провідники розміщено поряд з компенсаційними швами бетону, ці шви належить перемкнути сполучниками якнайближче до внутрішнього доземного провідника.

Нижню частину відкрито прокладеного доземного провідника належить ізолювати трубкою з ПВХ щонайменше у 3 мм завтовшки чи рівноцінною ізоляцією.

Аби зменшити імовірність прямого спалаху блискавки до підземних кабельних ліній належить встановити над кабельними лініями уземлювальний провідник, а в разі широких кабельних трас — кілька уземлювальних провідників.

Взаємним сполученням земель кількох будівель (споруд) утворюють сіткову систему уземлення, як показано на рисунку Е.42.



IEC 2730/10

Умовні позначки:

- 1 — будинок із сітковою мережею риштунку;
- 2 — башта на території промислового підприємства;
- 3 — окремо встановлене устаткування;
- 4 — кабельні траншеї.

Примітка. Ця система забезпечує низький повний опір між будівлями (спорудами) та має значні переваги щодо EMC. Розмір комірок сітки поряд з будівлями та іншими об'єктами може становити приблизно $20\text{ м} \times 20\text{ м}$. За відстаней понад 30 м , їх можна збільшити до приблизно $40\text{ м} \times 40\text{ м}$.

Рисунок Е.42 — Сіткова система земляного закінчення промислового об'єкта

На рисунку Е.42 показано схему сіткової мережі уземлювальних електродів із кабельними траншеями включно між пов'язаними будівлями (спорудами) будинків, захищених від блискавки. Це дасть низький повний опір між будівлями та значні переваги в захисті від LEMP.

Е.5.5 Компоненти

Потрібно, щоб компоненти LPS без пошкоджень витримували електромагнетну дію струму блискавки й передбачувані випадкові напруження. Цього можна досягти добором компонентів, які було успішно випробувано відповідно до стандартів серії EN 62561.

Потрібно, щоб всі компоненти відповідали вимогам стандартів серії EN 62561.

Примітка. Відстані між кріпленнями наведено в таблиці Е.1.

Е.5.6 Матеріали та розміри

Е.5.6.1 Механічна частина проєкту

Проєктувальнику системи блискавкозахисту після завершення проєктування електричної частини належить проконсультуватися з особами, відповідальними за будівлю (споруду), щодо проєктування механічної частини.

Особливо важливими є естетичні міркування як і правильний вибір матеріалів, аби зменшити ризик корозії.

Мінімальні розміри компонентів системи блискавкозахисту для різних частин LPS перераховано в таблицях 3, 6, 7, 8 та 9.

Матеріали, що їх використовують для компонентів LPS, перераховано в таблиці 5.

Примітка. Відповідними є компоненти, приміром затискачі та стрижні, вибрані згідно з майбутньою серією EN 62561.

Потрібно, щоб проєктувальник LPS та монтажник LPS перевіряли доцільність використовуваних матеріалів. Таку перевірку можна виконувати, приміром, запитамися до виробника по сертифікати про випробування та звіти, які демонструють, що матеріали успішно пройшли перевірку якості.

Потрібно, щоб проєктувальник LPS та монтажник LPS специфікували такі тримачі та притискачі провідників, які витримують електродинамічні зусилля від струму блискавки в провідниках, а також дозволятимуть подовження та вкорочення провідників унаслідок відповідного підвищення температури згідно з вимогами стандартів серії EN 62561.

Потрібно, щоб з'єднання між панелями з бляхи були сумісними з матеріалом панелі, забезпечували площу поверхні контакту щонайменше у 50 мм² та витримували електродинамічні зусилля струму блискавки й корозійні загрози довкілля.

Якщо надмірне підвищення температури викликає занепокоєння щодо поверхні, до якої будуть кріпити компоненти, оскільки вона є займистою чи має низьку температуру топлення, належить або специфікувати провідники з більшим поперечним перерізом, або розглянути інші заходи безпеки, як-от використання дистанційної арматури й встановлення вогнестійких шарів.

Проєктувальник LPS зобов'язаний визначити всі зони корозійних проблем та обумовити відповідні заходи, що їх належить вжити.

Вплив корозії на LPS може бути зменшений збільшенням розміру матеріалу, використанням стійких до корозії компонентів або вжиттям інших заходів захисту від корозії.

Е.5.6.2 Вибір матеріалів

Е.5.6.2.1 Матеріали

Матеріали LPS та умови використання перераховано в таблиці 5 та у стандартах серії EN 62561. Розміри провідників LPS, включно із провідниками перехоплювачів, доземними провідниками й провідниками земляного закінчення, для різних матеріалів, як-от мідь, алюміній і сталь, подано в таблицях 6 та 7. Рекомендовані величини для міді та алюмінію круг 50 мм², ґрунтують на механічних вимогах (приміром, вирівнювання тросу, натягнутого між опорами так, аби він не провисав до покрівлі). Якщо не застосовано механічних обмежень, величини з індексом b) таблиці 6 (мідь 28 мм²) можна використовувати як мінімальні величини.

Мінімальні величини товщини бляхи, металевих труб та резервуарів, що їх використовують як природні компоненти перехоплювачів, перераховано в таблиці 3, а мінімальні розміри для сполучних провідників подано в таблицях 8 та 9.

Е.5.6.2.2 Захист від корозії

Потрібно будувати систему LPS зі стійких до корозії матеріалів, як-от мідь, алюміній, нержавка сталь та цинкована сталь. Потрібно, щоб матеріал стрижнів перехоплювачів і тросів перехоплювачів був електрохімічно сумісним з матеріалом з'єднувальних елементів і монтажних елементів та мав добру корозійну стійкість до корозійної атмосфери чи вологості.

Треба уникати з'єднань між різними матеріалами; інакше їх належить захистити.

Мідні деталі ніколи не треба встановлювати над поцинкованими чи алюмінієвими деталями, якщо ці деталі не мають захисту від корозії.

Мідні деталі ронять надзвичайно дрібні частинки, що призводить до лютої корозії поцинкованих деталей навіть там, де мідні та поцинковані деталі не мають прямого контакту.

Алюмінієві провідники не треба закріплювати безпосередньо до повапнених поверхонь будинків, як-от бетон на вапняковій жорсткості чи тиньк, та ніколи не треба використовувати їх у ґрунті.

E.5.6.2.2.1 Метали у ґрунті та у повітрі

Корозія металу відбуватиметься зі швидкістю, залежною від типу металу та характеру довкілля. Чинники довкілля, як-от вологість, розчинені солі (що утворюють електроліт), ступінь аерації, температура та ступінь руху електроліту поєднуються, роблячи цю умову дуже складною.

Додатково місцеві умови з різними природними та промисловими забрудненнями можуть спричинити значні зміни, що спостерігають у різних частинах світу. Для вирішення конкретних корозійних проблем настійливо рекомендують консультації з фахівцями з корозії.

Ефект контакту між різнорідними металами у поєднанні з довколишнім або частково довколишнім електролітом призводить до збільшення корозії більш анодного металу та до зменшення корозії більш катодного металу.

Корозії більш катодного металу не обов'язково належить повністю запобігати. Електролітом для цієї реакції можуть бути ґрунтові води, ґрунт з деяким вмістом вологи, і навіть конденсат вологи в наземних спорудах, де він утримується у щілинах.

Розлогі системи уземлення можуть постраждати від різних умов ґрунту на різних ділянках. Це може збільшити проблеми, пов'язані з появою корозії, та потребує особливої уваги.

Аби мінімізувати корозію в LPS:

- треба уникати використання невідповідних металів в агресивному середовищі;
 - треба уникати контактування різнорідних металів, електрохімічні чи гальванічні активності яких є суттєво відмінними;
 - треба використовувати відповідний поперечний переріз провідників, сполучних штаб і струмопровідних клем та затискачів для забезпечення достатнього корозійного терміну служби в умовах експлуатації;
 - треба використовувати відповідні заповнювачі чи ізолювальні матеріали в злучниках провідників, які не було приварено контактним швом, аби так усунути вологу;
 - треба забезпечувати оболонкою чи покриттям або ізолювати метали, чутливі до корозійних випарів чи рідин у місці встановлення;
 - треба враховувати гальванічний вплив інших металевих елементів, з якими буде сполучено уземлювальний електрод;
 - треба уникати схем, де продукти природної корозії з катодного металу (приміром, міді), можуть контактувати з LPS та роз'їдати її, як-от металева мідь на анодному металі (приміром, сталь чи алюміній).
- Аби відповідати викладеному вище, такі запобіжні заходи наведено як конкретні приклади:
- потрібно, щоби мінімальна товщина чи діаметр сталки був 1,7 мм для сталі, алюмінію, міді, сплаву міді чи сплавів нікелю/хрому/сталі;
 - ізолювальна прокладка є рекомендованою в місцях, де контакт між різнорідними металами, які близько розташовані (або торкаються один одного), може спричинити корозію, але в такому контакті немає потреби в електричному аспекті;
 - сталеві провідники, не захищені іншим чином, необхідно поцинкувати в гарячий спосіб відповідно до вимог таблиць 6 та 7;
 - алюмінієві провідники не треба прокладати безпосередньо в ґрунті чи встановлювати в бетоні, чи притуляти до бетону без того, аби його не було повністю вкрито стійкою, щільно прилеглою ізолювальною оболонкою;
 - за можливості належить уникати сполучників мідь/алюміній. Коли уникнути їх не є можливим, такі з'єднання мають бути зварені чи забезпечені проміжним шаром з мідно-алюмінієвої бляхи;
 - потрібно, щоби тримачі чи муфти для алюмінієвих провідників були з однакового металу та з достатнім поперечним перерізом для уникнення пошкоджень за несприятливих погодних умов;
 - мідь є придатною до використання в більшості застосувань уземлювальних електродів, крім кислотних, аміачно-кисневих чи сірчастих умов. Однак треба пам'ятати про можливість гальванічного пошкодження чорних металів, з якими її сполучено. Це може потребувати порад фахівця з корозії, зокрема, коли використовують схему катодного захисту;

— для покрівельних провідників та доземних провідників, які піддаються впливам агресивних димових газів, пильну увагу належить приділити корозії, приміром, використовувати високолеговані сталі (>16,5 % Cr, >2 % Mo, 0,2 % Ti, 0,12 %—0,22 % N);

— нержавку сталь чи інші сплави нікелю можна використовувати для тих самих корозійних вимог. Проте в анаеробних середовищах, як-от глина, вони будуть кородувати майже так само швидко, як сталь, бідна на вуглець;

— потрібно, щоби з'єднання між сталлю та міддю чи мідними сплавами у повітрі, якщо вони не є зварними, були чи повністю луженими, чи повністю вкритими тривким вологостійким покриттям;

— мідь та мідні сплави схильні до корозійного розтріскування під обтяженням в амоніакових випарах, тому ці матеріали не варто використовувати для кріплення у цих специфічних застосуваннях;

— потрібно, щоби в морських/прибережних районах усі з'єднання провідників були зварними чи дійсно повністю герметичними.

Системи уземлення з нержавкої сталі чи міді можна під'єднувати безпосередньо до сталевого риштунку в бетоні.

Уземлювальні електроди з цинкованої сталі у ґрунті належить під'єднувати до сталевого риштунку в бетоні ізолювальними іскровими проміжками, які здатні проводити наявну частину струму блискавки (див. таблиці 8 та 9 щодо розмірів сполучних провідників). Пряме з'єднання в ґрунті значно збільшує ризик корозії. Потрібно, щоби застосовувані ізолювальні іскрові проміжки відповідали умовам, зазначеним у 6.2.

Примітка. Зазвичай придатними є ізолювальні іскрові проміжки із захисним рівнем U_x 2,5 кВ та I_{imp} не менше ніж 50 кА (10/350 мкс), які відповідають вимогам EN 62561-4.

Поцинковану сталь належить використовувати для уземлювальних електродів у ґрунті, лише якщо жодні сталеві деталі, що розташовані в бетоні, не є безпосередньо з'єднаними з уземлювачем у ґрунті.

Якщо у ґрунті прокладають металеві труби, які сполучено із системою еквіпотенційних сполучень та із системою земляного закінчення, то потрібно, щоби матеріал труб там, де їх не ізолювано, був таким самим, як і матеріал провідників системи уземлення. Труби із захисним шаром фарби чи асфальту розглядають як неізолювані. Якщо використання однакового матеріалу є неможливим, систему трубопроводів належить відокремити ізолювальними вставками від тих ділянок об'єкта, які з'єднано із системою еквіпотенційних сполучень. Ізолювальні вставки належить узбочити іскровими проміжками. Належить також виконувати узбочування також там, де ізолювальні вставки встановлено з огляду на катодний захист трубопроводів.

Провідники зі свинцевими оболонками не треба встановлювати безпосередньо в бетон. Провідники зі свинцевими оболонками належить захистити від корозії протикорозійними обгортками чи термозступними трубками. Провідники може бути захищено покриттями з ПВХ чи ПЕ.

Сталеві провідники земляного закінчення, які виходять з бетону чи з ґрунту, у точці входу до повітряного середовища належить захистити від корозії на довжині 0,3 м протикорозійними обгортками чи термозступними трубками. Для провідників з міді чи нержавкої сталі це є зайвим.

Потрібно, щоби матеріали, що їх використовують для сполучників між провідниками в ґрунті, мали такі самі корозійні характеристики, як і провідники земляного закінчення. З'єднання за допомогою затискачів зазвичай не є припустимі, крім випадків, коли для таких з'єднань забезпечують ефективний захист від корозії після виконання сполучення. Позитивний досвід було накопичено з обтискними сполученнями.

Зварні шви належить захистити від корозії.

Практичний досвід показує, що:

— алюміній ніколи не потрібно використовувати як уземлювальний електрод;

— сталеві провідники зі свинцевою оболонкою непридатні для використання як уземлювальні провідники;

— мідні провідники зі свинцевою оболонкою не потрібно використовувати ані в бетоні, ані в ґрунті з високим вмістом кальцію.

Е.5.6.2.2.2 Метали в бетоні

Вбудовування сталі чи цинкованої сталі до бетону призводить до стабілізації природного потенціалу металу завдяки рівномірному лужному середовищу. До того ж, бетон дає рівномірний, відносно високий питомий опір приблизно 200 Ом·м або вище.

Отже, стрижні риштунку в бетоні є значно стійкішими до корозії, ніж коли вони є відкритими, навіть якщо їх сполучено зовні до більш катодних електродних матеріалів.

Використання сталі риштунку як доземних провідників не становить значних корозійних проблем за умови, що точки доступу для перехоплювачів є добре інкапсульовані, приміром, достатньо товстим шаром епоксидної шпальдовки.

Поцинковані сталеві штаби як фундаментні уземлювальні електроди можуть бути встановлені в бетоні й сполучені безпосередньо зі сталевими стрижнями риштунку. Мідь та нержавка сталь у бетоні є також прийнятними та їх може бути сполучено зі сталлю риштунку безпосередньо.

Потрібно, щоби з огляду на природний потенціал сталі в бетоні, додаткові уземлювальні електроди поза бетоном були виготовлені з міді чи нержавкої сталі.

У сталевібробетоні, якщо неможливо забезпечити заливання бетону принаймні 50 мм завтовшки над уземлювальними електродами, які розташовані в бетоні, використання сталевих уземлювальних електродів не дозволено, оскільки під час будівництва сталевий електрод може бути втиснений донизу, приміром, застосовуваними машинами, й торкнутися ґрунту. У такому разі сталь наражається на по-важний корозійний ризик. Мідь та нержавка сталь є прийнятними матеріалами для уземлювальних електродів у сталевібробетоні.

Е.6 Система внутрішнього захисту від блискавки

Е.6.1 Загальні положення

Вимоги до проєктування внутрішньої системи блискавкозахисту подано в розділі 6.

Зовнішня система блискавкозахисту та її зв'язок зі струмопровідними частинами та обладнанням усередині будівлі (споруди) визначатиме значною мірою необхідність у внутрішній системі блискавкозахисту.

Важливим є проведення консультацій з усіма установами та зацікавленими сторонами щодо екі-потенційних сполучень.

Потрібно, щоби проєктувальник LPS та монтажник LPS звертали увагу на той факт, що заходи, зазначені в Е.6, є дуже важливими для досягнення відповідного захисту від блискавки. Покупець також повинен знати про це.

Внутрішній блискавкозахист є однаковим для всіх рівнів захисту, крім роздільних відстаней.

Заходи, необхідні для внутрішнього блискавкозахисту, у багатьох випадках переважають заходи з екіпотенційних сполучень для систем живлення змінного струму, з огляду на значну величину струму та його стрімкість, що мають місце в разі удару блискавки.

Примітка. Якщо розглядають захист від LEMP, належить брати до уваги EN 62305-4.

Е.6.2 Екіпотенційні сполучення блискавкозахисту (ЕВ)

Е.6.2.1 Загальні положення

У разі ізольованої зовнішньої LPS, екіпотенційні сполучення влаштовують лише на рівні ґрунту.

Для промислових споруд електрично безперервні струмопровідні частини будівлі (споруди) й покрівлі можна зазвичай використовувати як природні компоненти LPS та можна також використовувати для виконання екіпотенційних сполучень.

Не лише струмопровідні частини будівлі (споруди) та устаткування, встановлене в ній, належить сполучити із системою екіпотенційних сполучень, а й провідники системи електроживлення та кому-нікаційного обладнання. Для уземлювальних електродів усередині будівлі (споруди) особливу увагу належить приділяти регулюванню напруги кроку. Відповідні заходи охоплюють приєднання сталі риштунку бетону до уземлювальних електродів локально чи влаштування сітки вирівнювання потенціалів у погребі чи підвалі.

Для будівель (споруд) заввишки понад 30 м рекомендують повторити екіпотенційні сполучення на рівні 20 м та через кожні 20 м над ним. Вимоги щодо відокремлення зазвичай буде виконано.

Це означає, що принаймні на тих рівнях зовнішні доземні провідники, внутрішні доземні провідники й металеві частини необхідно з'єднати. Провідники під напругою належить приєднати за допомогою SPD.

Е.6.2.1.1 Сполучні провідники

Потрібно, щоби сполучні провідники були здатними витримувати частину струму блискавки, яка проходить ними.

Провідники, які сполучають внутрішнє металеве устаткування в будівлі (споруді), зазвичай не проводять суттєвої частини струму блискавки. Їхні мінімальні розміри подано в таблиці 9.

Провідники, які сполучають зовнішні струмопровідні частини з LPS, зазвичай проводять суттєву частину струму блискавки. Їхні мінімальні розміри подано в таблиці 8.

Е.6.2.1.2 Пристрої захисту від імпульсних перенапруг

Потрібно, щоб пристрої захисту від імпульсних перенапруг (SPD) витримували прогнозовану частину струму блискавки, що проходить ними, без пошкоджень. Потрібно також, щоб SPD були здатними гасити залишковий струм від джерела живлення, якщо їх під'єднано до провідників електроживлення.

Вибір SPD необхідно здійснювати відповідно до вимог, наведених у 6.2. Якщо вимагають захист внутрішніх систем від LEMP, потрібно, щоб SPD також відповідали EN 62305-4.

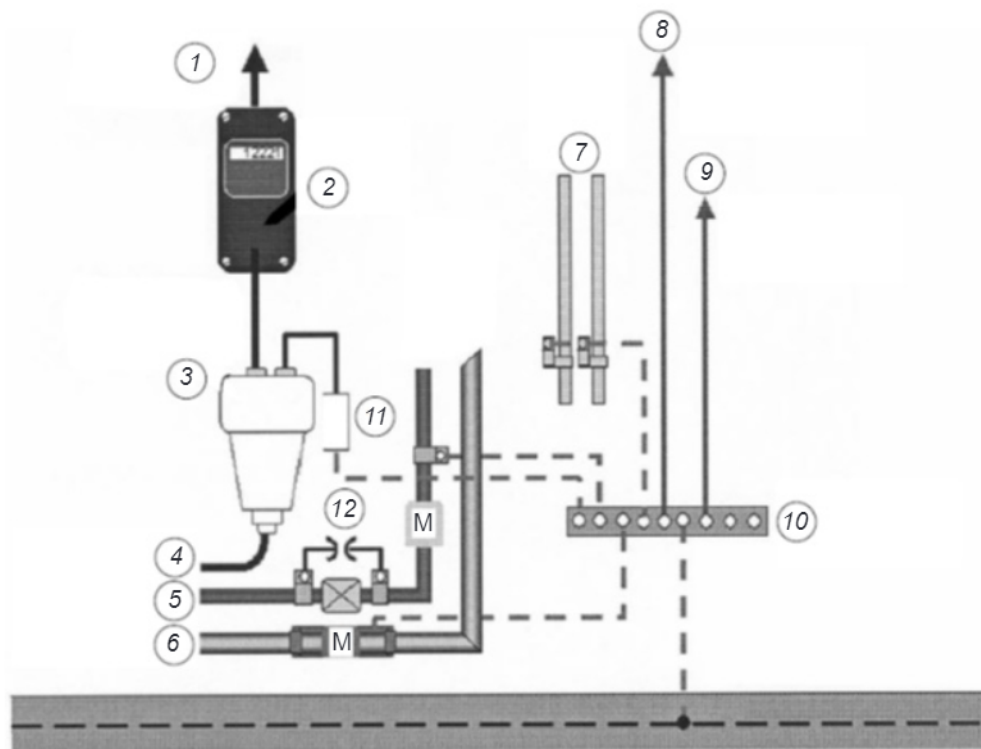
Е.6.2.2 Еквіпотенційні сполучення внутрішніх струмопровідних частин

Еквіпотенційні сполучення належить забезпечити так, щоб внутрішні струмопровідні частини, зовнішні струмопровідні частини та електричні й комунікаційні системи (приміром, комп'ютерні системи та системи безпеки) могли бути з'єднані короткими сполучними провідниками. Еквіпотенційні сполучення у внутрішніх та зовнішніх струмопровідних частинах, які не мають електричних функцій, здійснюють безпосередньо. Усі електричні сполучення (силові та сигнальні) належить приєднувати за допомогою SPD.

Потрібно, щоб металеве обладнання, як-от водяні, газові, повітряні та опалювальні труби, шахти ліфтів, опори кранів тощо, було сполучено між собою та з LPS на рівні ґрунту.

Іскріння може виникати в металевих елементах, які не належать до будівлі (споруди), якщо ці елементи розташовані поблизу доземних провідників LPS. У місцях, де це становить небезпеку, належить вжити відповідних заходів з еквіпотенційних сполучень відповідно до 6.2, аби запобігти іскрінню.

Розміщення сполучної шини зображено на рисунку Е.43.



IEC 2731/10

Умовні позначки:

- 1 — живлення до споживача;
- 2 — прилад обліку;
- 3 — ввідний пристрій будинку;
- 4 — живлення від мережі;
- 5 — газ;
- 6 — вода;
- 7 — система централізованого опалення;
- 8 — електронні пристрої;
- 9 — екран кабелю антени;
- 10 — сполучна шина;
- 11 — SPD;
- 12 — ISG;
- M — прилад обліку.

Рисунок Е.43 — Приклад розміщення еквіпотенційних сполучень

Сполучні шини належить розміщувати так, аби їх було сполучено із системою земляного закінчення чи з горизонтальними кільцевими провідниками короткими провідниками.

Сполучну шину встановлюють переважно на внутрішній стороні зовнішньої стіни близько до рівня землі, поруч із ввідним пристроєм НН живлення та потрібно, щоби її було ретельно приєднано до системи уземлення з кільцевим уземлювальним електродом включно, фундаментним уземлювальним електродом і природним уземлювальним електродом, приміром, із взаємозв'язаного сталевго риштунку, якщо це є прийнятним.

У широких будівлях (спорудах) можна використовувати кілька сполучних шин за умови, що вони будуть взаємозв'язаними. Дуже довгі з'єднання можуть утворювати великі петлі, призводячи до великих індукованих струмів та напруг. Для мінімізації цих явищ належить розглянути застосування сіткового взаємного сполучення цих приєднань, будівлі (споруди) та системи уземлення згідно з EN 62305-4.

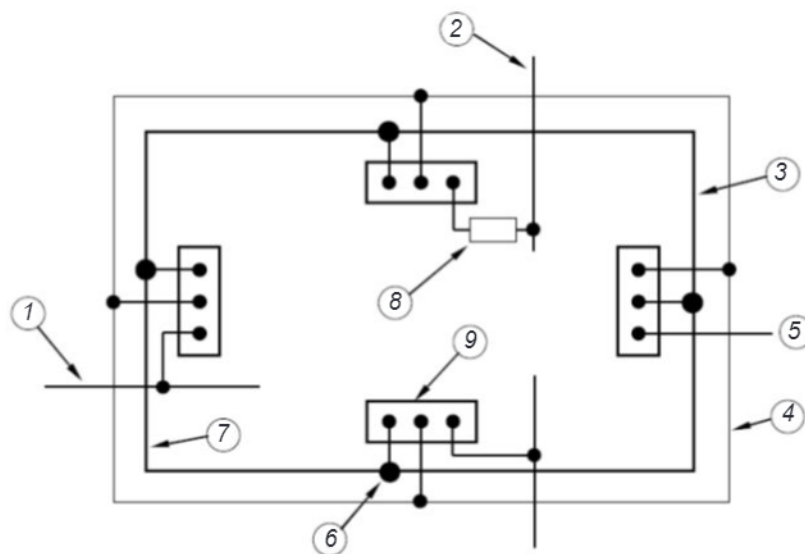
У залізобетонних будівлях (спорудах), що відповідають вимогам 4.3, для еквіпотенційних сполучень можна використовувати сталевий риштунок. У цьому разі у стінах належить встановити додаткову сіткову мережу зварних чи шрубових струмопровідних клем, які описано в Е.4.3, до яких належить під'єднати сполучні шини привареними провідниками.

Примітка. У цьому разі дотримання роздільної відстані не є необхідним.

Мінімальний поперечний переріз сполучних провідників наведено в таблицях 8 та 9. Усі внутрішні струмопровідні частини значних розмірів, такі як напрямні ліфтів, крани, металеві підлоги, труби та електричне обладнання належить приєднати до найближчої сполучної шини коротким сполучним провідником на позначці землі та на інших позначках, якщо роздільної відстані відповідно до 6.3 не може бути дотримано. Потрібно, щоби сполучні шини та інші частини з'єднання були здатними витримувати очікувані струми блискавки.

У будівлях (спорудах) із залізобетонними стінами лише незначна частина загального струму блискавки проходить сполучними частинами.

На рисунках Е.44, Е.45 та Е.46 показано розміщення сполучень у будівлях (спорудах) з численними точками уводу зовнішніх послуг.



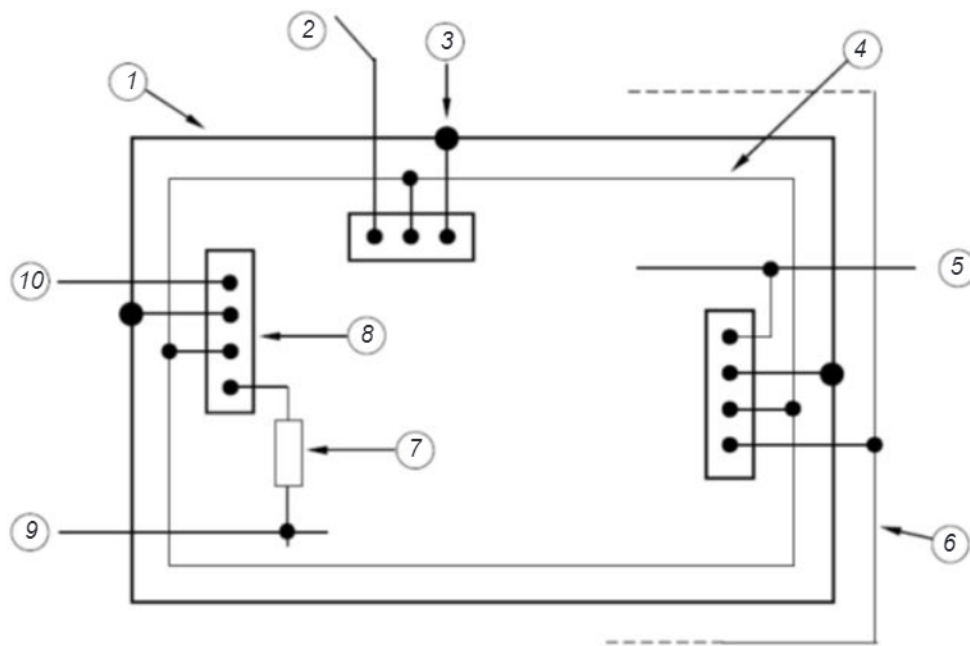
IEC 2732/10

Умовні позначки:

- 1 — зовнішня провідна частина, приміром металева труба водогону;
- 2 — електрична живильна чи комунікаційна лінія;
- 3 — сталевий риштунок зовнішньої бетонної стіни й фундаменту;
- 4 — кільцевий уземлювальний електрод;
- 5 — до додаткового уземлювального електрода;
- 6 — спеціальний злучник системи еквіпотенційних сполучень;
- 7 — залізобетонна стіна (див. поз. 3);
- 8 — SPD;
- 9 — сполучна шина.

Примітка. Сталевий риштунок у фундаменті використовують як природний уземлювач.

Рисунок Е.44 — Приклад розміщення сполучень у будівлі (споруді) з численними точками уводу зовнішніх струмопровідних частин, де кільцевий електрод використовують для взаємного зв'язку сполучних шин

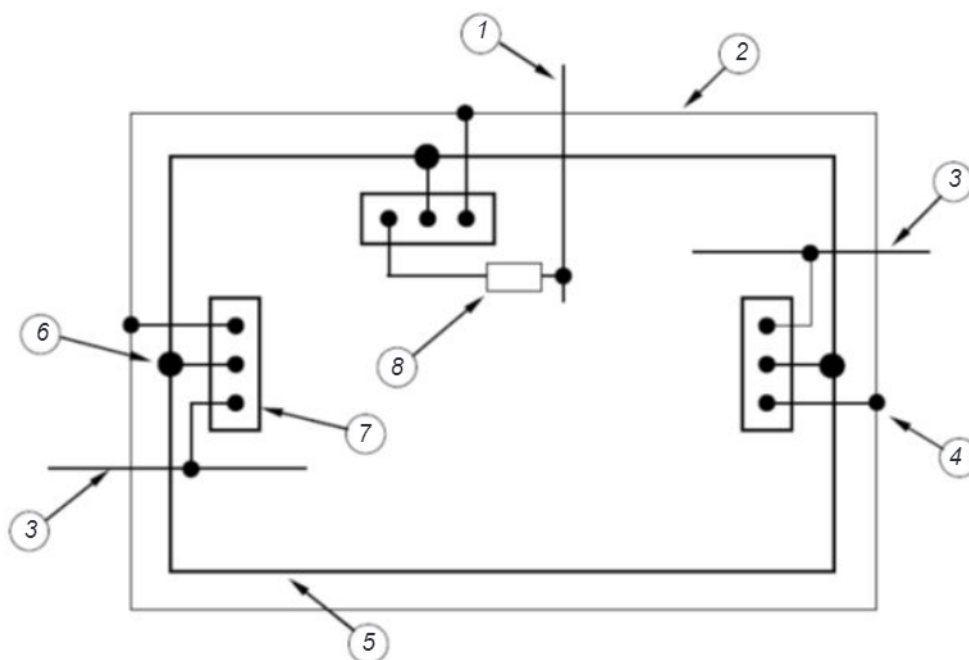


IEC 2733/10

Умовні позначки:

- 1 — сталевий риштунок зовнішньої бетонної стіни й фундаменту;
- 2 — зовнішній уземлювальний електрод;
- 3 — злучник системи еквіпотенційних сполучень;
- 4 — внутрішній кільцевий провідник;
- 5 — до зовнішньої провідної частини, приміром труби водогону;
- 6 — кільцевий уземлювальний електрод, розміщення типу В;
- 7 — SPD;
- 8 — сполучна шина;
- 9 — електрична живильна чи комунікаційна лінія;
- 10 — до додаткового уземлювального електрода, розміщення типу А.

Рисунок Е.45 — Приклад сполучень за наявності численних точок уводу зовнішніх струмопровідних частин та електричної живильної чи телекомунікаційної лінії, де внутрішній кільцевий провідник використовують для взаємного зв'язку сполучних шин



IEC 2734/10

Умовні позначки:

- 1 — електрична живильна чи комунікаційна лінія;
- 2 — зовнішній горизонтальний кільцевий провідник (над землею);
- 3 — зовнішні струмопровідні частини;
- 4 — злучник доземного провідника;
- 5 — сталевий риштунок у стіні;
- 6 — злучник системи еквіпотенційних сполучень конструкційної сталі;
- 7 — сполучна шина;
- 8 — SPD.

Рисунок Е.46 — Приклад розміщення сполучень у будівлі (споруді) з численними точками уводу зовнішніх струмопровідних частин, які входять до будівлі (споруди) над рівнем ґрунту

Е.6.2.3 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту зовнішніх струмопровідних частин

Додаткової інформації немає.

Е.6.2.4 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту електричних та електронних систем у захищуваній будівлі (споруді)

Подробиці щодо еквіпотенційних сполучень блискавкозахисту внутрішніх систем подано в EN 62305-4.

Е.6.2.5 Еквіпотенційні сполучення зовнішніх послуг

Рекомендують, щоби зовнішні струмопровідні частини й електричні живильні та комунікаційні лінії входили до будівлі (споруди) поблизу позначки землі сукупно.

Еквіпотенційні сполучення належить виконати якнайближче до місця уводу до будівлі (споруди). У разі живлення НН це є безпосередньо за ввідним пристроєм (за погодженням із місцевою енергетичною компанією).

Сполучну шину в цьому сукупному місці входу належить приєднати короткими провідниками до системи земляного закінчення.

Якщо послуги, які вводять до будівлі (споруди), є екранованими лініями, екрани належить приєднати до сполучної шини. Перенапруги, які сягають активних провідників, є функцією величини часткового струму блискавки в екрані (тобто згідно з додатком В) і поперечного перерізу екрана. У додатку Е, EN 62305-1:2011 подано метод оцінювання цього струму. SPD є необхідними, якщо прогнозовані перенапруги перевищують проєктні технічні характеристики лінії та приєднаних об'єктів.

Якщо послуги, які вводять до будівлі (споруди), не є екранованими, частковий струм плинтиме активними провідниками. У цьому разі SPD, здатні витримувати струм блискавки, належить розмістити у місці уводу. Провідники РЕ та PEN може бути під'єднано безпосередньо до сполучної шини.

Якщо зовнішні струмопровідні частини, електричні та комунікаційні лінії потрібно увести до будівлі (споруди) у різних місцях і необхідно встановити кілька сполучних шин, сполучні шини належить під'єднати якомога ближче до системи уземлення, тобто до кільцевого уземлювального електрода, до риштунку будівлі (споруди) й до фундаментного уземлювального електрода будівлі (споруди), якщо можливо.

Якщо уземлення розміщення типу А використовують як частину LPS, сполучні шини належить приєднати до окремих уземлювальних електродів та, на додачу, їх належить сполучити між собою внутрішнім кільцевим провідником чи внутрішнім провідником у формі розімкненого кільця.

Для уводів зовнішніх послуг над позначкою землі сполучні шини належить під'єднати до прокладеного зсередини чи зовні зовнішньої стіни горизонтального кільцевого провідника, сполученого з доземними провідниками LPS та з металевим риштунком будівлі (споруди), якщо можливо.

Кільцевий провідник належить під'єднати до сталевого риштунку та інших металевих елементів будівлі (споруди) з постійним кроком, який відповідає відстані між доземними провідниками, як зазначено в таблиці 4, типово кожні 5—10 м.

У будинках, принципово спроектованих для ЦОД, комунікаційних закладів та інших споруд, що потребують низького рівня індукційних ефектів LEMP, кільцевий провідник належить під'єднати до риштунку зазвичай що кожні 5 метрів.

Для сполучення зовнішніх послуг у залізобетонних будівлях (спорудах), які містять велику кількість комунікаційного чи комп'ютерного обладнання, а також для будівель (споруд), де вимоги щодо EMC є більш поважними, належить використовувати уземлення з численними приєднаннями до металевого риштунку будівлі (споруди) чи інших металевих елементів.

Е.6.3 Електричне ізолювання зовнішньої LPS

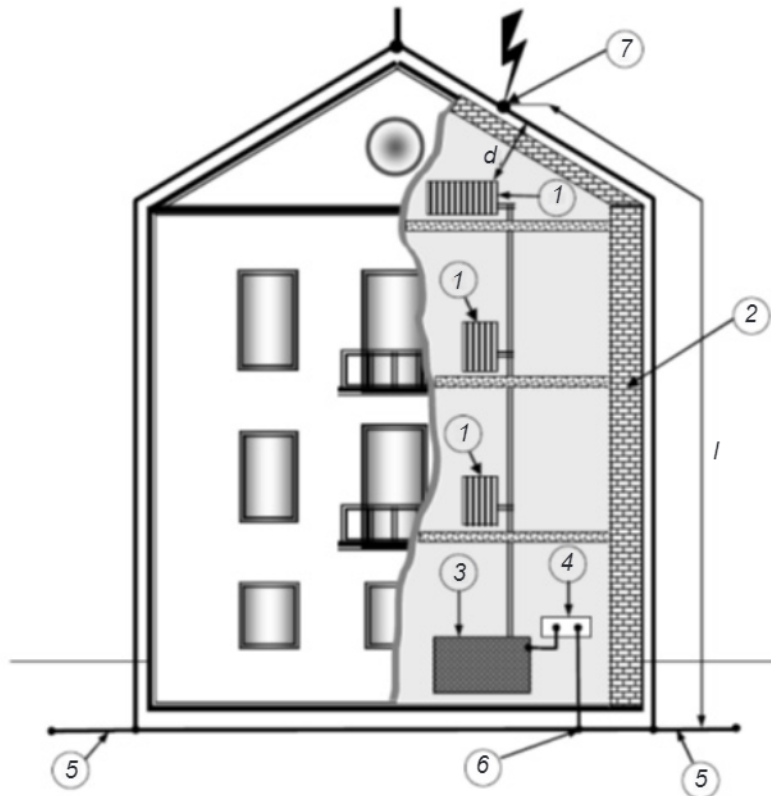
Е.6.3.1 Загальні положення

Між зовнішньою LPS та всіма струмопровідними частинами, сполученими із системою еквіпотенційних сполучень усієї будівлі (споруди), необхідно підтримувати достатню роздільчу відстань відповідно до 6.3.

Роздільчу відстань можна оцінити за співвідношенням (4), як це показано у 6.3.

Потрібно, щоби характерною довжиною l для оцінювання роздільчої відстані s (див. 6.3) була відстань уздовж доземного провідника між найближчим сполученням його з точкою системи еквіпотенційних сполучень або з мережею уземлення й точкою зближення. Потрібно, щоби провідники покрівлі та доземні провідники проходили якомога прямішими шляхами, аби дотримувати необхідну роздільчу відстань малою.

Довжина та шлях у будівлі (споруді) провідника, який проходить від сполучної шини до точки зближення, зазвичай мало впливає на роздільчу відстань, але якщо цей провідник наближається до провідника, яким проходить струм блискавки, необхідна роздільча відстань буде нижчою. Рисунок Е.47 ілюструє, як у LPS вимірюють характерну довжину l , яку використовують для обчислення роздільчої відстані s відповідно до 6.3.



IEC 2735/10

Умовні позначки:

- 1 — металевий радіатор/обігрівач;
- 2 — стіна з цегли чи дерева;
- 3 — котел;
- 4 — сполучна шина;
- 5 — система земляного закінчення;
- 6 — сполучення до системи земляного закінчення чи доземного провідника;
- 7 — найгірший випадок;
- d — фактична довжина;
- l — довжина для оцінювання роздільної відстані s.

Примітка. Будівлю складають з ізоляційної цегли.

Рисунок Е.47 — Вказівки з обчислень роздільної відстані s для найгіршого випадку точки перехоплення блискавки на відстані l від характерної точки відповідно до 6.3

Потрібно, щоби в будівлях (спорудах), де конструкційні елементи будинку використовують як природні доземні провідники, приміром сталевий риштунок у бетоні, характерною точкою була точка сполучення з природним доземним провідником.

У будівлях (спорудах) із зовнішніми поверхнями, які не містять струмопровідних елементів, приміром будівлях (спорудах) із дерева чи цегли, для обчислення роздільної відстані s відповідно до 6.3 необхідно використовувати найкоротшу загальну відстань уздовж проводів блискавкозахисту l від найбільш несприятливої точки удару блискавки до найближчого земляного закінчення чи точки, де систему еквіпотенційних сполучень внутрішнього устаткування під'єднано до доземного провідника чи до системи земляного закінчення.

Якщо неможливо дотримувати відстані, більшої за роздільну відстань по всій довжині інженерної системи, яку розглядають, належить сполучити цю систему з LPS у точці, яка відстоїть якнайдалі від опорної точки системи еквіпотенційних сполучень (див. рисунок Е.47).

Отже, необхідно чи перекласти електричні провідники відповідно до вимог щодо роздільної відстані (див. 6.3), чи їх належить вкласти до струмопровідного екрана, сполученого з LPS у точці, що відстоїть якнайдалі від опорної точки системи еквіпотенційних сполучень.

Якщо сполучення інженерних систем з LPS у будинках до 30 м заввишки виконують в опорній точці та в якнайдальшій точці, роздільної відстані дотримують удовж усього шляху інженерних систем.

Такі моменти часто є критичними та потребують особливої уваги:

- у разі більших будівель (споруд) роздільна відстань між провідниками LPS та металевим обладнанням часто є настільки великою, що її не є можливим реалізувати. Це тягне за собою додаткове приєднання LPS до цього металевого обладнання. Отже, частина струму блискавки проходить цим металевим обладнанням до системи земляного закінчення будівлі (споруди);

- електромагнетні завади, які спричиняють ці часткові струми, належить брати до уваги за планування розміщення устаткування в будівлі (споруді) та за визначення електромагнетних зон усередині будівлі (споруди) згідно з EN 62305-4.

Однак завади будуть суттєво нижчими від тих, які виникають від електричної іскри в цій точці.

У місцях, наближених до покрівель, відстань між LPS та електричним устаткуванням часто виявляється коротшою, ніж роздільна відстань s , подана в 6.3. У такому разі належить спробувати встановити LPS чи електричний провідник в іншому місці.

Належить отримати згоду від особи, яка відповідає за електричне устаткування, для перекладення електричних мереж, які не відповідають вимогам щодо роздільної відстані до провідників перехоплювачів на будівлях (спорудах).

Якщо електричне устаткування не може бути переміщене, належить виконати сполучення із зовнішньою LPS відповідно до 6.3.

У деяких будинках неможливо дотримати необхідної роздільної відстані. Внутрішні конструкції можуть заважати проєктувальнику чи монтажнику правильно оцінити ситуацію та виконати сполучення з певними металевими частинами та електропроводнею. Про це належить повідомляти власнику будинку.

Е.6.3.2 Спрощений підхід

Спрощений підхід відповідно до 6.3.2 є можливим, якщо найбільший вимір будівлі (споруди) у плані (довжина чи ширина) не перевищує висоти в понад чотири рази.

Е.6.4 Захист від впливу індукованих струмів у внутрішніх системах

Струми у провідниках зовнішньої LPS можуть індукувати надмірні перенапруги в петлях провідників внутрішніх систем через магнетну взаємодію. Перенапруги можуть спричинити збої внутрішніх систем.

Оскільки практично всі будинки містять електронне обладнання, вплив електромагнетного поля зовнішніх та внутрішніх доземних провідників належить брати до уваги за планування систем захисту від блискавки.

Заходи захисту від перенапруг подано в EN 62305-4.

Е.7 Технічне обслуговування та огляд LPS

Е.7.1 Обсяг оглядів

Огляд LPS повинен проводити фахівець з блискавкозахисту згідно з рекомендаціями, наведеними в Е.7.

Інспектору необхідно надати звіт про проєкт LPS, що містить необхідну документацію щодо LPS, приміром критерії проєктування, опис конструкції й технічні кресленики. Інспектору LPS також необхідно надати звіти про попередні технічні обслуговування та огляди LPS.

Усі LPS належить перевіряти в таких випадках:

- під час монтажу LPS, особливо під час установлення компонентів, що їх приховано в будівлі (споруді) й вони стануть неприступними для огляду;
- після завершення монтажу LPS;
- регулярно відповідно до таблиці Е.2.

Таблиця Е.2 — Максимальний інтервал між перевірками LPS

Рівень захисту	Візуальний огляд, рік	Повний огляд, рік	Критичні ситуації ^{a b} , повний огляд, рік
I та II	1	2	1
III та IV	2	4	1

^a Візуальний огляд систем блискавкозахисту, які використовують у будівлях (спорудах) з ризиком, спричиненим вибухо-небезпечними матеріалами, необхідно проводити щонайменше 6 місяців. Електричні випробування устаткування належить виконувати один раз на рік. Прийнятним винятком щодо річного графіка випробувань є проведення випробувань на основі 14—15 місячного циклу, де вважають доцільним проведення випробувань опору землі в різні пори року для отримання показників сезонних коливань.

^b Критичні ситуації можуть охоплювати будівлі (споруди), що містять у собі чутливі внутрішні системи, офісні будівлі, комерційні будинки чи місця, де може бути присутня значна кількість людей.

Періодичності оглядів, наведені в таблиці Е.2, належить застосовувати за відсутності особливих вимог, установлених відповідними уповноваженими органами.

Примітка. Якщо державні органи чи установи вимагають проведення регулярних випробувань електричних систем будівлі (споруди), рекомендують одночасно виконувати перевірку системи блискавкозахисту на предмет функціонування заходів внутрішнього блискавкозахисту зі з'єднаннями системи еквіпотенційних сполучень з електричними системами включно. Аналогічно потрібно, щоби раніше встановлене устаткування було пов'язане з класом блискавкозахисту чи періодичність випробувань належить взяти з місцевих чи будь-яких інших технічних умов на проведення випробувань, таких як нормативна документація на будівництво, технічні регламенти, інструкції, закони з промислової безпеки та охорони праці.

Візуальний огляд LPS належить виконувати принаймні щорічно. У деяких районах, де трапляються різкі зміни погоди та екстремальні погодні умови, рекомендують виконувати візуальний огляд системи частіше, ніж зазначено в таблиці Е.2. Якщо LPS є частиною спланованої програми технічного обслуговування клієнта, чи цього вимагає страховик будівлі (споруди), тоді може бути потрібне повне випробування LPS щороку.

Інтервал між оглядами LPS належить визначати за такими чинниками:

- класифікація захищеної будівлі (споруди), особливо з урахуванням непрямих наслідків пошкодження;
- клас LPS;
- місцеве довкілля, приміром, за корозійної атмосфери огляди належить проводити частіше;
- матеріали окремих компонентів LPS;
- тип поверхні, до якої компоненти LPS під'єднано;
- стан ґрунту та пов'язана з цим швидкість корозії.

Додатково до зазначеного вище огляд LPS належить виконувати щоразу, коли зроблено значні зміни чи ремонт у захищеній будівлі (споруді), а також після будь-якої відомої виснаги блискавки до LPS.

Загальну перевірку та випробування належить проводити з проміжком від двох до чотирьох років. Системи, які перебувають у критичних умовах навколишнього середовища, приміром частини LPS, які є під сильним механічним напруженням, як-от гнучкі сполучні смуги в районах із сильними вітрами, SPD на трубопроводах, відкриті з'єднання кабелів тощо, треба повністю перевіряти щороку.

У більшості географічних районів, особливо в районах, для яких є характерними значні сезонні зміни температури та опадів, належить взяти до уваги опір уземлення вимірюванням профілю питомого опору за глибиною в різні погодні періоди.

Належить удосконалити систему уземлення, якщо виміряні значення опору вказують на більші зміни опору, ніж передбачені за проєктування; особливо коли опір неухильно зростає між перевірками.

Е.7.2 Порядок оглядів

Е.7.2.1 Процедура огляду

Цей огляд призначено для забезпечення того, що LPS відповідає цьому стандарту в усіх відношеннях.

Огляд охоплює перевірку технічної документації, візуальний огляд, випробування та внесення запису до звіту про огляд.

Е.7.2.2 Перевірка технічної документації

Належить перевірити, чи технічна документація є повною, чи відповідає цьому стандарту та чи належно виконано установку.

Е.7.2.3 Візуальний огляд

Візуальний огляд виконують для перевірки того, що:

- проєкт відповідає цьому стандарту;
- LPS перебуває в доброму стані;
- немає послаблених з'єднань та жодних випадкових розривів у провідниках та з'єднаннях LPS;
- жодна з частин системи не є ураженою корозією, особливо на рівні ґрунту;
- усі видимі приєднання до землі є цілими (функціонально в робочому стані);
- усі видимі провідники та компоненти системи закріплено на монтажній поверхні, а компоненти, які забезпечують механічний захист є цілими (функціонально в робочому стані) та розташовані в потрібному місці;
- у захищуваній будівлі (споруді) не було жодних доповнень чи змін, які можуть потребувати додаткового захисту;
- немає жодних вказівок на пошкодження LPS, SPD чи перегорання запобіжників, які захищають SPD;
- для всіх нових послуг чи доповнень, які було влаштовано у внутрішньому просторі будівлі (споруди) з моменту останньої перевірки, створено правильні еквіпотенційні сполучення та для цих нових доповнень були проведені випробування на безперервність;
- усередині будівлі (споруди) є сполучні провідники та вони є цілими (функціонально в робочому стані);
- роздільчі відстані дотримано;
- сполучні провідники, злучники, екранувальні пристрої, електропроводня та SPD перевірено й випробувано.

Е.7.2.4 Випробування

Перевірка й випробування LPS охоплюють візуальний огляд та їх належить виконувати з такими діями:

- виконання перевірок безперервності, особливо безперервності тих частин LPS, які не були приступними для перевірки під час початкового монтажу та згодом не є приступними для візуального огляду;

— проведення перевірок опору землі системи земляного закінчення. Належить виконати ізольовані та комбіновані вимірювання опору землі та перевірки, а результати зафіксувати у звіті про перевірку LPS.

Примітка 1. Високочастотні чи імпульсні вимірювання є можливими й доцільними для визначення високочастотних чи імпульсних характеристик системи земляного закінчення. Ці вимірювання може бути виконано на етапі монтажу, а також періодично під час обслуговування системи уземлення для перевірки відповідності між спроектованою та потрібною системою земляного закінчення.

а) Опір землі кожного локального уземлювального електрода та, якщо це є практично можливим, опір землі всієї системи земляного закінчення.

Кожен локальний уземлювальний електрод належить вимірювати ізольовано, за від'єданого положення перевіркового злучника між доземним провідником та уземлювальним електродом (ізольоване вимірювання).

Примітка 2. Для мереж уземлення, які складаються як з вертикальних стрижнів уземлення, так і часткового чи повного кільцевого уземлювального електрода, відімкнення та випробування належить проводити в колодязі перевірки уземлення. Якщо такий огляд є складним для виконання, належить виконати типові випробування за допомогою високочастотних чи імпульсних вимірювань.

Якщо опір землі системи земляного закінчення в цілому перевищує 10 Ом, належить виконати перевірку на предмет встановлення того, що електрод відповідає рисунку 3.

У разі суттєвого збільшення чи зменшення величини опору уземлення належить провести додаткові дослідження для визначення причини таких змін.

Для уземлювальних електродів у скелястих ґрунтах належить дотримувати вимоги Е.5.4.3.5. Вимоги щодо 10 Ом у цьому разі не застосовують.

б) Результати візуальної перевірки усіх провідників, сполучень та злучників чи їхня виміряна електрична безперервність.

Якщо система земляного закінчення не відповідає цим вимогам чи перевірка дотримання вимог є неможливою через брак інформації, систему земляного закінчення необхідно удосконалити встановленням додаткових уземлювальних електродів чи встановленням нової системи земляного закінчення.

Перевірку тих SPD, які не мають візуального індикатора, необхідно виконувати переважно з використанням обладнання чи рекомендацій, наданих виробником.

Е.7.2.5 Перевірка документації

Для полегшення виконання перевірок LPS належить підготувати інструкції з перевірки LPS. Потрібно, щоби вони містили достатньо інформації для того, аби інспектор міг здійснювати огляд так,

щоб було задокументовано всі важливі елементи, як-от метод монтажу LPS, типи та стан компонентів LPS, методи випробувань і внесення відповідних записів про отримані результати випробувань.

Потрібно, щоби звіт про перевірку LPS містив такі відомості:

- загальний стан провідників перехоплювачів та інших компонентів системи перехоплення;
- загальний рівень корозії та стан захисту від корозії;
- надійність кріплення провідників LPS та компонентів;
- результати вимірювання опору землі системи земляного закінчення;
- будь-які відхилення від вимог цього стандарту;
- документування всіх змін та доповнень у LPS і змін у будівлі (споруді). На додаток належить перевірити кресленики та опис конструкції LPS;
- результати проведених випробувань.

Е.7.3 Технічне обслуговування

Технічне обслуговування LPS належить виконувати регулярно для перевірки того, що її стан не погіршився і вона продовжує виконувати вимоги, згідно з якими її було спершу спроектовано. Проектом LPS необхідно визначати необхідну періодичність технічного обслуговування та перевірки відповідно до таблиці Е.2.

У програмі технічного обслуговування LPS належить передбачити безперервне оновлення LPS згідно з чинною редакцією цього стандарту.

Е.7.3.1 Загальні зауваження

Компоненти LPS зазвичай за кілька років втрачають свою ефективність через корозію, пошкодження, пов'язані з погодними умовами, механічні пошкодження та пошкодження від ударів блискавки.

Програми перевірок і технічного обслуговування затверджує уповноважений орган, проєктувальник або монтажник LPS, спільно з власником будівлі (споруди) або призначеним ним представником.

Для проведення робіт з технічного обслуговування та виконання перевірок LPS обидві програми з перевірки й технічного обслуговування належить координувати.

Технічне обслуговування LPS є важливим, навіть якщо проєктувальником LPS були вжиті спеціальні запобіжні заходи для забезпечення захисту від корозії, а розміри компонентів LPS було добрано з огляду на часткову незахищеність від пошкоджень їх блискавкою та погодними чинниками на додаток до вимог цього стандарту.

Механічні та електричні характеристики LPS потрібно повністю зберігати протягом усього терміну служби LPS для того, аби відповідати вимогам цього стандарту щодо її конструкції.

Може виникнути необхідність внести зміни до LPS, якщо були внесені зміни до будівлі (споруди) чи до її обладнання, або в разі зміни цільового призначення цієї будівлі (споруди).

Якщо за результатами перевірки встановлюють необхідність у виконанні ремонту, такий ремонт належить виконувати негайно та не відкладати до наступного циклу технічного обслуговування.

Е.7.3.2 Порядок технічного обслуговування

Для всіх LPS належить визначити програми з періодичного технічного обслуговування.

Періодичність виконання заходів з технічного обслуговування залежить від такого:

- деградація, пов'язана з погодою та довкіллям;
- незахищеність від поточного пошкодження блискавкою;
- рівень захисту, призначений будівлі (споруді).

Порядок технічного обслуговування LPS належить встановити для кожної окремої LPS та потрібно, щоби він став частиною загальної програми технічного обслуговування для будівлі (споруди).

Потрібно, щоби програма технічного обслуговування містила перелік поточних пунктів для використання його як контрольного списку таким чином, щоби визначені процедури з технічного обслуговування виконували регулярно, для того, щоби створити можливість порівняти нові результати з попередніми.

Потрібно, щоби програма технічного обслуговування містила положення для забезпечення такого:

- перевірка всіх провідників LPS та компонентів системи;
- перевірка електричної безперервності устаткування LPS;
- вимірювання опору землі системи земляного закінчення;
- перевірка SPD;
- підтягування тримачів компонентів та провідників;
- перевірка того, що ефективність LPS не зменшилася після внесення доповнень чи змін до будівлі (споруди) та її обладнання.

Е.7.3.3 Експлуатаційна документація

Потрібно вести повне документування всіх робіт з технічного обслуговування із зазначенням коригувальних заходів, яких було вжито чи які є необхідними.

Потрібно, щоби відомості щодо проведеного технічного обслуговування слугували засобом для оцінювання компонентів LPS та монтажу LPS.

Потрібно, щоби записи щодо обслуговування LPS слугували основою для перегляду процедур з технічного обслуговування, а також для доповнення програм з технічного обслуговування. Відомості щодо проведеного технічного обслуговування LPS належить зберігати разом з проєктом LPS та звітами про перевірку LPS.

БІБЛІОГРАФІЯ

1 NFPA (National Fire Protection Standards) 780:2008 Standard for the Installation of Lightning Protection Systems

2 IEC 61400-24 Wind turbines — Part 24: Lightning protection

3 IEC 60050-826:2004 International Electrotechnical Vocabulary — Part 826: Electrical installations

4 IEC 60050-426:2008 International Electrotechnical Vocabulary — Part 426: Equipment for explosive atmospheres

5 IEC/TR 61000-5-2 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 5: Installation and mitigation guidelines — Section 2: Earthing and cabling

6 IEC 60728-11 Cable networks for television signals, sound signals and interactive services — Part 11: Safety.

НАЦІОНАЛЬНЕ ПОЯСНЕННЯ

1 NFPA (Національні стандарти протипожежного захисту) 780:2008 Стандарт для влаштування систем блискавкозахисту

2 IEC 61400-24 Вітряні турбіни. Частина 24. Блискавкозахист

3 IEC 60050-826:2004 Міжнародний електротехнічний словник. Частина 826. Електричне устаткування

4 IEC 60050-426:2008 Міжнародний електротехнічний словник. Частина 426. Обладнання для вибухо-небезпечних середовищ

5 IEC/TR 61000-5-2 Електромагнітна сумісність. Частина 5-2. Настанови щодо встановлення обладнання та притлумлення завад. Уземлювання та прокладання кабелів

6 IEC 60728-11 Телевізійне та звукове мовлення й інтерактивні мультимедійні служби. Кабельні розподільчі системи. Частина 11. Вимоги щодо безпеки.

ДОДАТОК НА
(довідковий)

**ПЕРЕЛІК НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ УКРАЇНИ,
ІДЕНТИЧНИХ І/АБО МОДИФІКОВАНИХ З ЄВРОПЕЙСЬКИМИ
ТА МІЖНАРОДНИМ НОРМАТИВНИМИ ДОКУМЕНТАМИ,
ПОСИЛАННЯ НА ЯКІ Є В ЦЬОМУ СТАНДАРТІ**

ДСТУ EN 60079-10-1:2018 (EN 60079-10-1:2015, IDT; IEC 60079-10-1:2018, IDT) Вибухонебезпечні середовища. Частина 10-1. Класифікація зон. Газові середовища вибухонебезпечні

ДСТУ EN 61557-4:2014 Електробезпечність низьковольтних розподільчих систем напругою до 1 000 В змінного струму та 1 500 В постійного струму. Обладнання для випробування, вимірювання або контролю заходів безпеки. Частина 4. Опір заземлення та еквіпотенціальні з'єднання (EN 61557-4:2007, IDT)

ДСТУ EN 61557-4:2018 (EN 61557-4:2007, IDT; IEC 61557-4:2007, IDT) Електробезпечність низьковольтних розподільчих систем напругою до 1 000 В змінного струму та 1 500 В постійного струму. Устаткування для випробування, вимірювання або контролювання засобів безпеки. Частина 4. Опір заземлення та еквіпотенціальні з'єднання

ДСТУ EN 61643-21:2015 Пристрої захисту від імпульсних перенапруг низьковольтні. Частина 21. Пристрої захисту від імпульсних перенапруг, підключені до телекомунікаційних мереж та мереж сигналізації. Вимоги до робочих характеристик та методи випробування (EN 61643-21:2001, IDT)

ДСТУ EN 61643-21:2001/Зміна № 1:2015 Пристрої захисту від імпульсних перенапруг низьковольтні. Частина 21. Пристрої захисту від імпульсних перенапруг, підключені до телекомунікаційних мереж та мереж сигналізації. Вимоги до робочих характеристик та методи випробування (EN 61643-21:2001/A1:2009, IDT)

ДСТУ EN 61643-21:2001/Зміна № 2:2015 Пристрої захисту від імпульсних перенапруг низьковольтні. Частина 21. Пристрої захисту від імпульсних перенапруг, підключені до телекомунікаційних мереж та мереж сигналізації. Вимоги до робочих характеристик та методи випробування (EN 61643-21:2001/A2:2013, IDT)

ДСТУ EN 61643-21:2014 Низьковольтні пристрої захисту від перенапруг. Частина 21. Пристрої захисту від перенапруг, що приєднуються до телекомунікаційних та сигнальних мереж. Експлуатаційні вимоги та методи випробувань (EN 61643-21:2001, EN 61643-21:2001/A1:2009 EN 61643-21:2001/A2:2013, IDT)

ДСТУ EN 61643-21/A2:2015 Пристрої захисту від імпульсних перенапруг низьковольтні. Частина 21. Пристрої захисту від імпульсних перенапруг, підключені до телекомунікаційних мереж та мереж сигналізації. Вимоги до робочих характеристик та методи випробування (EN 61643-21:2001/A2:2013, IDT)

ДСТУ EN 61643-21:2018 (EN 61643-21:2001; A1:2009; A2:2013, IDT; IEC 61643-21:2000, IDT; A1:2008, MOD; A2:2012, IDT) Низьковольтні пристрої захисту від перенапруг. Частина 21. Пристрої захисту від перенапруг, з'єднані з телекомунікаційними та сигнальними мережами. Експлуатаційні вимоги та методи випробування

ДСТУ EN 62305-1:2012 Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (EN 62305-1:2011, IDT)

ДСТУ EN 62305-2:2012 Захист від блискавки. Частина 2. Керування ризиками (EN 62305-2:2010, IDT)

ДСТУ EN 62305-4:2012 Захист від блискавки. Частина 4. Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах (EN 62305-4:2011, IDT)

ДСТУ EN 62561-1:2019 (EN 62561-1:2017, IDT; EN 62561-1:2017, IDT) Компоненти системи блискавкозахисту (LPSC). Частина 1. Вимоги до з'єднувальних компонентів

ДСТУ EN IEC 62561-2:2019 (EN IEC 62561-2:2018, IDT; IEC 62561-2:2018, IDT) Компоненти системи блискавкозахисту (LPSC). Частина 2. Вимоги до провідників та уземлювальних електродів

ДСТУ ISO 3864-1:2005 Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Частина 1. Принципи проектування знаків безпеки для робочих місць та місць громадського призначення (ISO 3864-1:2002, IDT).

Код згідно з НК 004: 29.020; 91.120.40

Ключові слова: блискавкозахист, випробування, захист, з'єднувальні елементи, компоненти.
