IEC 62305-3

Edition 2.0 2010-12
Видання 2.0 2010-12

INTERNATIONAL STANDARD
МІЖНАРОДНИЙ СТАНДАРТ

colour inside

Protection against lightning –
Part 3: Physical damage to structures and life hazard

Блискавкозахист –
Частина 3: Фізичні руйнування будівель (споруд) та небезпека для життя

IEC 62305-3:2010(E)

THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

IEC Central Office
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

ЦЮ ПУБЛІКАЦІЮ ЗАХИЩЕНО АВТОРСЬКИМИ ПРАВАМИ

Авторське право © 2010 МЕК (IEC), Женева, Швейцарія

Усі права захищені. Якщо не зазначено інше, жодна частина цього документа не може бути відтворена чи використана в будь-якій формі і будь-якими засобами, електронними або механічними, включаючи фотокопіювання і мікрофільми, без письмового дозволу від МЕК або Національного комітету члену МЕК у країні сторони, яка про це запитує.

Якщо у вас є які-небудь питання щодо авторського права МЕК або запит на отримання додаткових прав на цю публікацію, будь ласка, зверніться за вказаною нижче адресою або до Вашого місцевого Національного комітету, що є членом МЕК по додаткову інформацію.

Центральний офіс МЕК
3, вулиця де Варембе
CH-1211 Женева 20
Швейцарія
Електронна пошта: inmail@iec.ch
Веб-сторінка: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

Про МЕК (IEC)

Міжнародна Електротехнічна Комісія МЕК (IEC) є провідною всесвітньою установою, яка готує та публікує міжнародні стандарти для всіх електричних, електронних та суміжних технологій.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub
The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,…). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub
Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org
The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv
If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Про публікації МЕК (IEC)

Зміст публікацій МЕК (IEC) постійно переглядається МЕК (IEC). Переконайтеся що Ви маєте останнє видання, бо можливо були опубліковані виправлення та поправки.

- Каталог публікацій IEC: www.iec.ch/searchpub
Мережний каталог IEC дозволяє здійснювати пошук за різними критеріями (за номером, текстом, технічним комітетом, ...). Він також дає інформацію про проекти, вилучені та замінені публікації.

- Останні публікації IEC: www.iec.ch/online_news/justpub
Залишайтеся проінформованими про всі нові публікації IEC. На сторінці "Останні публікації" два рази на місяць оновлюється детальна інформація про нові публікації, що були надруковані. Отримати інформацію можливо завітавши на мережну сторінку або по електронній пошті.

- Електропедія: www.electropedia.org
Провідний світовий онлайн словник з електротехніки та електроніки, що містить більше 20 000 термінів і визначень англійською та французькою мовами з еквівалентними термінами додатковими мовами. Також відомий як Міжнародний онлайн електротехнічний словник.

- Центр Обслуговування Клієнтів: www.iec.ch/webstore/custserv
Якщо Ви хочете надати нам свій відгук на цю публікацію або Вам потрібна додаткова допомога, будь ласка, відвідайте сторінку Центру обслуговування клієнтів з переліком питань, які найчастіше задаються (FAQ) або зв'яжіться з нами:

Електронна пошта: csc@iec.ch
Тел.: +41 22 919 02 11
Факс: +41 22 919 03 00

IEC 62305-3

Edition 2.0 2010-12
Видання 2.0 2010-12

INTERNATIONAL STANDARD

МІЖНАРОДНИЙ СТАНДАРТ

colour inside
кольоровий друк всередині

Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard

Блискавкозахист – Частина 3: Фізичні руйнування будівель (споруд) та небезпека для життя

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

МІЖНАРОДНА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА КОМІСІЯ

PRICE CODE
КОД ЦІНИ XG

ICS 29.020; 91.120.40

ISBN 978-2-88912-282-0

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
® Зареєстрована торгова марка Міжнародної електротехнічної комісії

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА..... 10
ВСТУП.....14
1 Сфера застосування.....16
2 Нормативні посилання.....16
3 Терміни та визначення.....18
4 Система блискавкозахисту (LPS)..... 22
4.1 Клас LPS..... 22
4.2 Конструкція LPS..... 23
4.3 Безперервність риштунку у залізобетонних будівлях (спорудах) 24
5 Зовнішня система блискавкозахисту..... 25
5.1 Загальні положення..... 25
5.1.1 Застосування зовнішньої LPS.... 25
5.1.2 Вибір зовнішньої LPS 25
5.1.3 Використання природних компонентів..... 25
5.2 Системи перехоплення блискавки 26
5.2.1 Загальні положення 26
5.2.2 Розміщення перехоплювачів 26
5.2.3 Перехоплювачі від спалахів до фасадів високих будівель (споруд) 28
5.2.4 Спорудження..... 29
5.2.5 Природні компоненти..... 29
5.3 Системи доземних провідників 31
5.3.1 Загальні положення 31
5.3.2 Позиціонування ізольованої LPS. 32
5.3.3 Позиціонування неізольованої LPS..... 32
5.3.4 Спорудження 33
5.3.5 Природні компоненти 34
5.3.6 Контрольні злучники 35
5.4 Система земляного закінчення 35
5.4.1 Загальні положення..... 35
5.4.2 Система розміщення уземлення у загальних умовах 36
5.4.3 Встановлення уземлювальних електродів 38
5.4.4 Природні уземлювальні електроди..... 39

CONTENTS

FOREWORD..... 10
INTRODUCTION..... 14
1 Scope 16
2 Normative references 16
3 Terms and definitions 18
4 Lightning protection system (LPS)..... 22
4.1 Class of LPS 22
4.2 Design of the LPS 23
4.3 Continuity of steelwork in reinforced concrete structures 24
5 External lightning protection system 25
5.1 General 25
5.1.1 Application of an external LPS..... 25
5.1.2 Choice of external LPS..... 25
5.1.3 Use of natural components..... 25
5.2 Air-termination systems 26
5.2.1 General 26
5.2.2 Positioning 26
5.2.3 Air-terminations against flashes to the side of tall structures 28
5.2.4 Construction 29
5.2.5 Natural components 29
5.3 Down-conductor systems 31
5.3.1 General 31
5.3.2 Positioning for an isolated LPS 32
5.3.3 Positioning for a non-isolated LPS. 32
5.3.4 Construction 33
5.3.5 Natural components 34
5.3.6 Test joints 35
5.4 Earth-termination system 35
5.4.1 General 35
5.4.2 Earthing arrangement in general conditions 36
5.4.3 Installation of earth electrodes 38
5.4.4 Natural earth electrodes..... 39

5.5 Компоненти ……..... 39
5.5.1 Загальні положення …..…….. 39
5.5.2 Закріплення .....…….. 41
5.5.3 З'єднання ……..... 41
5.6 Матеріали та розміри ……..... 41
5.6.1 Матеріали .....…….. 41
5.6.2 Розміри .....…….. 41
6 Внутрішня система блискавкозахисту 44
6.1 Загальні положення …..…….. 44
6.2 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту .....…….. 44
6.2.1 Загальні положення ..…….. 44
6.2.2 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для металевих конструкцій …….....…….. 45
6.2.3 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для зовнішніх струмопровідних частин ……..…….. 47
6.2.4 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для внутрішніх систем..... 47
6.2.5 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для ліній, приєднаних до будівлі (споруди), що захищається . 48
6.3 Електричне ізолювання зовнішньої LPS..... 49
6.3.1 Загальні положення ……..... 49
6.3.2 Спрощений підхід ……..... 51
6.3.3 Докладний підхід ……..... 51
7 Обслуговування та перевірка LPS 52
7.1 Загальні положення .....…….. 52
7.2 Застосування перевірок ……..... 52
7.3 Порядок перевірок ……..... 52
7.4 Технічне обслуговування ……..…….. 53
8 Заходи захисту від загрози для життя унаслідок дії напруги дотику та крокової напруги ……..... 53
8.1 Заходи захисту від напруги дотику ……..... 53
8.2 Заходи захисту від крокової напруги …….....…….. 54

5.5 Components 39
5.5.1 General 39
5.5.2 Fixing..... 41
5.5.3 Connections 41
5.6 Materials and dimensions..... 41
5.6.1 Materials 41
5.6.2 Dimensions 41
6 Internal lightning protection system 44
6.1 General 44
6.2 Lightning equipotential bonding 44
6.2.1 General 44
6.2.2 Lightning equipotential bonding for metal installations 45
6.2.3 Lightning equipotential bonding for external conductive parts..... 47
6.2.4 Lightning equipotential bonding for internal systems 47
6.2.5 Lightning equipotential bonding for lines connected to the structure to be protected 48
6.3 Electrical insulation of the external LPS.. 49
6.3.1 General 49
6.3.2 Simplified approach 51
6.3.3 Detailed approach 51
7 Maintenance and inspection of an LPS 52
7.1 General 52
7.2 Application of inspections 52
7.3 Order of inspections 52
7.4 Maintenance 53
8 Protection measures against injury to living beings due to touch and step voltages 53
8.1 Protection measures against touch voltages..... 53
8.2 Protection measures against step voltages 54

Додаток A (обов'язковий) Розміщення системи перехоплювачів 55

Додаток B (обов'язковий) Мінімальний поперечний переріз вхідного екрану кабелю для уникнення небезпечного іскріння 61

Додаток C (довідковий) Оцінювання роздільної відстані *s*..... 62

Додаток D (обов'язковий) Додаткові відомості для LPS у випадку будівель (споруд) з ризиком вибуху 68

Додаток E (довідковий) Керівні вказівки стосовно проектування, монтажу, технічного обслуговування та перевірки систем захисту від блискавки 80

Бібліографія 214

Рисунок 1 - Захисний кут відповідно до класу LPS 27

Рисунок 2 - Петля у доземному провіднику .. 33

Рисунок 3 - Мінімальна довжина l_1 кожного уземлювального електроду відповідно до класу LPS 36

Рисунок A.1 - Об'єм, що захищається вертикальним стрижневим перехоплювачем..... 55

Рисунок A.2 - Об'єм, що захищається вертикальним стрижневим перехоплювачем..... 56

Рисунок A.3 - Об'єм, що захищається дротовою системою перехоплення 56

Рисунок A.4 - Об'єм, що захищається ізольованими дротами, об'єднаними у сітку, відповідно до методу захисного кута і методу сфери, що котиться 57

Рисунок A.5 - Об'єм, що захищається неізольованими дротами, об'єднаними у сітку відповідно до методу сітки та методу захисного кута 58

Рисунок A.6 - Конструкція системи перехоплювачів відповідно до методу сфери, що котиться 59

Рисунок C.1 - Значення коефіцієнта k_c за використання дротової системи перехоплювачів 62

Рисунок C.2 - Значення коефіцієнта k_c за використання системи з кількома доземними провідниками..... 63

Рисунок C.3 - Значення коефіцієнта k_c у випадку похилої покрівлі з блискавкоприймачем на конику 64

Annex A (normative) Positioning the air-termination system 55

Annex B (normative) Minimum cross-section of the entering cable screen in order to avoid dangerous sparking..... 61

Annex C (informative) Evaluation of the separation distance *s*..... 62

Annex D (normative) Additional information for LPS in the case of structures with a risk of explosion 68

Annex E (informative) Guidelines for the design, construction, maintenance and inspection of lightning protection systems 80

Bibliography 214

Figure 1 – Protection angle corresponding to the class of LPS 27

Figure 2 – Loop in a down-conductor 33

Figure 3 – Minimum length l_1 of each earth electrode according to the class of LPS 36

Figure A.1 – Volume protected by a vertical air-termination rod 55

Figure A.2 – Volume protected by a vertical air-termination rod 56

Figure A.3 – Volume protected by a wire air-termination system 56

Figure A.4 – Volume protected by isolated wires combined in a mesh according to the protection angle method and rolling sphere method 57

Figure A.5 – Volume protected by non-isolated wires combined in a mesh according to the mesh method and the protection angle method..... 58

Figure A.6 – Design of an air-termination system according to the rolling sphere method 59

Figure C.1 – Values of coefficient k_c in the case of a wire air-termination system 62

Figure C.2 – Values of coefficient k_c in the case of multiple down-conductors system 63

Figure C.3 – Values of coefficient k_c in the case of a sloped roof with air-termination on the ridge 64

Рисунок C.4 - Приклади розрахунку роздільної відстані за використання кількох доземних провідників зі з'єднувальним кільцем на кожному рівні 66

Рисунок C.5 - Значення коефіцієнта k_c за використання сітчастої системи перехоплювачів з кількома доземними провідниками 67

Рисунок E.1 - Схема структурна проектування LPS 82

Рисунок E.2 - Конструкція LPS для консольної частини будівлі (споруди) 91

Рисунок E.3 - Вимірювання загального електричного опору 92

Рисунок E.4 - Еквіпотенційні сполучення у будівлі (споруді) зі сталевим риштунком 95

Рисунок E.5 - Типові способи з'єднання стрижнів риштунку у бетоні (якщо дозволено) 97

Рисунок E.6 - Приклад затискачів, що використовуються для з'єднання між стрижнями риштунку і провідниками 99

Рисунок E.7 - Приклади точок сполучення з риштунком у залізобетонній стіні 100

Рисунок E.8 - Використання металевого фасаду як системи природних доземних провідників і з'єднання несної конструкції фасаду 104

Рисунок E.9 - Підключення вікон з суцільним стрічковим склінням до металевого покриття фасаду 107

Рисунок E.10 - Внутрішні доземні провідники у промислових будівлях (спорудах) 111

Рисунок E.11 - Встановлення сполучних провідників у залізобетонних конструкціях і гнучких перемичок між двома залізобетонними частинами 114

Рисунок E.12 - Проектування системи перехоплення методом захисного кута для різних висот відповідно до Таблиці 2 119

Рисунок E.13 - Ізольована зовнішня LPS з двома ізольованими щоглами перехоплення блискавки, спроектована за методом захисного кута 120

Рисунок E.14 - Ізольована зовнішня LPS з двома ізольованими щоглами перехоплення блискавки, з'єднаними між собою горизонтальним натягненим тросом 121

Рисунок E.15 - Приклад конструкції системи перехоплення блискавки неізольованої LPS стрижнями перехоплення блискавки 122

Figure C.4 – Examples of calculation of the separation distance in the case of multiple down-conductors with an interconnecting ring of the down-conductors at each level 66

Figure C.5 – Values of coefficient k_c in the case of a meshed air-termination system, with a multiple down-conductors system 67

Figure E.1 – LPS design flow diagram 82

Figure E.2 – LPS design for a cantilevered part of a structure 91

Figure E.3 – Measuring the overall electrical resistance 92

Figure E.4 – Equipotential bonding in a structure with a steel reinforcement 95

Figure E.5 – Typical methods of joining reinforcing rods in concrete (where permitted). 97

Figure E.6 – Example of clamps used as joints between reinforcing rods and conductors 99

Figure E.7 – Examples for connection points to the reinforcement in a reinforced concrete wall..... 100

Figure E.8 – Use of metallic facade as natural down-conductor system and connection of facade supports 104

Figure E.9 – Connection of the continuous strip windows to a metal facade covering 107

Figure E.10 – Internal down-conductors in industrial structures 111

Figure E.11 – Installation of bonding conductors in reinforced concrete structures and flexible bonds between two reinforced concrete parts 114

Figure E.12 – Protection angle method air-termination design for different heights according to Table 2 119

Figure E.13 – Isolated external LPS using two isolated air-termination masts designed according to the protection angle air-termination design method 120

Figure E.14 – Isolated external LPS using two isolated air-termination masts, interconnected by horizontal catenary wire 121

Figure E.15 – Example of design of an air-termination of a non-isolated LPS by airt-ermination rods 122

Рисунок Е.16 - Приклад конструкції системи перехоплення неізольованої LPS з горизонтальним тросом за проектування системи перехоплення методом захисного кута ……..... 123

Рисунок Е.17 – Захищений об'єм стрижня перехоплювача на похилій поверхні з використанням методу захисного кута …… 124

Рисунок Е.18 - Проектування мережі провідників перехоплення блискавки на будівлі (споруді) складної форми ……..... 125

Рисунок Е.19 - Проектування LPS з використанням методу захисного кута, методу сітки та узагальнене розміщення елементів системи перехоплення блискавки …….. 126

Рисунок Е.20 - Простір, що захищається двома паралельними горизонтальними тросами або двома стрижнями системи перехоплення блискавки ($r > h_t$) ……..... 128

Рисунок Е.21 - Три приклади конструкції перехоплення неізольованої LPS відповідно до проектування системи перехоплення методом сітки ……..... 131

Рисунок Е.22 - Чотири приклади деталей LPS на будівлі (споруді) з похилою черепичною покрівлею ……..……134

Рисунок Е.23 - Блискавкоприймачі та візуально приховані провідники для будівель заввишки до 20 м, з похилою покрівлею ……....135

Рисунок Е.24 - Конструкція LPS з використанням природних компонентів на покрівлі будівлі (споруди) ……..……137

Рисунок Е.25 - Розміщення зовнішньої LPS на споруді з ізоляційного матеріалу, приміром, дерева або цегли, до 60 м заввишки з плоскою покрівлею і з покрівельними затискачами . 138

Рисунок Е.26 - Конструкція мережі перехоплення на покрівлі зі струмопровідним покриттям, де проколювання покриття є неприйнятним ……..... 140

Рисунок Е.27 - Конструкція зовнішньої LPS на залізобетонній споруді з використанням риштунку зовнішніх стін, як природних компонентів ……..... 141

Рисунок Е.28 - Приклад шапки перехоплювача, що використовується на покрівлях паркінгів 142

Рисунок Е.29 - Стрижень перехоплювача, що використовується для захисту металевої конструкції на покрівлі з електричним силовим устаткованням, яке не є сполученим з системою перехоплення 143

Figure E.16 – Example of design of an air-termination of a non isolated LPS by a horizontal wire according to the protection angle air-termination design method 123

Figure E.17 – Protected volume of an air-termination rod on a sloped surface usingthe protection angle design method 124

Figure E.18 – Design of an LPS air-termination conductor network on a structure with complicated shape 125

Figure E.19 – Design of an LPS air-termination according to the protection angle method, mesh method and general arrangement of air-termination elements 126

Figure E.20 – Space protected by two parallel air-termination horizontal wires or two air-termination rods ($r > h_t$) 128

Figure E.21 – Three examples of design of non-isolated LPS air-termination according to the mesh method air-termination design 131

Figure E.22 – Four examples of details of an LPS on a structure with sloped tiled roofs 134

Figure E.23 – Air-termination and visually concealed conductors for buildings less than 20 m high, with sloping roofs 135

Figure E.24 – Construction of an LPS using natural components on the roof of the structure.....137

Figure E.25 – Positioning of the external LPS on a structure made of isolating material e.g. wood or bricks with a height up to 60 m with flat roof and with roof fixtures 138

Figure E.26 – Construction of air-termination network on a roof with conductive covering where puncturing of the covering is not acceptable .. 140

Figure E.27 – Construction of external LPS on a structure of steel-reinforced concrete using the reinforcement of the outer walls as natural components 141

Figure E.28 – Example of an air-termination stud used on car park roofs 142

Figure E.29 – Air-termination rod used for protection of a metallic roof fixture with electric power installations which are not bonded to the air-termination system 143

Рисунок E.30 - Метод досягнення електричної безперервності металевого покриття парапету 144

Рисунок E.31 - Металева надбудова на покрівлі, захищена від прямого влучання блискавки та сполучена з системою перехоплювачів 150

Рисунок E.32 - Приклади блискавкозахисту будинку з телевізійною антеною 152

Рисунок E.33 - Влаштування блискавкозахисту металевого обладнання на покрівлі для захисту від прямого спалаху блискавки 155

Рисунок E.34 - Сполучення природного стрижня перехоплювача з провідником перехоплювача 158

Рисунок E.35 – Конструкція сполучень між сегментами металевих фасадних плит 159

Рисунок E.36 - Влаштування зовнішньої LPS на споруді з ізоляційного матеріалу з різними рівнями покрівлі 163

Рисунок E.37 - П'ять прикладів геометрії провідників LPS 164

Рисунок E.38 - Конструкція LPS з використанням лише двох доземних провідників та фундаментних уземлювальних електродів 165

Рисунок E.39 - Чотири приклади підключення земляного закінчення до LPS споруд з використанням природних доземних провідників (колон) та подробиці перевірочних злучників 172

Рисунок E.40 - Конструкція фундаментного кільцевого уземлювача для будівель (споруд) з різними конструкціями фундаменту 178

Рисунок E.41 - Два приклади вертикальних електродів у розміщенні уземлювача типу A 180

Рисунок E.42 - Сіткова система земляного закінчення промислового об’єкту 186

Рисунок E.43 - Приклад розміщення еквіпотенційного сполучення..... 196

Рисунок E.44 - Приклад розміщення сполучень у будівлі (споруді) з численними точками уводу зовнішніх струмопровідних частин з використанням кільцевого електроду для з'єднання сполучних шин 198

Figure E.30 – Method of achieving electrical continuity on metallic parapet capping 144

Figure E.31 – Metallic roof fixture protected against direct lightning interception, connected to air-termination system 150

Figure E.32 – Examples of lightning protection of a house with a TV antenna 152

Figure E.33 – Installation of lightning protection of metallic equipment on a roof against a direct lightning flash 155

Figure E.34 – Connection of natural air-termination rod to air-termination conductor 158

Figure E.35 – Construction of the bridging between the segments of the metallic facade plates 159

Figure E.36 – Installation of external LPS on a structure of insulating material with different roof levels 163

Figure E.37 – Five examples of geometry of LPS conductors 164

Figure E.38 – Construction of an LPS using only two down-conductors and foundation earth electrodes 165

Figure E.39 – Four examples of connection of earth-termination to the LPS of structures using natural down-conductors (girders) and detail of a test joint..... 172

Figure E.40 – Construction of foundation earth ring for structures of different foundation design 178

Figure E.41 – Two examples of vertical electrodes in type A earthing arrangement 180

Figure E.42 – Meshed earth-termination system of a plant 186

Figure E.43 – Example of an equipotential bonding arrangement 196

Figure E.44 – Example of bonding arrangement in a structure with multiple point entries of external conductive parts using a ring electrode for interconnection of bonding bars 198

Рисунок E.45 - Приклад розміщення сполучень за наявності численних точок уводу зовнішніх струмопровідних частин та електричної живильної або комунікаційної лінії з використанням внутрішнього кільцевого провідника для з'єднання сполучних шин .. 199

Рисунок E.46 - Приклад розміщення сполучень у будівлі (споруді) з численними точками уводу зовнішніх струмопровідних частин, які входять до будівлі (споруди) над рівнем ґрунту ……..... 200

Рисунок E.47 - Вказівки щодо обчислення роздільної відстані, *s*, для найгіршого випадку точки перехоплення блискавки на відстані, *l*, від характерної точки згідно 6.3……. 203

Таблиця 1 - Співвідношення між рівнем блискавкозахисту (LPL) та класом LPS (дивись IEC 62305-1) 23

Таблиця 2 - Максимальні значення радіусу сфери, що котиться, розміру комірки сітки та захисного кута відповідно до класу LPS …… 27

Таблиця 3 - Мінімальна товщина бляхи або металевих труб у системах перехоплення блискавки 30

Таблиця 4 - Типові рекомендовані величини відстані між доземними провідниками відповідно до класу LPS ……..... 33

Таблиця 5 - Матеріали LPS та умови використання ……..... 40

Таблиця 6 - Матеріал, конфігурація та мінімальні розміри провідників перехоплювачів, стрижнів перехоплювачів, стрижнів уводу до уземлювача та доземних провідників 42

Таблиця 7 - Матеріал, конфігурація та мінімальні розміри уземлювальних електродів 43

Таблиця 8 - Мінімальні розміри провідників, що з'єднують різні сполучні шини або що з'єднують сполучні шини із системою земляного закінчення ……..... 46

Таблиця 9 - Мінімальні розміри провідників, що з'єднують внутрішнє металеве устаткування зі сполучною шиною ……..... 46

Таблиця 10 - Ізолювання зовнішньої LPS - Значення коефіцієнта k_i ……..... 50

Таблиця 11 - Ізолювання зовнішньої LPS - Значення коефіцієнта k_m ……..... 50

Таблиця 12 - Ізолювання зовнішньої LPS – Орієнтовні значення коефіцієнта k_c …..... 51

Таблиця B.1 - Довжина кабелю, яка обирається відповідно до стану екрану …… 61

Figure E.45 – Example of bonding in the case of multiple point entries of external conductive parts and an electric power or communication line using an internal ring conductor for interconnection of the bonding bars 199

Figure E.46 – Example of bonding arrangement in a structure with multiple point entries of external conductive parts entering the structure above ground level 200

Figure E.47 – Directions for calculations of the separation distance, *s*, for a worst case lightning interception point at a distance *l* from the reference point according to 6.3 203

Table 1 – Relation between lightning protection levels (LPL) and class of LPS (see IEC 62305-1) 23

Table 2 – Maximum values of rolling sphere radius, mesh size and protection angle corresponding to the class of LPS 27

Table 3 – Minimum thickness of metal sheets or metal pipes in air-termination systems 30

Table 4 – Typical preferred values of the distance between down-conductors according to the class of LPS 33

Table 5 – LPS materials and conditions of use 40

Table 6 – Material, configuration and minimum cross-sectional area of air-termination conductors, air-termination rods, earth lead-in rods and down-conductors 42

Table 7 – Material, configuration and minimum dimensions of earth electrodes 43

Table 8 – Minimum dimensions of conductors connecting different bonding bars or connecting bonding bars to the earth-termination system .. 46

Table 9 – Minimum dimensions of conductors connecting internal metal installations to the bonding bar 46

Table 10 – Isolation of external LPS – Values of coefficient k_i 50

Table 11 – Isolation of external LPS – Values of coefficient k_m..... 50

Table 12 – Isolation of external LPS – Approximated values of coefficient k_c 51

Table B.1 – Cable length to be considered according to the condition of the screen 61

Таблиця E.1 - Рекомендовані центри фіксації ……..... 133

Таблиця E.2 - Максимальний інтервал між перевірками LPS 206

Table E.1 – Suggested fixing centres..... 133

Table E.2 – Maximum period between inspections of an LPS 206

ІМІЖНАРОДНА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА КОМІСІЯ

БЛИСКАВКОЗАХИСТ –

Частина 3: Фізичні руйнування будівель (споруд) та небезпека для життя

ПЕРЕДМОВА

1) Міжнародна Електротехнічна Комісія, надалі МЕК (IEC), є всесвітньою установою зі стандартизації, що об'єднує усі національні електротехнічні комітети (Національні Комітети IEC). Метою діяльності IEC є забезпечення міжнародного співробітництва з усіх питань, що належать до стандартизації у електротехнічній та електронній галузях. Для досягнення цього та на додаток до іншої діяльності IEC публікує Міжнародні Стандарти, Технічні Умови, Технічні Звіти, Загальнодоступні Специфікації (PAS) та Посібники (надалі іменовані як "Публікації IEC) "). Підготовка цих публікацій доручається технічним комітетам; будь-який Національний Комітет IEC, зацікавлений у відповідній темі, може брати участь у підготовчій роботі. Міжнародні, урядові та неурядові організації, що співпрацюють з IEC, також беруть участь у цій підготовці. IEC тісно співпрацює з Міжнародною Організацією зі Стандартизації (ISO) відповідно до умов, обумовлених договором між двома організаціями.

2) Офіційні рішення або договори МЕК (IEC) з технічних питань являють собою, наскільки це є можливим, міжнародний консенсус з відповідних питань, оскільки кожний технічний комітет має представництво від усіх зацікавлених Національних Комітетів IEC.

3) Публікації IEC мають форму рекомендацій для міжнародного використання і у цьому сенсі визнаються Національними Комітетами IEC. Хоча для забезпечення точності технічного змісту публікацій IEC були вжиті всі можливі заходи, IEC не може відповідати за те, яким чином вони використовуються, або за будь-яке невірне тлумачення кінцевими користувачами.

4) З метою сприяння міжнародній уніфікації стандартів Національні Комітети IEC зобов'язуються застосовувати публікації МЕК максимально можливою мірою зрозуміло у своїх національних та регіональних виданнях. Будь-яка розбіжність між публікацією IEC та відповідним національним або регіональним виданням, має бути чітко зазначена у останньому.

5) IEC не надає жодних підтверджень відповідності своїм стандартам. Послуги з оцінки відповідності стандартам IEC та, у деяких галузях, право маркувати вироби позначкою відповідності стандартам IEC надаються незалежними органами сертифікації.

6) Усі користувачі мають гарантувати, що вони мають останнє видання цієї публікації.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PROTECTION AGAINST LIGHTNING –

Part 3: Physical damage to structures and life hazard

FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and nongovernmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.

2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.

3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.

4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.

5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformityassessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for anyservices carried out by independent certification bodies.

6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.

7) Жодна відповідальність не покладається ані на IEC, ані на їхніх керівників, співробітників, службовців чи агентів, включно із окремими експертами та членами її технічних комітетів та Національних Комітетів IEC за будь-яке тілесне ушкодження, пошкодження майна або інше пошкодження будь-якого характеру, як пряме, так і опосередковане, чи за витрати (включаючи судові витрати) та платежі, які виникають як наслідок цієї публікації, її використання, чи посилання на цю публікацію IEC, або будь-яку іншу публікацію IEC.

8) Звертається увага на Нормативні посилання, наведені у цьому виданні. Використання згаданих публікацій є неодмінною умовою правильного застосування цієї публікації.

9) Звертається увага на те, що деякі елементи цієї публікації IEC можуть бути предметом патентних прав. IEC не є зобов'язаним визначати будь-який або усі такі випадки.

7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.

8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.

9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

Міжнародний Стандарт IEC 62305-3 був підготовлений технічним комітетом 81 МЕК: «Блискавкозахист»

Це друге видання скасовує та замінює перше видання, видане у 2006 році, та являє соою технічний перегляд.

Це видання містить такі суттєві технічні зміни порівняно із попередньою редакцією:

1) Мінімальна товщина бляхи або металевих труб, які подано Таблиці 3 для систем перехоплення блискавки, розглядаються як такі які не здатні запобігти проблемі місцевого перегрівання.
2) Сталь з гальванічним помідненням введено як матеріал, придатний для LPS.
3) Деякі площі поперечного перерізу для провідників LPS було злегка модифіковано.
4) Задля цілей сполучення, ізолювальні іскрові проміжки використано для металевого обладнання та SPD для внутрішніх систем.
5) Два методи – спрощений та детальний - наведено для оцінювання роздільної відстані.
6) Заходи захисту від загрози для життя унаслідок ураження електричним струмом передбачено також всередині будівлі (споруді).
7) Оновлені відомості щодо LPS у випадку споруд з ризиком вибуху подано у Додатку D (обов'язковий).

International Standard IEC 62305-3 has been prepared by IEC technical committee 81: Lightning protection.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 2006, and constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

1) Minimum thicknesses of metal sheets or metal pipes given in Table 3 for air-termination systems are assumed as not able to prevent hot-spot problems.
2) Steel with electro-deposited copper is introduced as material suitable for LPS.
3) Some cross-sectional areas of LPS conductors were slightly modified.
4) For bonding purposes, isolating spark gaps are used for metal installations and SPD for internal systems.
5) Two methods – simplified and detailed – are provided for evaluation of separation distance.
6) Protection measures against injuries of living beings due to electric shock are considered also inside the structure.
7) Improved information for LPS in the case of structures with a risk of explosion are given in Annex D (normative).

Текст цього стандарту ґрунтується на таких документах:

FDIS (остаточний проект міжнародного стандарту)	Звіт про голосування
81/372/FDIS	81/382/RVD

Повну інформацію про голосування щодо затвердження цього стандарту можна знайти у звіті про голосування, зазначеному у вищенаведеній таблиці.

Цю публікацію було підготовлено, якомога можна більш відповідно до Директив ISO / IEC, Частина 2.

Список всіх частин стандарту серії IEC 62305, під загальною назвою Блискавкозахист, можна знайти на веб-сайті IEC.

Комітет постановив, що зміст цієї публікації залишиться незмінним до завершення строку дії, який зазначено на веб-сайті МЕК IEC на сторінці «http://webstore.iec.ch» у полі дати, що стосується конкретної публікації. На цю дату публікацію буде:

- підтверджено як таку, що продовжує діяти;
- скасовано;
- замінено оновленим виданням, або
- виправлено.

У Сполучених Штатах, керуючись вимогами стандарту NFPA 780: «Стандарт на встановлення систем блискавкозахисту: 2008» [1] й практичним досвідом у використанні горизонтальних уземлювачів, не вимагається, аби мінімальна довжина горизонтальних уземлювачів була вдвічі більшою, ніж вимагається для вертикальних електродів.

У Франції та Португалії:

- природні компоненти не можуть заміняти собою компоненти блискавкозахисту але можуть використовуватися для доповнення/покращення LPS;
- діаметр алюмінієвої моножили має бути збільшено з 8 до 10 мм;
- багатожильні проводи не можуть використовуватися як доземні провідники;
- діаметр моножильних круглих провідників має бути збільшено з 16 мм до 18 мм;
- товщину суцільної стрічки з гарячепоцинкованої сталі має бути збільшено з 2 мм до 3,5 мм.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
81/372/FDIS	81/382/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted, as closely as possible, in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all the parts in the IEC 62305 series, under the general title Protection against lightning, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "http://webstore.iec.ch" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be:

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

In the United States, based on the requirements of NFPA 780: Standard for the Installation of Lightning Protection Systems:2008 [1] 1 and practical experience in the use of horizontal earth electrodes, the minimum length of horizontal earth electrodes is not required to be twice that required for vertical electrodes.

In France and Portugal:

– natural components cannot substitute as lightning protection components but may be used to complete/enhance the LPS;
– aluminium solid round diameters should be increased from 8 mm to 10 mm;
– stranded conductors cannot be used as down-conductors;
– diameter of solid round conductors should be increased from 16 mm to 18 mm;
– hot dip galvanized steel solid tape thickness should be increased from 2 mm to 3,5 mm.

У Росії використання транспортних трубопроводів та резервуарів, які містять легкозаймисті або вибухонебезпечні речовини, у ролі природних перехоплювачів або природних доземних провідників не дозволяється у жодному разі.

У Японії мінімальні значення площ поперечного перерізу зменшуються з:

- 16 мм до 14 мм^2 для міді та з 25 мм^2 до 22 мм^2 для сполучних провідників з алюмінію для з'єднання різних сполучних шин та провідників, що приєднують шини до системи земляного закінчення;
- 6 мм^2 до 5 мм^2 для міді, 10 мм^2 до 8 мм^2 для алюмінію, 16 мм^2 до 14 мм^2 для сталі, для сполучних провідників, які приєднують внутрішнє металеве обладнання до сполучних шин.

Видання двомовної версії цієї публікації можливе згодом.

ВАЖЛИВО - логотип " colour inside" (кольоровий друк всередині) на титульній сторінці цієї публікації вказує на те, що вона містить кольорові зображення, які важаються корисними для правильного розуміння її змісту. Тому користувачі мають роздрукувати документ на кольоровому принтері.

In Russia the use of piping carrying and tanks containing readily-combustible or explosive materials as airtermination natural components or down-conductor natural components are not allowed in any case.

In Japan the minimum values of the cross-section are reduced from:

– 16 mm^2 to 14 mm^2 for copper and 25 mm^2 to 22 mm^2 for aluminium, for bonding conductors connectingdifferent bonding bars and conductors connecting the bars to the earth-termination system;

– 6 mm^2 to 5 mm^2 for copper, 10 mm^2 to 8 mm^2 for aluminium and 16 mm^2 to 14 mm^2 for steel, for bonding conductors connecting internal metal installations to the bonding bars.

A bilingual version of this publication may be issued at a later date.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

---

1 References in square brackets refer to the bibliography.
Посилання в квадратних дужках стосується бібліографії.

ВСТУП

Ця частина стандарту IEC 62305 стосується захисту у та навколо будівлі (споруди) від фізичних пошкоджень та загрози для життя унаслідок дії напруги дотику і крокової напруги.

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

Зовнішня LPS призначена для

a) перехоплення спалаху блискавки у будівлю (споруду) (з системою блискавкоприймачів),

b) безпечного відведення струму блискавки у землю (з використанням системи доземних провідників),

c) розсіювання струму блискавки у землі (з використанням системи земляного закінчення).

Внутрішня LPS запобігає небезпечному іскрінню всередині будівель (споруд), за допомогою або еквіпотенційних сполучень, або роздільної відстані (а, отже, електричного ізолювання) між зовнішньою LPS (як визначено у 3.2) та іншими струмопровідними елементами усередині будівлі (споруди).

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

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

2) зменшити можливість ураження унаслідок дії напруги дотику і крокової напруги обмеженням доступу та/або застосуванням попереджувальних написів.

INTRODUCTION

This part of IEC 62305 deals with the protection, in and around a structure, against physical damage and injury to living beings due to touch and step voltages.

The main and most effective measure for protection of structures against physical damage is considered to be the lightning protection system (LPS). It usually consists of both external and internal lightning protection systems.

An external LPS is intended to

a) intercept a lightning flash to the structure (with an air-termination system),

b) conduct the lightning current safely towards earth (using a down-conductor system),

c) disperse the lightning current into the earth (using an earth-termination system).

An internal LPS prevents dangerous sparking within the structure using either equipotential bonding or a separation distance (and hence electrical insulation) between the external LPS (as defined in 3.2) components and other electrically conducting elements internal to the structure.

Main protection measures against injury to living beings due to touch and step voltages are intended to:

1) reduce the dangerous current flowing through bodies by insulating exposed conductive parts, and/or by increasing the surface soil resistivity,

2) reduce the occurrence of dangerous touch and step voltages by physical restrictions and/or warning notices.

Тип і розміщення LPS належить ретельно розглянути на початковому етапі проектування нової будівлі (споруди), що дозволить максимально скористатися перевагами, які надає використання електропровідних частин будівлі (споруди). Таким чином, проектування 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.

The type and location of an LPS should be carefully considered in the initial design of a new structure, thereby enabling maximum advantage to be taken of the electrically conductive parts of the structure. By doing so, design and construction of an integrated installation is made easier, the overall aesthetic aspects can be improved, and the effectiveness of the LPS can be increased at minimum cost and effort.

Доступ до землі і належне використання металоконструкцій фундаменту з метою досягнення ефективного земляного закінчення може стати неможливим після початку будівельних робіт на майданчику. Таким чином, питомий опір ґрунту та характер землі належить розглянути у найпершій можливій стадії проектування. Ця інформація є основою для проектування системи уземлення і може впливати на проектування фундаменту будівлі (споруди).

Access to the ground and the proper use of foundation steelwork for the purpose of forming an effective earth-termination may well be impossible once construction work on a site has commenced. Therefore, soil resistivity and the nature of the earth should be considered at the earliest possible stage of a project. This information is fundamental to the design of an earth-termination system and may influence the foundation design work for the structure.

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

Regular consultation between LPS designers and installers, architects and builders is essential in order to achieve the best result at minimum cost.

Якщо блискавкозахист влаштовується на існуючій будівлі (споруді), належить докласти всіх зусиль до того, аби вона відповідала принципам цього стандарту. Вибір типу і розміщення LPS має враховувати особливості існуючої будівлі (споруди).

If lightning protection is to be added to an existing structure, every effort should be made to ensure that it conforms to the principles of this standard. The design of the type and location of an LPS should take into account the features of the existing structure.

БЛИСКАВКОЗАХИСТ –

Частина 3: Фізичні руйнування будівель (споруд) та небезпека для життя

1 Сфера застосування

Ця частина стандарту IEC 62305 містить вимоги щодо захисту будівлі (споруди) від фізичних пошкоджень за допомогою системи блискавкозахисту (LPS), а також від небезпеки для життя унаслідок дії напруги дотику і крокової напруги поблизу LPS (дивись IEC 62305-1).

Цей стандарт є прийнятним для:

а) проектування, монтажу, перевірки і технічного обслуговування LPS для будівель (споруд) без обмеження їхньої висоти.

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

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

Примітка 2 Ця частина стандарту не призначена для забезпечення захисту від збоїв електричних і електронних систем напруги унаслідок перенапруг. Спеціальні вимоги для таких випадків подано у IEC 62305-4.

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

2 Нормативні посилання

Нижчеподані довідкові документи є обов'язковими для застосування цього документу. Для датованих посилань застосовують лише зазначене видання посилального наведеного стандарту. Для недатованих посилань застосовують останнє видання посилального наведеного стандарту (з усіма його змінами включно).

IEC 60079-10-1:2008, *Вибухонебезпечні середовища - Частина 10-1: Класифікація зон - зони з вибухонебезпечними газами*

IEC 60079-10-2:2009, *Вибухонебезпечні середовища - Частина 10-2: Класифікація зон – Зони з легкозаймистим пилом*

IEC 6007-14:2007, *Вибухонебезпечні*

PROTECTION AGAINST LIGHTNING –

Part 3: Physical damage to structures and life hazard

1 Scope

This part of IEC 62305 provides the requirements for protection of a structure against physical damage by means of a lightning protection system (LPS), and for protection against injury to living beings due to touch and step voltages in the vicinity of an LPS (see IEC 62305-1).

This standard is applicable to:

a) design, installation, inspection and maintenance of an LPS for structures without limitation of their height,

b) establishment of measures for protection against injury to living beings due to touch and step voltages.

NOTE 1 Specific requirements for an LPS in structures dangerous to their surroundings due to the risk of explosion are under consideration. Additional information is provided in Annex D for use in the interim.

NOTE 2 This part of IEC 62305 is not intended to provide protection against failures of electrical and electronic systems due to overvoltages. Specific requirements for such cases are provided in IEC 62305-4.

NOTE 3 Specific requirements for protection against lightning of wind turbines are reported in IEC 61400-24 [2].

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60079-10-1:2008, *Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres*

IEC 60079-10-2:2009, *Explosive atmospheres – Part 10-2: Classification of areas – Combustible dust atmospheres*

IEC 60079-14:2007, *Explosive atmospheres –*

IEC 60079-10-2:2009, *Вибухонебезпечні середовища - Частина 10-2: Класифікація зон – Зони з легкозаймистим пилом*

IEC 60079-10-2:2009, *Explosive atmospheres – Part 10-2: Classification of areas – Combustible dust atmospheres*

IEC 6007-14:2007, *Вибухонебезпечні середовища - Частина 14: Виконання електричних установок, вибір та монтаж*

IEC 60079-14:2007, *Explosive atmospheres – Part 14: Electrical installations design, selection and erection*

IEC 61557-4, *Електробезпека у низьковольтних розподільчих мережах до 1 000 В змінного струму і 1 500 В постійного струму - Обладнання для випробування, вимірювання або контролю захисних заходів - Частина 4: опір кола уземлення та еквіпотенційні сполучення*

IEC 61557-4, *Electrical safety in low-voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures – Part 4: Resistance of earth connection and equipotential bonding*

IEC 61643-1, *Низьковольтні пристрої захисту від перенапруг - Частина 1: Пристрої захисту від перенапруг, що підключені до низьковольтних систем розподілу електроенергії - Вимоги та випробування*

IEC 61643-1, *Low-voltage surge protective devices – Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Requirements and tests*

IEC 61643-21, *Низьковольтні пристрої захисту від перенапруг - Частина 21: Пристрої захисту від перенапруг, що підключені до мереж телекомунікацій та сигналізації - Вимоги та методи випробувань*

IEC 61643-21, *Low-voltage surge protective devices – Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Performance requirements and testing methods*

IEC 62305-1, *Блискавкозахист - Частина 1: Загальні положення.*

IEC 62305-1, *Protection against lightning – Part 1: General principles*

IEC 62305-2, *Блискавкозахист - Частина 2: Порядкування ризиками.*

IEC 62305-2, *Protection against lightning – Part 2: Risk management*

IEC 62305-4, *Блискавкозахист - Частина 4: Електричні та електронні системи всередині будівель (споруд).*

IEC 62305-4, *Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures*

IEC 62561 (всі частини) 2, *Компоненти систем блискавкозахисту (LPSC).*

IEC 62561 (all parts) 2, *Lightning protection system components (LPSC)*

IEC 62561-13, *Компоненти систем блискавкозахисту (LPSC) - Частина 1: Вимоги до злучників.*

IEC 62561-13, *Lightning protection system components (LPSC) – Part 1: Requirements for connection components*

IEC 62561-33, *Компоненти систем блискавкозахисту (LPSC) – Частина 3: Вимоги до ізолювальних іскрових проміжків*.

IEC 62561-33, *Lightning protection system components (LPSC) – Part 3: Requirements for isolating spark gaps*

ISO 3864-1, *Графічні символи - кольори безпеки та знаки безпеки - Частина 1: Принципи проектування знаків безпеки на робочих місцях і у громадських зонах.*

ISO 3864-1, *Graphical symbols – Safety colours and safety signs – Part 1: Design principles for safety signs in workplaces and public areas*

3 Терміни та визначення

Для потреб цього документу застосовуються такі терміни та визначення, деякі з яких вже наводилися у Частині 1, але повторюються в цьому документі для зручності користування, а також ті, що застосовуються в інших частинах IEC 62305.

3.1
система блискавкозахисту
LPS
завершена система захисту від блискавки, призначена для зменшення фізичних пошкоджень будівель (споруд) від спалахів блискавки у будівлю (споруду).

ПРИМІТКА Вона складається із зовнішньої і внутрішньої захисних систем.

3.2
зовнішня система блискавкозахисту
частина LPS, яка складається з системи перехоплення, системи доземних провідників та системи земляного закінчення

3.3
зовнішня LPS, ізольована від захищуваної будівлі (споруди)
LPS з системою перехоплення та системою доземних провідників, розміщених таким чином, що шлях струму блискавки не має контакту із захищуваною будівлею (спорудою)

3.4
зовнішня LPS, не ізольована від захищуваної будівлі (споруди)
LPS з системою перехоплення та системою доземних провідників, розміщених таким чином, що шлях струму блискавки може мати контакт із захищуваною будівлею (спорудою)

3.5
внутрішня система блискавкозахисту
частина LPS, що складається з системи еквіпотенційних сполучень блискавкозахисту та/або електричної ізоляції зовнішньої LPS

3.6
система перехоплення
частина зовнішньої LPS, у якій використано такі металеві елементи, як стрижні, сітки або натягнені троси, призначені для перехоплення спалахів блискавки

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions, some of which have already been cited in Part 1 but are repeated here for ease of reference, as well as those given in other parts of IEC 62305, apply.

3.1
lightning protection system
LPS
complete system used to reduce physical damage due to lightning flashes to a structure

NOTE It consists of both external and internal lightning protection systems.

3.2
external lightning protection system
part of the LPS consisting of an air-termination system, a down-conductor system and an earth-termination system

3.3
external LPS isolated from the structure to be protected
LPS with an air-termination system and down-conductor system positioned in such a way that the path of the lightning current has no contact with the structure to be protected

NOTE In an isolated LPS, dangerous sparks between the LPS and the structure are avoided.

3.4
external LPS not isolated from the structure to be protected
LPS with an air-termination system and down-conductor system positioned in such a way that the path of the lightning current can be in contact with the structure to be protected

3.5
internal lightning protection system
part of the LPS consisting of lightning equipotential bonding and/or electrical insulation of external LPS

3.6
air-termination system
part of an external LPS using metallic elements such as rods, mesh conductors or catenary wires intended to intercept lightning flashes

3.7
система доземних провідників
частина зовнішньої LPS, призначена для відведення струму блискавки від системи перехоплення до системи земляного закінчення

3.7
down-conductor system
part of an external LPS intended to conduct lightning current between the air-termination system and the earth-termination system

3.8
кільцевий провідник
провідник, який утворює петлю навколо будівлі (споруди) і з'єднує доземні провідники для розподілу струму блискавки між ними

3.8
ring conductor
conductor forming a loop around the structure and interconnecting the down-conductors for distribution of lightning current among them

3.9
система земляного закінчення
частина зовнішньої LPS, яка призначена для відведення і розсіювання струму блискавки у землі

3.9
earth-termination system
part of an external LPS which is intended to conduct and disperse lightning current into the earth

3.10
електрод уземлення
частина або сукупність частин системи земляного закінчення, яка забезпечує прямий електричний контакт із землею і розсіює струм блискавки у землі

3.10
earth electrode
part or a group of parts of the earth-termination system which provides direct electrical contact with the earth and disperses lightning current to the earth

3.11
кільцевий електрод уземлення
електрод уземлення, який утворює замкнений контур навколо будівлі (споруди) під поверхнею або на поверхні землі

3.11
ring earth electrode
earth electrode forming a closed loop around the structure below or on the surface of the earth

3.12
фундаментний електрод уземлення
електропровідна частина, занурена у ґрунт під фундаментом будинку, або, переважно, вбудована до бетону фундаменту будинку, зазвичай, у вигляді замкненого контуру

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

3.12
foundation earth electrode
conductive part buried in the soil under a building foundation or, preferably, embedded in concrete of a building foundation, generally in form of a closed loop

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

3.13
звичайний опір землі
відношення амплітудного значення напруги на земляному закінченні до амплітудного значення струму в уземлювачі, які, зазвичай, не збігаються у часі

3.13
conventional earth impedance
ratio of the peak values of the earth-termination voltage and the earth-termination current which, in general, do not occur simultaneously

3.14
напруга на земляному закінченні
різниця електричних потенціалів між системою земляного закінчення та віддаленою землею

3.14
earth-termination voltage
potential difference between the earth-termination system and the remote earth

3.15
природний компонент LPS
струмопровідний елемент, встановлений не спеціально для блискавкозахисту, який може бути використаний на додачу до LPS або у деяких випадках може виконувати функцію однієї або декількох частин LPS

ПРИМІТКА Приклади використання цього терміну включають у себе:
- природний блискавкоприймач;
- природний доземний провідник;
- природний уземлювальний електрод.

3.15
natural component of LPS
conductive component installed not specifically for lightning protection which can be used in addition to the LPS or in some cases could provide the function of one or more parts of the LPS

NOTE Examples of the use of this term include:
– natural air-termination;
– natural down-conductor;
– natural earth electrode.

3.16
сполучний компонент
частина LPS, яка використовується для з'єднання провідників між собою або з металевим обладнанням

ПРИМІТКА Це також включає з’єднувальні компоненти та подовжувальні елементи

3.16
connecting component
part of an LPS which is used for the connection of conductors to each other or to metallic installations

NOTE This also includes bridging component and expansion piece.

3.17
кріпильний компонент
частина LPS, яка використовується для закріплення елементів LPS до захищуваної будівлі (споруди)

3.17
fixing component
part of an LPS which is used to fix the elements of the LPS to the structure to be protected

3.18
металеве обладнання
виступні металеві елементи у захищуваній будівлі (споруді), здатні створювати шлях для струму блискавки, такі як труби, сходи, напрямні ліфтів, канали вентиляції, обігріву та кондиціонування повітря, сполучена сталь каркасу залізобетону, металеві конструкційні елементи

3.18
metal installations
extended metal items in the structure to be protected which may form a path for lightning current, such as pipework, staircases, elevator guide rails, ventilation, heating and airconditioning ducts, interconnected reinforcing steel, structural metal parts

3.19
зовнішні електропровідні елементи
виступні металеві елементи, що входять до або виходять з захищуваної будівлі (споруди), приміром труби, елементи металевих тросів, металеві короби і т. ін., які можуть нести частину струму блискавки

3.19
external conductive parts
extended metal items entering or leaving the structure to be protected such as pipework, metallic cable elements, metal ducts, etc. which may carry a part of the lightning current

3.20
електрична система
система, яка об’єднує у собі компоненти низьковольтного електроживлення

3.20
electrical system
system incorporating low-voltage power supply components

3.21
електронна система
система, що містить чутливі електронні компоненти, як от апаратура зв'язку, комп'ютер, пристрої керування та контрольно-вимірювальні пристрої, радіосистему, установки силової електроніки

3.21
electronic system
system incorporating sensitive electronic components such as telecommunication equipment, computer, control and instrumentation systems, radio systems, power electronic installations

3.22
внутрішні системи
електричні та електронні системи всередині будівлі (споруди)

3.22
internal systems
electrical and electronic systems within a structure

3.23
еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту
EB
приєднання до LPS окремих струмопровідних частин, безпосередньо або за допомогою пристроїв захисту від перенапруг, для зменшення різниці потенціалів, спричинених струмом блискавки

3.23
lightning equipotential bonding
EB
bonding to the LPS of separated conductive parts, by direct connections or via surge protective devices, to reduce potential differences caused by lightning current

3.24
сполучна шина
металева шина, на якій металеві конструкції, зовнішні струмопровідні частини, лінії живлення та зв'язку та інші кабелі можуть бути з'єднані з LPS

3.24
bonding bar
metal bar on which metal installations, external conductive parts, electric power and telecommunication lines and other cables can be bonded to an LPS

3.25
з'єднувальний провідник
провідник, що з'єднує окремі струмопровідні частини з LPS

3.25
bonding conductor
conductor connecting separated conductive parts to LPS

3.26
поєднана між собою сталь риштунку
сталевий риштунок залізобетонної конструкції, який може вважатися електрично безперервним

3.26
interconnected reinforcing steel
steelwork within a concrete structure which is considered electrically continuous

3.27
небезпечне іскріння
електрична виснага, викликана блискавкою, яка є причиною фізичних пошкоджень у захищуваній будівлі (споруді)

3.27
dangerous sparking
electrical discharge due to lightning which causes physical damage in the structure to be protected

3.28
безпечна відстань
відстань між двома струмопровідними елементами, на якій небезпечне іскріння між ними не може відбутися

3.28
separation distance
distance between two conductive parts at which no dangerous sparking can occur

3.29
пристрій захисту від імпульсних перенапруг
SPD
пристрій, призначений для обмеження перехідних перенапруг та сплесків струмів; містить принаймні один нелінійний елемент

3.29
surge protective device
SPD
device intended to limit transient overvoltages and divert surge currents; contains at least one non linear component

3.30
контрольний злучник
злучник, влаштований для спрощення електричного випробування та вимірювання компонентів LPS

3.30
test joint
joint designed to facilitate electrical testing and measurement of LPS components

3.31
клас LPS
номер, що позначає класифікацію LPS відповідно до рівня блискавкозахисту, для якого його створено

3.32
проектувальник блискавкозахисту
фахівець, компетентний і кваліфікований у проектуванні LPS

3.33
монтажник системи блискавкозахисту
особа, компетентна і кваліфікована у монтажі LPS

3.34
будівлі (споруди) з ризиком вибуху
будівлі (споруди), які містять тверді вибухові матеріали або небезпечні зони, визначені згідно IEC 60079-10-1 та IEC 60079-10-2

3.35
ізолювальний іскровий проміжок
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
пристрої, здатні зменшити сплески струму (які затекли гальванічним шляхом) у лініях, які входять до LPZ

ПРИМІТКА 1 До них відносяться 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 або через SPD.

4 Система блискавкозахисту (LPS)

4.1 Клас LPS

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

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

3.31
class of LPS
number denoting the classification of an LPS according to the lightning protection level for which it is designed

3.32
lightning protection designer
specialist competent and skilled in the design of the LPS

3.33
lightning protection installer
person competent and skilled in the installation of the LPS

3.34
structures with risk of explosion
structures containing solid explosives materials or hazardous zones as determined in accordance with IEC 60079-10-1 and IEC 60079-10-2

3.35
isolating spark gap
ISG
component with discharge distance for isolating electrically conductive installation sections

NOTE In the event of a lightning strike, the installation sections are temporarily connected conductively as the result of response to the discharge.

3.36
isolating interfaces
devices which are capable of reducing conducted surges on lines entering the LPZ

NOTE 1 These include isolation transformers with earthed screen between windings, metal-free fibre optic cables and opto-isolators.

NOTE 2 Insulation withstand characteristics of these devices are suitable for this application intrinsically or via SPD.

4 Lightning protection system (LPS)

4.1 Class of LPS

The characteristics of an LPS are determined by the characteristics of the structure to be protected and by the considered lightning protection level.

Four classes of LPS (I to IV), as shown in Table 1, are defined in this standard corresponding to lightning protection levels defined in IEC 62305-1.

Table 1 – Relation between lightning protection levels (LPL) and class of LPS (see IEC 62305-1)
Таблиця 1 – Співвідношення між рівнем блискавкозахисту (LPL) та класом LPS (дивись IEC 62305-1)

LPL	Class of LPS Клас LPS
I	I
II	II
III	III
IV	IV

Кожен клас LPS характеризується наступним:

a) Даними, залежними від класу LPS:
- параметри блискавки (дивись Таблиці 3 та 4 у IEC 62305-1:2010);
- радіус сфери, що котиться, розмір комірки сітки, значення захисного кута (дивись 5.2.2);
- типові переважні відстані між доземними провідниками (дивись 5.3.3);
- роздільна відстань проти небезпечного іскріння (дивись 6.3);
- мінімальна довжина вземлювальних електродів (дивись 5.4.2).

b) Факторами, незалежними від класу LPS:
- еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту(дивись 6.2);
- мінімальна товщина бляхи або металевих труб у системі перехоплення (дивись 5.2.5);
- матеріали LPS та умови використання (дивись 5.5.1)
- матеріал, конфігурації та мінімальні розміри блискавкоприймачів, доземних провідників та земляного закінчення (дивись 5.6);
- мінімальні розміри сполучних провідників (дивись 6.2.2).

Технічні характеристики кожного класу LPS наведено у Додатку B IEC 62305-2:2010.

Клас необхідної LPS має бути обраним на основі оцінки ризиків (дивись IEC 62305-2).

4.2 Конструкція LPS

Технічно і економічно оптимізований проект LPS є можливим, особливо якщо стадії проектування та монтажу LPS скоординовано зі стадіями проектування та спорудження захищуваної будівлі (споруди). Зокрема, проект будівлі (споруди) має використовувати металеві частини будівлі (споруди) як частини LPS.

Each class of LPS is characterized by the following:

a) Data dependent upon the class of LPS:
– lightning parameters (see Tables 3 and 4 in IEC 62305-1:2010);
– rolling sphere radius, mesh size and protection angle (see 5.2.2);
– typical preferred distances between down-conductors (see 5.3.3);
– separation distance against dangerous sparking (see 6.3);
– minimum length of earth electrodes (see 5.4.2).

b) Factors not dependent upon the class of LPS:
– lightning equipotential bonding (see 6.2);
– minimum thickness of metal sheets or metal pipes in air-termination systems(see 5.2.5);
– LPS materials and conditions of use (see 5.5.1);
– material, configuration and minimum dimensions for air-terminations, down-conductors and earth-terminations (see 5.6);
– minimum dimensions of connecting conductors (see 6.2.2).

Performance of each class of LPS is given in Annex B of IEC 62305-2:2010.

The class of required LPS shall be selected on the basis of a risk assessment (see IEC 62305-2).

4.2 Design of the LPS

A technically and economically optimized design of an LPS is possible, especially if the steps in the design and construction of the LPS are coordinated with the steps in the design and construction of the structure to be protected. In particular, the design of the structure itself should utilize the metal parts of the structure as parts of the LPS.

Визначення класу та розміщення LPS для існуючих будівель (споруд) має брати до уваги обмеження, пов’язані з існуючою ситуацією.

The design of the class and location of the LPS for existing structures shall take into account the constraints of the existing situation.

Проектна документація LPS має містити всю інформацію, необхідну для забезпечення правильного і повного монтажу. Більш детальну інформацію дивись у Додатку E.

The design documentation of an LPS shall contain all the information necessary to ensure correct and complete installation. For detailed information, see Annex E.

LPS мають проектувати та монтувати добре підготовлені та висококваліфіковані спеціалісти з проектування та монтажу систем блискавкозахисту (дивись E.4.2)

The LPS should be designed and installed by well-trained and expert LPS designers and installers (see E.4.2)

4.3 Безперервність риштунку у залізобетонних будівлях (спорудах)

Сталеві металеві конструкції всередині армованих залізобетонних будівель розглядаються як конструкції з електричною безперервністю за умови, що основна частина внутрішніх з'єднань вертикальних і горизонтальних стрижнів є зварними чи їх надійно з'єднано якимось іншим чином. Злуки вертикальних стрижнів мають зварюватися, скріплюватися або перекриватися з навідкою принаймні у 20 діаметрів, скріплюватися та зв’язуватися або надійно з'єднуватися іншим чином (дивись Рисунок E.5). Для нових будівель (споруд) з'єднання між армованими елементами мають визначати проектувальник або монтажник разом з будівником та інженером-будівельником.

4.3 Continuity of steelwork in reinforced concrete structures

Steelwork within reinforced concrete structures is considered to be electrically continuous provided that the major part of interconnections of vertical and horizontal bars are welded or otherwise securely connected. Connections of vertical bars shall be welded, clamped or overlapped a minimum of 20 times their diameters and bound or otherwise securely connected (see Figure E.5). For new structures, the connections between reinforcement elements shall be specified by the designer or installer, in cooperation with the builder and the civil engineer.

Для будівель, у яких використовуються армований залізобетон, (включаючи готові армовані залізобетонні блоки та блоки з попередньо напруженим риштунком), електрична безперервність стрижнів риштунку визначається електричним випробуванням між найвищою частиною та рівнем землі. Загальний електричний опір не має перевищувати 0,2 Ом, будучи виміряним з використанням відповідного цьому випадку випробувального обладнання. Якщо це значення є недосяжним, або недоцільним або відсутні умови для такого випробування, сталь риштунку залізобетону не має використовуватися як природний доземний провідник, як це обговорювалось у 5.3.5. У цьому випадку рекомендується встановлювати зовнішній доземний провідник. У будівлях (спорудах) з готових залізобетонних блоків електрична безперервність сталі риштунку має бути встановлена між окремими суміжними готовими залізобетонними блоками.

For structures utilizing steel-reinforced concrete (including pre-cast, pre-stressed reinforced units), the electrical continuity of the reinforcing bars shall be determined by electrical testing between the uppermost part and ground level. The overall electrical resistance should not be greater than 0,2 Ω, measured using test equipment suitable for this purpose. If this value is not achieved, or it is not practical to conduct such testing, the reinforcing steel shall not be used as a natural down-conductor as discussed in 5.3.5. In this case it is recommended that an external down-conductor system be installed. In the case of structures of pre-cast reinforced concrete, the electrical continuity of the reinforcing steel shall be established between individual adjacent pre-cast concrete units.

Примітка 1 Для отримання додаткової інформації про безперервність риштунку у залізобетонних конструкціях дивись Додаток E.

Примітка 2 У деяких країнах використання залізобетону у якості частини LPS не дозволяється.

Примітка 3 Злучники для забезпечення безперервності риштунку залізобетону мають відповідати майбутньому стандарту IEC 62561-1.

5 Зовнішня система блискавкозахисту

5.1 Загальні положення

5.1.1 Застосування зовнішньої LPS

Зовнішня LPS призначена для перехоплення прямих ударів блискавки у будівлю (споруду), із ударами у фасад будівлі (споруди) включно, і відведення струму блискавки від точки ураження до землі. Зовнішня LPS також призначена для розпорошення цього струму у землі, без спричинення термічного або механічного пошкодження або небезпечного іскріння, яке може спричинити пожежу або вибухи.

5.1.2 Вибір зовнішньої LPS

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

Ізольовану зовнішню LPS належить розглядати, якщо термічні та вибухові ефекти у точці ураження або на провідниках, що несуть струм блискавки, можуть становити небезпеку для будівлі (споруди) або для її вмісту (дивись Додаток E). Типовими прикладами є будівлі (споруди) з займистою покрівлею, будівлі (споруди) з займистими стінами та зонами з ризиком вибуху і пожежі.

ПРИМІТКА Використання ізольованої зовнішньої LPS може бути слушним там, де передбачається, що зміни у будівлі (споруді), її вмісті або у її використанні потребуватимуть модифікації LPS.

Ізольована зовнішня LPS може також розглядатися, коли чутливість вмісту виправдовує ослаблення випромінюваного електромагнітного поля, пов'язаного з імпульсом струму блискавки у доземному провіднику.

5.1.3 Використання природних компонентів

Природні компоненти, виготовлені зі струмопровідних матеріалів, які постійно мають знаходитися у/на будівлі (споруді) та не мають змінюватися (наприклад, з’єднаний між собою риштунок, металевий каркас будівлі (споруди) тощо), можуть використовуватися як частини LPS.

NOTE 1 For further information on the continuity of steelwork in reinforced concrete structures, see Annex E.

NOTE 2 In several countries, the use of reinforced concrete as a part of the LPS is not allowed.

NOTE 3 Clamps to establish the continuity of steelwork in reinforced concrete should comply with the future IEC 62561-1.

5 External lightning protection system

5.1 General

5.1.1 Application of an external LPS

The external LPS is intended to intercept direct lightning flashes to the structure, including flashes to the side of the structure, and conduct the lightning current from the point of strike to ground. The external LPS is also intended to disperse this current into the earth without causing thermal or mechanical damage, or dangerous sparking which may trigger fire or explosions.

5.1.2 Choice of external LPS

In most cases, the external LPS may be attached to the structure to be protected.

An isolated external LPS should be considered when the thermal and explosive effects at the point of strike, or on the conductors carrying the lightning current, may cause damage to the structure or to the contents (see Annex E). Typical examples include structures with combustible covering, structures with combustible walls and areas at risk of explosion and fire.

NOTE The use of an isolated LPS may be convenient where it is predicted that changes in the structure, its contents or its use will require modifications to the LPS.

An isolated external LPS may also be considered when the susceptibility of the contents warrants the reduction of the radiated electromagnetic field associated with the lightning current pulse in the down-conductor.

5.1.3 Use of natural components

Natural components made of conductive materials, which will always remain in/on the structure and will not be modified (e.g. interconnected steel-reinforcement, metal framework of the structure, etc.) may be used as parts of an LPS.

Інші природні компоненти можуть розглядатися лише як доповнення до LPS.

ПРИМІТКА По додаткову інформацію дивись Додаток E.

Other natural components can only be considered as being additional to an LPS.

NOTE For further information, see Annex E.

5.2 Системи перехоплення блискавки

5.2.1 Загальні положення

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

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

a) стрижні (з окремо розташованими щоглами включно);
b) натягнені троси;
c) сітчасті провідники.

Щоб відповідати вимогам цього стандарту, усі типи систем блискавкоприймачів мають бути розміщені згідно з 5.2.2, 5.2.3 та Додатком A. Усі типи блискавкоприймачів мають повністю відповідати цьому стандарту.

Для усіх типів блискавкоприймачів лише реальні розміри металевих систем перехоплення мають застосовуватися для визначення захищеного об’єму.

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

Радіоактивні блискавкоприймачі не є дозволеними.

5.2.2. Розміщення перехоплювачів

Компоненти перехоплювачів, встановлені на будівлі (споруді), має бути розміщено на кутах, виступних точках та рубах (особливо на найвищих рівнях всяких фасадів) у відповідності з одним або кількома з таких методів.

Прийнятні методи, які будуть застосовуватися для розміщення системи перехоплення включають:

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

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

Метод захисного кута є прийнятним для будинків простої форми, проте існують обмеження висоти блискавкоприймачів, зазначені у Таблиці 2.

5.2 Air-termination systems

5.2.1 General

The probability of structure penetration by a lightning current is considerably decreased by the presence of a properly designed air-termination system.

Air-termination systems can be composed of any combination of the following elements:

a) rods (including free-standing masts);
b) catenary wires;
c) meshed conductors.

To conform to this standard, all types of air-termination systems shall be positioned in accordance with 5.2.2, 5.2.3 and Annex A. All types of air terminals shall comply in full with this standard.

For all types of air terminals only the real physical dimensions of the metal air-termination systems shall be used for the determination of the volume protected.

The individual air-termination rods should be connected together at roof level to ensure current division.

Radioactive air terminals are not allowed.

5.2.2 Positioning

Air-termination components installed on a structure shall be located at corners, exposed points and edges (especially on the upper level of any facades) in accordance with one or more of the following methods.

Acceptable methods to be used in determining the position of the air-termination system include:

- the protection angle method;
- the rolling sphere method;
- the mesh method.

The rolling sphere method is suitable in all cases.

The protection angle method is suitable for simple-shaped buildings but it is subject to limits of air-termination height indicated in Table 2.

Метод сітки є прийнятною формою захисту, коли мають бути захищені плоскі поверхні.

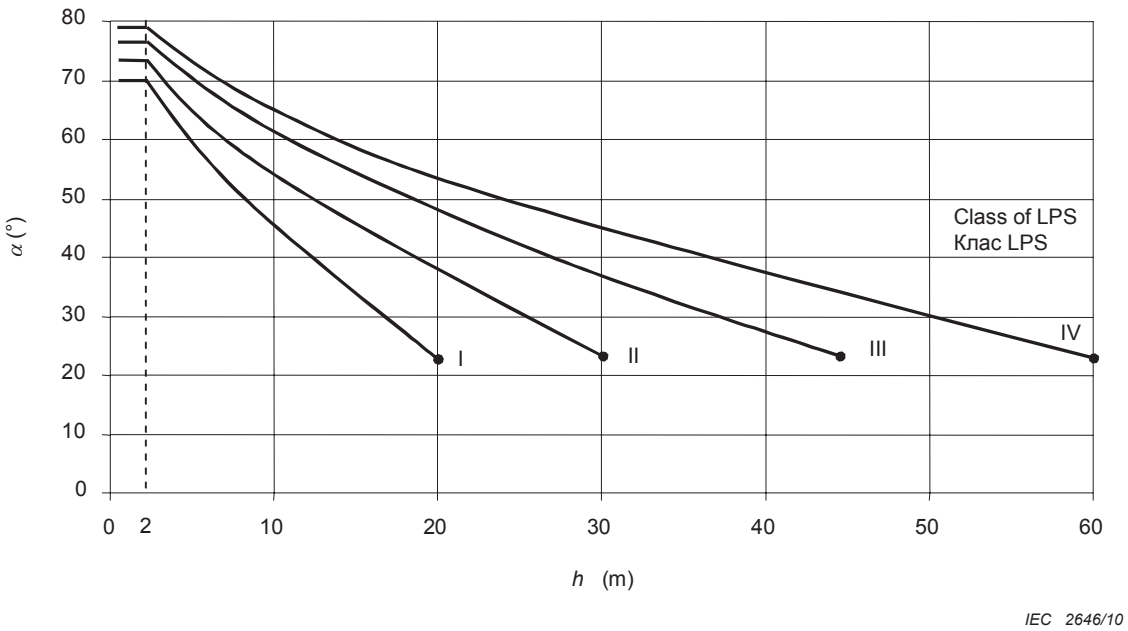
Значення захисного кута, радіуса сфери, що котиться, та розміру сітки для кожного класу LPS наведено у Таблиці 2 та на Рисунку 1. Детальні відомості про розміщення системи перехоплення подано у Додатку А.

The mesh method is a suitable form of protection where plane surfaces are to be protected.

The values for the protection angle, rolling sphere radius and mesh size for each class of LPS are given in Table 2 and Figure 1. Detailed information on the positioning of the air termination system is given in Annex A.

Table 2 – Maximum values of rolling sphere radius, mesh size and protection angle corresponding to the class of LPS
Таблиця 2 – Максимальні значення радіусу сфери, що котиться, розміру комірки сітки та захисного кута відповідно до класу LPS

	Protection method / Метод захисту		
Class of LPS **Клас LPS**	**Rolling sphere radius *r*,** m **Радіус сфери, що котиться r, м**	**Mesh size w_m,** m **Розмір комірки сітки w_m, *м***	**Protection angle, $\alpha°$** **Захисний кут, $\alpha°$**
I	20	5 x 5	See Figure 1 below Дивись Рисунок 1 нижче
II	30	10 x 10	
III	45	15 x 15	
IV	60	20 x 20	



ПРИМІТКА 1 Не є придатним нижче величин, позначених •. Лише метод сфери, що котиться, та метод сітки належить застосовувати у цих випадках.

ПРИМІТКА 2 *h* є висотою блискавкоприймача над базовою площиною ділянки, що захищається.

ПРИМІТКА 3 Кут є незмінним для *h* нижче 2 м.

NOTE 1 Not applicable beyond the values marked with •. Only rolling sphere and mesh methods apply in these cases.

NOTE 2 *h* is the height of air-termination above the reference plane of the area to be protected.

NOTE 3 The angle will not change for values of *h* below 2 m.

Figure 1 – Protection angle corresponding to the class of LPS
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 за 60 м

Дослідження показують, що ймовірність ударів низької амплітуди у вертикальні бічні поверхні споруди, нижчої за 60 м, є достатньо низькою, аби не брати їх до уваги. Дахи та горизонтальні виступи мають бути захищені відповідно до класу LPS, який визначається розрахунком ризиків IEC 62305-2.

5.2.3.2 Будівлі (споруди) висотою 60 м і більше

На будівлях (спорудах) висотою 60 м і більше спалахи у бічну поверхню можуть траплятися, особливо у точки, кути та руби поверхонь.

ПРИМІТКА 1 Зазвичай ризик таких спалахів є незначним, тому що невеликий відсоток всіх спалахів у високі будівлі припадає на їхні бічні поверхні і, крім того, їхні параметри значно нижчі, ніж спалахів у верхівку будівель (споруд). Тим не менше, електричне та електронне обладнання на стінах зовні будівлі (споруди), може бути знищено навіть спалахами блискавки з низькими піковими значеннями струму.

Системи перехоплення мають бути встановлені для захисту верхньої частини високих будівель (споруд) (тобто типово найвищі 20% від висоти будівлі (споруди), наскільки ця частина є вищою за 60 м), та у ній є встановлено обладнання (дивись 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 на кутах, рубах та значних виступах (як от балкони, оглядові майданчики й т. ін.).

Вимоги до перехоплення блискавок для бічних стін високих будівель (споруд) можуть бути задоволені за наявності зовнішніх металевих матеріалів, таких як металеве облицювання або металеві несні стіни, за умови їхньої відповідності вимогам Таблиці 3. Вимоги до перехоплення блискавок можуть також включати у себе використання зовнішніх доземних провідників, розташованих на вертикальних рубах споруди, якщо не передбачено природні зовнішні металеві провідники.

5.2.3 Air-terminations against flashes to the side of tall structures

5.2.3.1 Structures less than 60 m tall

Research indicates that the probability of low amplitude strikes to the vertical side of a structure of less than 60 m in height are low enough that they need not be considered. Roof sand horizontal protrusions shall be protected in accordance with the class of LPS determined by the risk calculations of IEC 62305-2.

5.2.3.2 Structures 60 m in height or more

On structures taller than 60 m, flashes to the side may occur, especially to points, corners and edges of surfaces.

NOTE 1 In general the risk due to these flashes is low because only a few per cent of all flashes to tall structures will be to the side and moreover their parameters are significantly lower than those of flashes to the top of structures. However, electrical and electronic equipment on walls outside structures may be destroyed even by lightning flashes with low current peak values.

An air-termination system shall be installed to protect the upper part of tall structures (i.e. typically the topmost 20 % of the height of the structure as far as this part exceeds 60 m in height) and the equipment installed on it (see Annex A).

The rules for positioning the air-termination systems on these upper parts of a structure shall meet at least the requirements for LPL IV with emphasis on the location of air-termination devices on corners, edges, and significant protrusions (such as balconies, viewing platforms, etc.).

The air-termination requirement for the side of a tall structure may be satisfied by the presence of external metallic materials such as metal cladding or metallic curtain walls provided they meet the minimum size requirements of Table 3. The air-termination requirement may also include the use of external down-conductors located on the vertical edges of the structure when not provided by natural external metallic conductors.

Встановлені, або наявні природні блискавкоприймачі, що відповідають цим вимогам, можуть використовувати встановлені доземні провідники або бути відповідним чином з'єднані з природними доземними провідниками, як от сталевий каркас споруди або метал електрично безперервного залізобетону, який відповідає вимогам 5.3.5.

ПРИМІТКА 2 Використання прийнятних природних блискавкоприймачів та доземних провідників заохочується.

The installed or naturally occurring air-terminations meeting these requirements may utilize installed down-conductors or be suitably interconnected with natural down-conductors such as the steel frame of the structure or the metal of electrically-continuous reinforced concrete meeting the requirements of 5.3.5.

NOTE 2 Use of suitable earth-termination and natural down-conductors is encouraged.

5.2.4. Спорудження

Блискавкоприймачі LPS, не ізольованої від захищуваної будівлі (споруди), можуть бути встановлені наступним чином:

- якщо дах виконано з негорючого матеріалу, блискавкоприймачі можуть бути розташовані на поверхні покрівлі;
- якщо дах виконано з легкозаймистого матеріалу, то особливу увагу слід приділяти відстані між провідниками блискавкоприймача і матеріалом. Для дахів з соломи (очерету), де відсутні сталеві сволоки для вкладення очерету, відстань принаймні у 0,15 м є прийнятною. Для інших горючих матеріалів відстань, не менша за 0,1 м, вважається достатньою;
- легкозаймисті частини захищуваної будівлі (споруди) не мають бути у прямому контакті з компонентами зовнішньої LPS, а також знаходитися безпосередньо під жодною металевою оболонкою покрівлі, яка може бути пробита ударом блискавки (дивись 5.2.5).

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

ПРИМІТКА Якщо є ймовірність накопичення води на плоскому даху, блискавкоприймачі має бути встановлено над найвищим можливим рівнем води.

5.2.4 Construction

Air-terminations of an LPS not isolated from the structure to be protected may be installed as follows:

- if the roof is made of non-combustible material the air-termination conductors may be positioned on the surface of the roof;
- if the roof is made of readily-combustible material, due care needs to be taken with regard to the distance between the air-termination conductors and the material. For thatched roofs, where no steel bars are used for mounting of the reed, a distance of at least 0,15 m is adequate. For other combustible materials a distance not lower than 0,10 m is considered adequate;
- easily-combustible parts of the structure to be protected shall not remain in direct contact with the components of an external LPS and shall not remain directly under any metallic roofing membrane that might be punctured by a lightning flash (see 5.2.5).

Account shall also be taken of less combustible membranes such as wooden sheets.

NOTE If it is likely that water may accumulate on a flat roof, air-terminations should be installed above the highest probable water level.

5.2.5. Природні компоненти

Такі частини будівлі (споруди) мають розглядатися та можуть використовуватися як природні компоненти перехоплювачів блискавки та частини LPS у відповідності із 5.1.3.

а) бляха, що покриває будівлю (споруду), яка захищається, за умови що

- електричну безперервність між різними частинами зроблено надійно (приміром лютуванням твердою лютою, зварюванням, фальцюванням, зшиванням, з'єднанням саморізами або шрубами),

5.2.5 Natural components

The following parts of a structure should be considered and may be used as natural air-termination components and part of an LPS in accordance with 5.1.3.

a) Metal sheets covering the structure to be protected provided that

– the electrical continuity between the various parts is made durable (e.g. by means of brazing, welding, crimping, seaming, screwing or bolting),

- товщина бляхи є не меншою, ніж значення *t'*, подане у Таблиці 3, якщо не є важливим запобігти пробиттю покриття або займанню якихось легкозаймистих матеріалів, що знаходяться під ним.

- товщина бляхи є не меншою, ніж значення *t*, подане у Таблиці 3, якщо є важливим запобігти пробиттю покриття або запобігти проблемі місцевого перегрівання.

ПРИМІТКА 1 За наявності ризику місцевого перегрівання або виникнення займання, слід переконатися у тому, що підвищення температури внутрішньої поверхні у точці удару блискавки не становить небезпеки. Ризиками, пов'язаними з місцевим перегріванням або займанням можна знехтувати, якщо бляха лежить всередині LPZ 0в або вищій.

- їх не вкрито ізоляційним матеріалом.

– the thickness of the metal sheet is not less than the value *t'* given in Table 3 if it is not important to prevent puncture of the sheeting or to consider ignition of any readilycombustible materials underneath.

– the thickness of the metal sheet is not less than the value *t* given in Table 3 if it is necessary to take precautions against puncture or to consider hot spot problems.

NOTE 1 Where hot spot or ignition problems may arise, it should be verified that the temperature rise of the inner surface at the point of strike does not constitute a danger. Hot spot or ignition problems can be disregarded when the metal sheets lies inside an LPZ 0в or higher.

– they are not clad with insulating material.

Table 3 – Minimum thickness of metal sheets or metal pipes in air-termination systems
Таблиця 3 - Мінімальна товщина бляхи або металевих труб у системах перехоплення блискавки

Class of LPS **Клас LPS**	**Material** **Матеріал**	**Thickness**[a] ***t,*** mm **Товщина**[a] ***t,*** мм	**Thickness**[b] ***t'*** **,** mm **Товщина**[b] ***t'*** **,** mm
I to IV I - IV	Lead Свинець	–	2,0
	Steel (stainless, galvanized) Сталь (нержавна, поцинкована)	4	0,5
	Titanium Титан	4	0,5
	Copper Мідь	5	0,5
	Aluminium Алюміній	7	0,65
	Zinc Цинк	–	0,7

[a] *t* prevents puncture.
запобігає дірявленню.

[b] *t'* only for metal sheets if it is not important to prevent puncture, hot spot or ignition problems.
лише для бляхи, якщо не є важливим запобігти дірявленню, місцевому перегріванню або займанню.

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

b) Metal components of roof construction (trusses, interconnected reinforcing steel, etc.), underneath non-metallic roofing, provided that damage to this non-metallic roofing is acceptable.

c) Металеві деталі, такі як декор, поручні, труби, покриття парапетів тощо, з поперечним перерізом, не меншим, ніж зазначено для стандартних елементів блискавкоприймачів.

d) Металеві труби і резервуари на покрівлі, за певності, що їх виготовлено з матеріалу з товщиною та поперечним перерізом згідно Таблиці 6.

e) Металеві труби і резервуари, що містять легкозаймисті та вибухонебезпечні суміші, за умови, що їх виготовлено з матеріалу товщиною не менше, ніж відповідне значення *t*, наведене у Таблиці 3, і що підвищення температури внутрішньої поверхні у точці удару блискавки не становить небезпеки (додаткові відомості дивись у Додатку D).

Якщо умови для товщини не виконуються, труби і резервуари мають бути включені до будівлі (споруди), що захищається.

Трубопроводи, що переносять легкозаймисті і вибухонебезпечні суміші не можуть розглядатися як природний компонент блискавкоприймача, якщо прокладка у крисових з'єднаннях є неметалевою, або якщо криси не сполучено іншим належним чином.

ПРИМІТКА 2 Тонкий шар захисної фарби або асфальту (1 мм) або ПВХ (0,5 мм) не може розглядатися як ізолятор. Детальна інформація подається у E.5.3.4.1 та у E.5.3.4.2.

5.3 Системи доземних провідників

5.3.1 Загальні положення

Для того, щоб зменшити ймовірність пошкодження унаслідок протікання струму блискавки в LPS, доземні провідники мають бути розташовані таким чином, що від точки ураження до землі:

a) існує 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 вважається за добру практику.

c) Metal parts such as ornamentation, railings, pipes, coverings of parapets, etc., with cross-sections not less than that specified for standard air-termination components.

d) Metal pipes and tanks on the roof, provided that they are constructed of material with thicknesses and cross-sections in accordance with Table 6.

e) Metal pipes and tanks carrying readily-combustible or explosive mixtures, provided that they are constructed of material with thickness not less than the appropriate value of *t* given in Table 3 and that the temperature rise of the inner surface at the point of strike does not constitute a danger (for detailed information, see Annex D).

If the conditions for thickness are not fulfilled, the pipes and tanks shall be included into the structure to be protected.

Piping carrying readily-combustible or explosive mixtures shall not be considered as an air-termination natural component if the gasket in the flange couplings is not metallic or if the flange-sides are not otherwise properly bonded.

NOTE 2 A thin coating of protective paint or about 1 mm asphalt or 0,5 mm PVC is not regarded as an insulator. Detailed information is given in E.5.3.4.1 and in E.5.3.4.2.

5.3 Down-conductor systems

5.3.1 General

In order to reduce the probability of damage due to lightning current flowing in the LPS, the down-conductors shall be arranged in such a way that from the point of strike to earth:

a) several parallel current paths exist;

b) the length of the current paths is kept to a minimum;

c) equipotential bonding to conducting parts of the structure is performed according to the requirements of 6.2.

NOTE 1 Lateral connection of down-conductors is considered to be good practice.

Геометрія доземних провідників і кільцевих провідників впливає на роздільну відстань (дивись 6.3).

ПРИМІТКА 2 Установлення максимально можливого числа доземних провідників з однаковими інтервалами по периметру, з'єднаних кільцевими провідниками, знижує ймовірність небезпечного іскріння і полегшує захист внутрішніх установок (дивись IEC 62305-4). Ця умова виконується у спорудах з металевим каркасом і в залізобетонних конструкціях, у яких взаємопов'язана сталь є електрично безперервною.

Типові значення відстані між доземними провідниками наведено у Таблиці 4.

Більш детальна інформація щодо розподілення струму блискавки між доземними провідниками наведена у Додатку C.

5.3.2 Позиціонування ізольованої LPS

Позиціонування має бути наступним:

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

ПРИМІТКА У деяких країнах використання залізобетону у складі LPS не допускається

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

c) Якщо блискавкоприймач утворює сітку провідників, на кожному кінці натягненого тросу має бути принаймні один доземний провідник.

5.3.3 Позиціонування неізольованої LPS

Для кожної неізольованої LPS число доземних провідників має складати не менше двох і вони мають бути розподілені периметром будівлі (споруди), що захищається, з урахуванням архітектурних та практичних обмежень.

Рекомендується, щоб між доземними провідниками були рівні інтервали по периметру. Типові рекомендовані величини відстані між доземними провідниками наведено у Таблиці 4.

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

The geometry of the down-conductors and of the ring conductors affects the separation distance (see 6.3).

NOTE 2 The installation of as many down-conductors as possible, at equal spacing around the perimeter interconnected by ring conductors, reduces the probability of dangerous sparking and facilitates the protection of internal installations (see IEC 62305-4). This condition is fulfilled in metal framework structures and in reinforced concrete structures in which the interconnected steel is electrically continuous.

Typical values of the preferred distance between down-conductors are given in Table 4.

More information on partitioning of the lightning current amongst down-conductors is given in Annex C.

5.3.2 Positioning for an isolated LPS

The positioning shall be as follows:

a) If the air-termination consists of rods on separate masts (or one mast) not made of metal or interconnected reinforcing steel, at least one down-conductor is needed for each mast. No additional down-conductors are required for masts made of metal or interconnected reinforcing steel.

NOTE In several countries, the use of reinforced concrete as a part of the LPS is not allowed.

b) If the air-termination consists of catenary wires (or one wire), at least one down-conductoris needed at each supporting structure.

c) If the air-termination forms a network of conductors, one down-conductor is needed at least at each supporting wire end.

5.3.3 Positioning for a non-isolated LPS

For each non-isolated LPS the number of down-conductors shall be not less than two and should be distributed around the perimeter of the structure to be protected, subject to architectural and practical constraints.

An equal spacing of the down-conductors is preferred around the perimeter. Typical preferred values of the distance between down-conductors are given in Table 4.

NOTE The value of the distance between down-conductors is correlated with the separation distance given in 6.3.

Table 4 – Typical preferred values of the distance between down-conductors according to the class of LPS
Таблиця 4 - Типові рекомендовані величини відстані між доземними провідниками відповідно до класу LPS

Class of LPS Клас LPS	Typical distances, m Типові відстані, м
I	10
II	10
III	15
IV	20

Доземний провідник має бути встановлений на кожному відкритому рубі будівлі (споруди), де це можливо.

A down-conductor should be installed at each exposed corner of the structure, where this is possible.

5.3.4 Спорудження

5.3.4 Construction

Доземні провідники мають бути встановлені таким чином, щоби, наскільки це практично можливо, вони утворювали пряме продовження провідників блискавкоприймачів.

The down-conductors shall be installed so that, as far as practicable, they form a direct continuation of the air-termination conductors.

Доземні провідники мають бути встановлені прямо і вертикально так, щоби вони забезпечували найкоротший і прямий шлях до землі. Слід уникати утворення петель, але, якщо це неможливо, відстань *s*, яка вимірюється у прозорі між двома точками на провіднику, і довжина, *l*, провідника між цими точками (дивись Рис. 2) мають відповідати 6.3 .

Down-conductors shall be installed straight and vertical such that they provide the shortest and most direct path to earth. The formation of loops shall be avoided, but where this is not possible, the distance *s*, measured across the gap between two points on the conductor and the length, *l*, of the conductor between those points (see Figure 2) shall conform to 6.3.

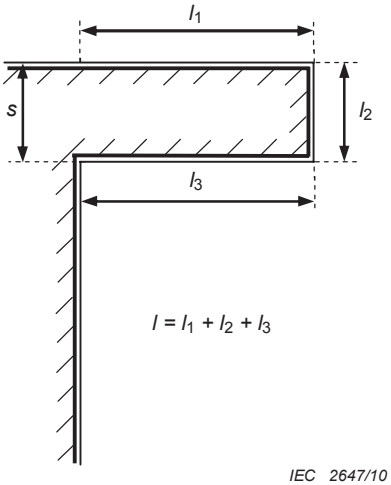


Figure 2 – Loop in a down-conductor
Рисунок 2 - Петля у доземному провіднику

Доземні провідники, навіть якщо їх вкрито ізоляційним матеріалом, не мають встановлюватись у ринштоках або ринвах.

ПРИМІТКА Вплив вологи у ринштоках призводить до інтенсивної корозії доземного провідника.

Down-conductors, even if covered in insulating material, shall not be installed in gutters or water spouts.

NOTE The effects of moisture in the gutters lead to intensive corrosion of the down-conductor.

Рекомендується, розміщувати доземні провідники таким чином, щоби між ними і будь-якими дверима і вікнами забезпечувалась роздільна відстань відповідно до 6.3.

Доземні провідники LPS, не ізольованої від будівлі (споруди), що захищається, можна встановлювати таким чином:

- якщо стіну виконано з негорючого матеріалу, доземні провідники можуть бути розташовані на поверхні або у стіні;
- якщо стіну виконано з легкозаймистого матеріалу, доземні провідники можуть бути розташовані на поверхні стіни, за умови, що підвищення їхньої температури при проходженні струму блискавки не становить небезпеки для матеріалу стіни;
- якщо стіну виконано з легкозаймистого матеріалу і підвищення температури доземних провідників становить небезпеку, вони мають бути розташовані таким чином, щоб відстань між ними і стіною завжди була більшою ніж 0,1 м. Монтажні кронштейни можуть контактувати зі стіною.

Якщо достатня відстань від доземного провідника до займистого матеріалу не може бути гарантована, поперечний переріз сталевого або термічно еквівалентного провідника має бути не менше 100 мм^2.

5.3.5 Природні компоненти

Такі частини будівлі (споруди) можуть бути використані як доземні провідники:

а) металеві конструкції, за умови, що,

- електрична безперервність між різними частинами виконана надійно відповідно до 5.5.3
- їхні розміри є не меншими за ті, що зазначені у Таблиці 6 для стандартних доземних провідників.

Трубопроводи, що переносять легкозаймисті і вибухонебезпечні суміші, не можуть розглядатися як природний компонент доземного провідника, якщо прокладка у крисових з'єднаннях є неметалевою, або якщо криси не сполучено іншим належним чином.

ПРИМІТКА 1 Металеві конструкції можуть бути вкриті ізоляційним матеріалом.

It is recommended that the down-conductors be positioned such that a separation distance in accordance with 6.3 is provided between them and any doors and windows.

Down-conductors of an LPS not isolated from the structure to be protected may be installed as follows:

– if the wall is made of non-combustible material, the down-conductors may be positioned on the surface or in the wall;
– if the wall is made of readily-combustible material the down-conductors may be positioned on the surface of the wall, provided that their temperature rise due to the passage of lightning current is not dangerous for the material of the wall;
– if the wall is made of readily-combustible material and the temperature rise of down-conductors is dangerous, the down-conductors shall be placed in such a way that the distance between them and the wall is always greater than 0,1 m. Mounting brackets may be in contact with the wall.

When the distance from down-conductor to a combustible material cannot be assured, the cross-section of the steel or thermal equivalent conductor shall be not less than 100 mm^2.

5.3.5 Natural components

The following parts of the structure may be used as natural down-conductors:

a) the metal installations provided that

– the electrical continuity between the various parts is made durable in accordance with 5.5.3,
– their dimensions are at least equal to that specified in Table 6 for standard down-conductors.

Piping carrying readily-combustible or explosive mixtures shall not be considered as a down-conductor natural component if the gasket in the flange couplings is not metallic or if the flange-sides are not otherwise properly bonded.

NOTE 1 Metal installations may be clad with insulating material.

b) метал електрично безперервного сталевого каркасу залізобетонної споруди;

ПРИМІТКА 2 Для збірного залізобетону є важливим 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 (дивись Додаток Е).

ПРИМІТКА 3 У випадку використання попередньо напруженого бетону, слід звертати увагу на ризик заподіяння неприйнятних механічних пошкоджень унаслідок проходження струму блискавки або підключення до системи блискавкозахисту.

c) взаємопов'язаний сталевий каркас споруди;

ПРИМІТКА 4 Кільцеві провідники не потребуються, якщо металевий каркас сталевих конструкцій або взаємопов'язана арматурна сталь будівлі (споруди) використовуються як доземні провідники.

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

- їхні розміри відповідають вимогам для доземних провідників (дивись 5.6.2), і що товщина бляхи або металевих труб є не меншою ніж 0,5 мм,
- їхня електропровідність у вертикальному напрямку відповідає вимогам, зазначеним у 5.5.3.

ПРИМІТКА 5 Для отримання додаткової інформації дивись Додаток Е.

5.3.6 Контрольні злучники

При підключенні блискавкоприймача на кожному доземному провіднику має бути встановлений контрольний злучник за винятком природних доземних провідників у поєднанні із фундаментними уземлювальними електродами.

З метою виконання вимірювань, злучник має від'єднуватися за допомогою інструменту. У нормальних умовах експлуатації він має залишатись 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 і розміри системи земляного закінчення. В цілому, рекомендується низький опір уземлення (до 10 Ω за вимірювання на низькій частоті, якщо можливо).

b) the metal of the electrically-continuous reinforced concrete framework of the structure;

NOTE 2 With prefabricated reinforced concrete, it is important to establish interconnection points between the reinforcing elements. It is also important that reinforced concrete contains a conductive connection between the interconnection points. The individual parts should be connected on-site during assembly (see Annex E).

NOTE 3 In the case of pre-stressed concrete, attention should be paid to the risk of causing unacceptable mechanical consequences, due either to lightning current or as a result of the connection to the lightning protection system.

c) the interconnected steel framework of the structure;

NOTE 4 Ring conductors are not necessary if the metal framework of steel structures or the interconnected reinforcing steel of the structure is used as down-conductors.

d) the facade elements, profile rails and metallic sub-constructions of facades, provided that

– their dimensions conform to the requirements for down-conductors (see 5.6.2) and that for metal sheets or metal pipes thicknesses shall be not less than 0,5 mm,
– their electrical continuity in a vertical direction conforms to the requirements of 5.5.3.

NOTE 5 For more information, see Annex E.

5.3.6 Test joints

At the connection of the earth-termination, a test joint should be fitted on each down-conductor, except in the case of natural down-conductors combined with foundation earth electrodes.

For measuring purposes, the joint shall be capable of being opened with the aid of a tool. In normal use it shall remain closed.

5.4 Earth-termination system

5.4.1 General

When dealing with the dispersion of the lightning current (high frequency behaviour) into the ground, whilst minimizing any potentially dangerous overvoltages, the shape and dimensions of the earth-termination system are the important criteria. In general, a low earthing resistance (if possible lower than 10 Ω when measured at low frequency) is recommended.

5.4.2 Система розміщення уземлення у загальних умовах

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

5.4.2.1 Розміщення тип А

Такий тип розміщення включає горизонтальні або вертикальні уземлювачі, встановлені зовні споруди, що захищається, з'єднані з кожним доземним провідником або фундаментні уземлювачі, які не утворюють замкнене коло.

Для схеми Тип А загальна кількість уземлювачів має становити не менше двох.

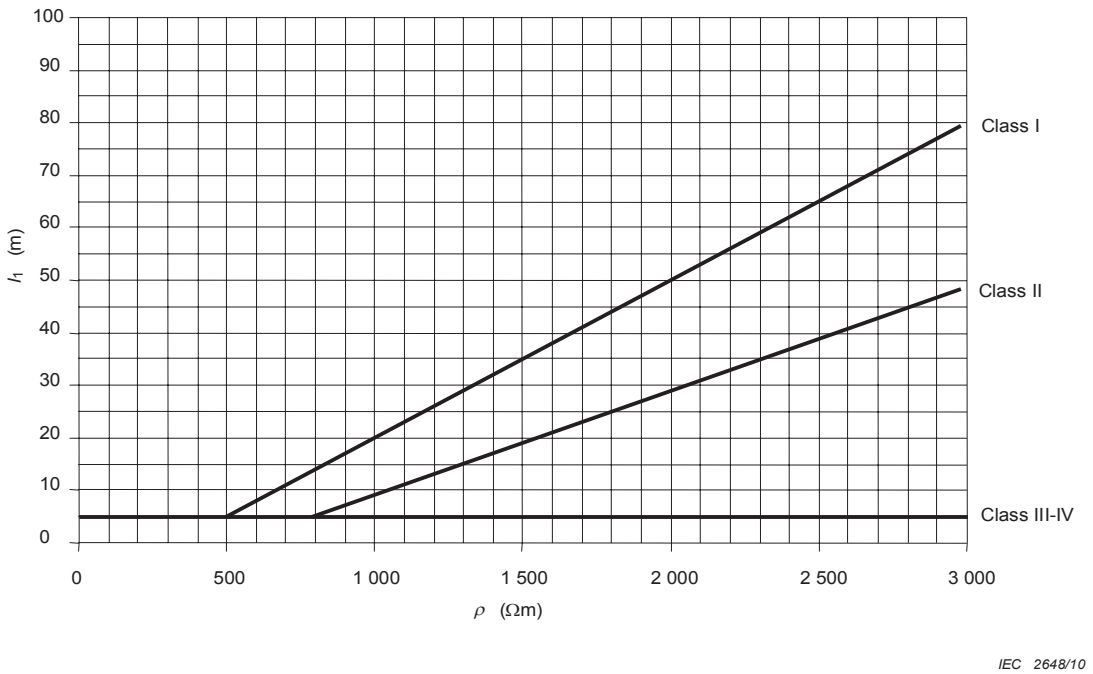
5.4.2 Earthing arrangement in general conditions

For earth-termination systems, two basic types of earth electrode arrangements apply.

5.4.2.1 Type A arrangement

This type of arrangement comprises horizontal or vertical earth electrodes installed outside the structure to be protected connected to each down-conductor or foundation earth electrodes not forming a closed loop.

In type A arrangements, the total number of earth electrodes shall be not less than two.



NOTE Classes III and IV are independent of soil resistivity.
ПРИМІТКА Класи III і IV є незалежними від питомого опору ґрунту.

Figure 3 – Minimum length l_1 of each earth electrode according to the class of LPS

Рисунок 3 - Мінімальна довжина l_1 кожного уземлювального електроду відповідно до класу LPS

Мінімальна довжина кожного уземлювального електроду у нижній частині кожного доземного провідника становить:

– l_1 для горизонтальних електродів, або

– 0,5 l_1 для вертикальних (або похилих) електродів

де l_1 – мінімальна довжина горизонтальних електродів, показана на відповідній частині Рис. 3.

The minimum length of each earth electrode at the base of each down-conductor is

– l_1 for horizontal electrodes, or

– 0,5 l_1 for vertical (or inclined) electrodes,

where l_1 is the minimum length of horizontal electrodes shown in the relevant part of Figure 3.

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

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

ПРИМІТКА 1 Якщо вищезгадані вимоги не можуть бути дотримані, належить застосовувати розміщення тип B.

ПРИМІТКА 2 Зменшення опору уземлення шляхом подовження уземлювачів є практично допускним до 60 м. У ґрунті з питомим опором понад 3 000 Ωм, розміщення уземлювальних електродів тип B або суміші для покращення уземлення є рекомендованими.

ПРИМІТКА 3 Для отримання додаткової інформації дивись Додаток E.

5.4.2.2 Розміщення тип B

Цей тип включає зовнішній кільцевий провідник стосовно споруди, що захищається, який контактує з ґрунтом принаймні на 80% його загальної довжини, або фундаментний уземлювальний електрод, який утворює замкнене коло. Такі уземлювальні електроди можуть також бути поєднані у 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 електроду (або фундаментного уземлювального електроду), середній радіус r_e площі, яка охоплюється кільцевим уземлювальним електродом (або фундаментним уземлювальним електродом) має бути не меншою, ніж значення l_1:

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

де l_1 представлено на Рис. 3 відповідно до класу LPS I, II, III та IV.

Якщо необхідне значення l_1 є більшим за допускне значення r_e, належить встановити додаткові горизонтальні чи вертикальні (або похилі) електроди з індивідуальними довжинами l_r (горизонтальний) і l_v (вертикальний), що вираховуються за такими рівняннями:

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

і

$$l_v = (l_1 - r_e) / 2 \quad (3)$$

Рекомендується, щоб кількість електродів була не меншою, ніж кількість доземних провідників, за мінімальної кількості – два.

For combined (vertical or horizontal) electrodes, the total length shall be considered.

The minimum lengths stated in Figure 3 may be disregarded provided that an earthing resistance of the earth-termination system less than 10 Ω (measured at a frequency different from the power frequency and its multiple in order to avoid interference) is achieved.

NOTE 1 When the above-mentioned requirements cannot be met, a type B earth arrangement shall be used.

NOTE 2 Reduction of earthing resistance by the extension of earth electrodes is practically convenient up to 60 m. In soil with resistivity higher than 3 000 Wm, the use of type B earth electrodes or earthing enhancing compounds is recommended.

NOTE 3 For further information, refer to Annex E.

5.4.2.2 Type B arrangement

This type of arrangement comprises either a ring conductor external to the structure to be protected, in contact with the soil for at least 80 % of its total length, or a foundation earth electrode forming a closed loop. Such earth electrodes may also be meshed.

NOTE Although 20 % may not be in contact with the soil, the ring conductor must always be completely connected throughout its total length.

For the ring earth electrode (or foundation earth electrode), the mean radius r_e of the area enclosed by the ring earth electrode (or foundation earth electrode) shall be not less than the value l_1 :

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

where l_1 is represented in Figure 3 according to LPS class I, II, III and IV.

When the required value of l_1 is larger than the convenient value of r_e, additional horizontal or vertical (or inclined) electrodes shall be added with individual lengths l_r (horizontal) and l_v (vertical) given by the following equations:

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

and

$$l_v = (l_1 - r_e) / 2 \quad (3)$$

It is recommended that the number of electrodes shall be not less than the number of the down-conductors, with a minimum of two.

Додаткові електроди мають бути з'єднані із кільцевим уземлювальним електродом у точках, де з'єднуються доземні провідники та, за можливості, рівномірно.

The additional electrodes should be connected to the ring earth electrode at points where the down-conductors are connected and, for as many as possible, equidistantly.

5.4.3 Встановлення уземлювальних електродів

5.4.3 Installation of earth electrodes

Рекомендується, щоб кільцевий уземлювальний електрод (розміщення тип B) був закопаний на глибині не менше 0,5 м і на відстані приблизно 1 м від зовнішніх стін.

The ring earth electrode (type B arrangement) should preferably be buried at a depth of at least 0,5 m and at a distance of about 1 m away from the external walls.

Уземлювачі (розміщення тип A) мають бути встановлені верхнім краєм на глибині щонайменше 0,5 м і розподілені максимально рівномірно для зведення до мінімуму впливу електричної взаємодії у землі.

The earth electrodes (type A arrangement) shall be installed at a depth of upper end at least 0,5 m and distributed as uniformly as possible to minimize electrical coupling effects in the earth.

ПРИМІТКА 1 Якщо уземлювальний електрод тип A розташований всередині контрольної коробки, яка, у свою чергу, знаходиться у покритті з високим опором або прилеглому бетоні, тоді вимогою щодо 0,5 м можна знехтувати.

NOTE 1 If the type A earth electrode is positioned within an inspection housing which, in turn, is located in high resistance paving or adjoining concrete, then the 0,5 m requirement can be disregarded.

Уземлювачі встановлюються таким чином, щоби забезпечувалась можливість інспекції під час спорудження.

Earth electrodes shall be installed in such a way as to allow inspection during construction.

Глибина закопування і тип уземлювачів мають бути такими, щоб мінімізувати вплив корозії, висихання та промерзання ґрунту і тим самим стабілізувати природний опір землі. Рекомендується, щоб верхня частина вертикального уземлювального електроду, яка дорівнює глибині промерзання ґрунту, не розглядалася як діюча в умовах промерзання.

The embedded depth and the type of earth electrodes shall be such as to minimize the effects of corrosion, soil drying and freezing and thereby stabilize the conventional earth resistance. It is recommended that the upper part of a vertical earth electrode equal to the depth of freezing soil should not be regarded as being effective under frost conditions.

ПРИМІТКА 2 Отже, для кожного вертикального електроду має бути додано 0,5 м до значення довжини l_1, обчисленої у 5.4.2.1 та 5.4.2.2.

NOTE 2 Hence, for every vertical electrode, 0,5 m should be added to the value of the length l_1, calculated in 5.4.2.1 and 5.4.2.2.

Для голої скелі розміщення уземлення тип B є рекомендованим.

For bare solid rock, a type B earthing arrangement is recommended.

Для споруд з великою кількістю електронних систем або з високим ризиком виникнення пожежі, перевага надається розташуванню уземлення тип B.

For structures with extensive electronic systems or with high risk of fire, type B earthing arrangement is preferable.

5.4.4 Природні уземлювальні електроди

Як уземлювачі рекомендується використовувати взаємопов'язану сталь риштунку у бетонних фундаментах відповідно до 5.6 або інші відповідні підземні металеві конструкції. За використання металевого риштунку у бетоні у якості уземлювача, особливу увагу слід приділяти внутрішнім з'єднанням для запобігання механічному розколюванню бетону.

ПРИМІТКА 1 У випадку попередньо напруженого бетону слід враховувати наслідки проходження струмів блискавки, які можуть створювати неприпустимі механічні напруження.

ПРИМІТКА 2 Якщо використовується фундаментний уземлювальний електрод, у перспективі можливе збільшення опору уземлення.

ПРИМІТКА 3 Більш детальна інформація з цієї теми наведена у Додатку Е..

5.5. Компоненти

5.5.1. Загальні положення

Компоненти LPS мають витримувати електромагнітні впливи струму блискавки і передбачувані випадкові напруження без пошкоджень. Це може бути досягнуто шляхом вибору компонентів, які успішно пройшли випробування відповідно до майбутньої серії IEC 62561.

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

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

5.4.4 Natural earth electrodes

Interconnected reinforcing steel in concrete foundations in accordance with 5.6, or other suitable underground metal structures, should preferably be used as an earth electrode. When the metallic reinforcement in concrete is used as an earth electrode, special care shall be exercised at the interconnections to prevent mechanical splitting of the concrete.

NOTE 1 In the case of pre-stressed concrete, consideration should be given to the consequences of the passage of lightning discharge currents which may produce unacceptable mechanical stresses.

NOTE 2 If a foundation earth electrode is used, a long-term increase in earthing resistance is possible.

NOTE 3 More extensive information on this topic is reported in Annex E.

5.5 Components

5.5.1 General

Components of LPS shall withstand the electromagnetic effects of lightning current and predictable accidental stresses without being damaged. This can be achieved by choosing components that have successfully been tested in accordance with the future IEC 62561 series.

Components of an LPS shall be manufactured from the materials listed in Table 5 or from other materials with equivalent mechanical, electrical and chemical (corrosion) performance characteristics.

NOTE Components made of material other than metal may be used for fixing.

Table 5 – LPS materials and conditions of use[a]
Таблиця 5 - Матеріали LPS та умови використання[a]

Material Матеріал	Use / Використання			Corrosion / Корозія		
	In open air Просто неба	In earth У землі	In concrete У бетоні	Resistance Тривкість	Increased by Збільшується за рахунок	May be destroyed by galvanic coupling with Може бути зруйновано через гальванічний зв'язок з
Copper Мідь	Solid Одножильний Stranded Багатожильний	Solid Одножильний Stranded Багатожильний As coating Як покриття	Solid Одножильний Stranded Багатожильний As coating Як покриття	Good in many environments Добра у багатьох середовищах	Sulphur compounds Сполуки сірки Organic materials Органічні матеріали	–
Hot galvanized steel[c, d, e] Гарячепоцинкована сталь[c, d, e]	Solid Одножильний Stranded[b] Багатожильний[b]	Solid Одножильний	Solid Одножильний Stranded[b] Багатожильний[b]	Acceptable in air, in concrete and in benign soil Прийнятна у повітрі,у бетоні і у доброякісному ґрунті	High chlorides content Високий вміст хлоридів	Copper Мідь
Steel with electrodeposited copper Сталь з гальванічним покриттям з міді	Solid Одножильний	Solid Одножильний	Solid Одножильний	Good in many environments Добра у багатьох середовищах	Sulphur compounds Сполуки сірки	
Stainless steel Нержавна сталь	Solid Одножильний Stranded Багатожильний	Solid Одножильний Stranded Багатожильний	Solid Одножильний Stranded Багатожильний	Good in many environments Добра у багатьох середовищах	High chlorides content Високий вміст хлоридів	–
Aluminium Алюміній	Solid Одножильний Stranded Багатожильний	Unsuitable Непридатний	Unsuitable Непридатний	Good in atmospheres containing low concentrations of sulphur and chloride Добра у атмосфері з низькою концентрацією сірки і хлоридів	Alkaline solutions Розчини лугів	Copper Мідь
Lead[f] Свинець[f]	Solid Одножильний As coating Як покриття	Solid Одножильний As coating Як покриття	Unsuitable Непридатний	Good in atmosphere with high concentration of sulphates Добра у атмосфері з високою концентрацією сульфатів	Acid soils Кислі ґрунти	Copper Мідь Stainless steel Нержавна сталь

[a] This table gives general guidance only. In special circumstances more careful corrosion immunity considerations are required (see Annex E).

У цій таблиці наведено лише загальні рекомендації. У особливих випадках більш детально мають бути розглянуті питання щодо захисту від корозії (дивись Додаток E).

[b] Stranded conductors are more vulnerable to corrosion than solid conductors. Stranded conductors are also vulnerable where they enter or exit earth/concrete positions. This is the reason why stranded galvanized steel is not recommended in earth.

Багатожильні провідники є більшою мірою схильними до корозії ніж одножильні провідники. Багатожильні провідники також є вразливими у точках входу або виходу з землі/бетону. Це є причиною того, чому не рекомендується використовувати багатожильні провідники з поцинкованої сталі у землі.

[c] Galvanized steel may be corroded in clay soil or moist soil.

Поцинкована сталь може піддаватися корозії у глинистому або вологому ґрунті.

[d] Galvanized steel in concrete should not extend into the soil due to possible corrosion of the steel just outside the concrete.

Поцинкована сталь у бетоні не має виходити у ґрунт через можливу корозію сталі у безпосередній близькості від бетону.

[e] Galvanized steel in contact with reinforcement steel in concrete should not be used in coastal areas where there may be salt in the ground water

Поцинкована сталь, що контактує зі сталевим риштуноком у бетоні, не має використовуватись у прибережних районах, де у ґрунтових водах може міститись сіль

[f] Use of lead in the earth is often banned or restricted due to environmental concerns.

Використання свинцю у землі часто заборонено або обмежено з міркувань захисту довкілля.

5.5.2. Закріплення

Блискавкоприймачі та доземні провідники мають бути надійно закріплені так, щоб електродинамічні або випадкові механічні сили (наприклад, вібрації, сповзання снігу, теплове розширення і т. ін.) не призвели до пошкодження або послаблення провідників (дивись Додаток D до IEC 62305-1:2010).

ПРИМІТКА Рекомендовані відстані між кріпленнями наведено у Таблиці E.1.

5.5.3. З'єднання

Число з'єднань уздовж провідників має бути зведено до мінімуму. З'єднання мають бути виконані надійно, приміром, лютуванням твердою лютою, зварюванням, фальцюванням, зшиванням, з'єднанням саморізами або шрубами.

Для досягнення цієї мети з'єднання риштунку у залізобетонних конструкціях мають відповідати вимогам, викладеним у 4.3, а також вимогам майбутньої серії IEC 62561-1.

5.6. Матеріали та розміри

5.6.1. Матеріали

Вибір матеріалів і розмірів здійснюється з урахуванням можливості корозії споруди, що захищається, або LPS.

5.6.2. Розміри

Конфігурації і мінімальні площі поперечного перерізу провідників блискавкоприймачів, стрижнів блискавкоприймачів та доземних провідників наведено у Таблиці 6 та вони мають відповідати вимогам майбутньої серії IEC 62561.

Конфігурації і мінімальні розміри уземлювачів наведено у Таблиці 7 та вони мають відповідати вимогам майбутньої серії IEC 62561.

5.5.2 Fixing

Air-terminations and down-conductors shall be firmly fixed so that the electrodynamic or accidental mechanical forces (for instance vibrations, slipping of slabs of snow, thermal expansion, etc.) will not cause conductors to break or loosen (see Annex D of IEC 62305-1:2010).

NOTE Recommended distances between fixings are reported in Table E.1.

5.5.3 Connections

The number of connections along the conductors shall be kept to a minimum. Connections shall be made secure by such means as brazing, welding, clamping, crimping, seaming, screwing or bolting.

To achieve this, connections of steelwork within reinforced concrete structures shall conform to 4.3 and shall comply with the requirements and tests according to the future IEC 62561-1.

5.6 Materials and dimensions

5.6.1 Materials

Material and its dimensions shall be chosen bearing in mind the possibility of corrosion either of the structure to be protected or of the LPS.

5.6.2 Dimensions

Configurations and minimum cross-sectional areas of air-termination conductors, air-termination rods and down-conductors are given in Table 6 and shall comply with the requirements and tests according to the future IEC 62561 series.

Configurations and minimum dimensions of earth electrodes are given in Table 7 and shall comply with the requirements and tests according to the future IEC 62561 series.

Table 6 – Material, configuration and minimum cross-sectional area of air-termination conductors, air-termination rods, earth lead-in rods and down-conductors[a]
Таблиця 6 - Матеріал, конфігурація та мінімальні розміри провідників перехоплювачів, стрижнів перехоплювачів, стрижнів уводу до уземлювача та доземних провідників[a]

Material **Матеріал**	**Configuration** **Конфігурація**	**Cross-sectional area,** mm² **Площа поперечного перерізу,** мм²
Copper Мідь Tin plated copper Луджена мідь	Solid tape / Суцільний стрічковий	50
	Solid round[b] / Моножила круглий[b]	50
	Stranded[b] / Багатожильний[b]	50
	Solid round[c] / Моножила круглий[c]	176
Aluminium Алюміній	Solid tape / Суцільний стрічковий	70
	Solid round / Моножила круглий	50
	Stranded / Багатожильний	50
Aluminium alloy Алюмінієвий сплав	Solid tape / Суцільний стрічковий	50
	Solid round / Моножила круглий	50
	Stranded / Багатожильний	50
	Solid round[c] / Моножила круглий[c]	176
Copper coated aluminium alloy Обміднений алюмінієвий сплав	Solid round / Моножила круглий	50
Hot dipped galvanized steel Гарячепоцинкована сталь	Solid tape / Суцільний стрічковий	50
	Solid round / Моножила круглий	50
	Stranded / Багатожильний	50
	Solid round[c] / Моножила круглий[c]	176
Copper coated steel Обміднена сталь	Solid round / Моножила круглий	50
	Solid tape / Суцільний стрічковий	50
Stainless steel Нержавна сталь	Solid tape[d] / Суцільний стрічковий[d]	50
	Solid round[d] / Моножила круглий[d]	50
	Stranded / Багатожильний	70
	Solid round[c] / Моножила круглий[c]	176

[a] Mechanical and electrical characteristics as well as corrosion resistance properties shall meet the requirements of the future IEC 62561 series.

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

[b] 50 mm² (8 mm diameter) may be reduced to 25 mm² in certain applications where mechanical strength is not an essential requirement. Consideration should in this case, be given to reducing the spacing between the fasteners.

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 випадку належить приділити увагу зменшенню відстані між кріпленнями.

[c] Applicable for air-termination rods and earth lead-in rods. For air-termination rods where mechanical stress such as wind loading is not critical, a 9,5 mm diameter, 1 m long rod may be used.

Застосовується для стрижнів блискавкоприймачів і стрижнів уземлювачів. Для стрижнів блискавкоприймачів, де механічне напруження, як от вітрове обтяження, не є критичним, стрижень діаметром 9,5 мм 1 м завдовжки може бути використано.

[d] If thermal and mechanical considerations are important then these values should be increased to 75 mm²

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

Table 7 – Material, configuration and minimum dimensions of earth electrodes[a, e]
Таблиця 7 - Матеріал, конфігурація та мінімальні розміри уземлювальних електродів[a, e]

Material Матеріал	Configuration Конфігурація	Dimensions / Розміри		
		Earth rod diameter, mm **Діаметр уземлювального стрижня, мм**	**Earth conductor** mm² **Провід уземлення**, мм²	**Earth plate,** mm **Уземлювальна пластина,** мм
Copper Мідь Tin plated copper Луджена мідь	Stranded / Багатожильний		50	
	Solid round / Моножила круглий	15	50	
	Solid tape / Суцільний стрічковий		50	
	Pipe / Труба	20		
	Solid plate / Суцільна пластина			500 ´ 500
	Lattice plate[c] / Решітчаста пластина			600 ´ 600
Hot dipped galvanized steel Гарячепоцинкована сталь	Solid round / Моножила круглий	14	78	
	Pipe / Труба	25		
	Solid tape / Суцільний стрічковий		90	
	Solid plate / Суцільна пластина			500 ´ 500
	Lattice plate[c] / Решітчаста пластина[c]			600 ´ 600
	Profile / Профіль	[d]		
Bare steel[b] Непокрита сталь[b]	Stranded / Багатожильний		70	
	Solid round / Моножила круглий		78	
	Solid tape / Суцільний стрічковий		75	
Copper coated steel Обміднена сталь	Solid round / Моножила круглий	14[f]	50	
	Solid tape / Суцільний стрічковий		90	
Stainless steel Нержавна сталь	Solid round / Моножила круглий	15[f]	78	
	Solid tape / Суцільний стрічковий		100	

[a] Mechanical and electrical characteristics as well as corrosion resistance properties shall meet the requirements of the future IEC 62561 series.

Механічні та електричні характеристики, а також антикорозійні властивості мають відповідати вимогам майбутньої серії IEC 62561.

[b] Shall be embedded in concrete for a minimum depth of 50 mm.

Має бути занурено у бетон щонайменше на 50 мм.

[c] Lattice plate constructed with a minimum total length of the conductor of 4,8 m.

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

[d] Different profiles are permitted with a cross-section of 290 mm² and a minimum thickness of 3 mm, e.g. cross profile.

Допускаються різні профілі з поперечним перерізом 290 мм² і товщиною принаймні 3 мм, наприклад, хрестовинний профіль.

[e] In case of a Type B arrangement foundation earthing system, the earth electrode shall be correctly connected at least every 5 m with the reinforcement steel.

У разі застосування розміщення системи тип B фундаментного уземлювача, уземлювальний електрод має бути з'єднаний належним чином принаймні що кожні 5 м зі сталлю риштунку залізобетону.

[f] In some countries the diameter may be reduced to 12,7 mm.

У деяких країнах діаметр може бути зменшений до 12,7 мм.

6 Внутрішня система блискавкозахисту

6.1 Загальні положення

Внутрішня LPS має запобігати виникненню небезпечного іскріння у будівлі (споруді), що захищається, 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 у будівлі (споруді) з небезпекою вибуху, завжди становить небезпеку. У цьому випадку вимагається вжиття додаткових захисних заходів, які знаходяться на стадії розгляду (дивись Додаток D).

ПРИМІТКА 2 Стосовно захисту від перенапруг внутрішніх систем дивись IEC 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 досягаються шляхом з'єднання 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.

6 Internal lightning protection system

6.1 General

The internal LPS shall prevent the occurrence of dangerous sparking within the structure to be protected due to lightning current flowing in the external LPS or in other conductive parts of the structure.

Dangerous sparking may occur between the external LPS and other components such as:

– metal installations;
– internal systems;
– external conductive parts and lines connected to the structure.

NOTE 1 Sparking occurring within the structure with danger of explosion is always dangerous. In this caseadditional protective measures are required which are under consideration (see Annex D).

NOTE 2 For protection against overvoltages of internal systems, refer to IEC 62305-4.

Dangerous sparking between different parts can be avoided by means of

– equipotential bonding in accordance with 6.2, or
– electrical insulation between the parts in accordance with 6.3.

6.2 Lightning equipotential bonding

6.2.1 General

Equipotentialization is achieved by interconnecting the LPS with

– metal installations,
– internal systems,
– external conductive parts and lines connected to the structure.

When lightning equipotential bonding is established to internal systems, part of the lightning current may flow into such systems and this effect shall be taken into account.

Засобами з'єднання можуть бути:

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

Спосіб, у який досягається еквіпотенційне сполучення блискавкозахисту, є важливим і має бути розглянуте з оператором телекомунікаційних мереж, оператором електроенергетичних та газових служб, а також іншими операторами або відповідними органами, оскільки у них можуть існувати суперечливі вимоги.

SPD мають бути встановлені таким чином, щоб була передбачена можливість їхньої перевірки.

ПРИМІТКА 1 Коли встановлена LPS, можуть бути порушені металоконструкції, які є зовнішніми стосовно захищуваної будівлі (споруди). Це слід враховувати за проектування таких систем. Також можуть бути необхідними еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для зовнішніх металоконструкцій.

ПРИМІТКА 2 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту має бути об'єднано і скоординовано з іншими еквіпотенційними сполученнями у будівлі (споруді).

6.2.2. Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для металевих конструкцій

У випадку ізольованої зовнішньої LPS, еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту здійснюються лише на позначці ґрунту.

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

a) у фундаменті або поблизу позначки ґрунту. Сполучні провідники мають бути підключені до сполучної шини, влаштованої та встановленої таким чином, який дозволяв би легкий доступ для інспектування. Сполучна шина має бути підключена до системи земляного закінчення. Для великих споруд (зазвичай, понад 20 м завдовжки) може бути використана кільцева сполучна шина або може бути встановлено декілька сполучних шин, за умови, що вони з'єднані між собою;

b) у місцях, де не виконані вимоги щодо ізоляції (дивись 6.3).

Interconnecting means can be

– bonding conductors, where the electrical continuity is not provided by natural bonding,
– surge protective devices (SPDs), where direct connections with bonding conductors are not feasible.
– isolating spark gaps (ISGs), where direct connections with bonding conductors are not allowed.

The manner in which lightning equipotential bonding is achieved is important and shall be discussed with the operator of the telecommunication network, the electric power, gas pipes operator, and other operators or authorities concerned, as there may be conflicting requirements.

SPDs shall be installed in such a way that they can be inspected.

NOTE 1 When an LPS is installed, metalwork external to the structure to be protected may be affected. This should be considered when designing such systems. Lightning equipotential bonding for external metalwork may also be necessary.

NOTE 2 Lightning equipotential bonding should be integrated and coordinated with other equipotential bonding in the structure.

6.2.2 Lightning equipotential bonding for metal installations

In the case of an isolated external LPS, lightning equipotential bonding shall be established at ground level only.

For an external LPS which is not isolated, lightning equipotential bonding shall be installed at the following locations:

a) in the basement or approximately at ground level. Bonding conductors shall be connected to a bonding bar constructed and installed in such a way that it allows easy access for inspection. The bonding bar shall be connected to the earth-termination system. For large structures (typically more than 20 m in length), a ring bonding bar may be used or more than one bonding bar can be installed, provided that they are interconnected;

b) where insulation requirements are not fulfilled (see 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 слід брати до уваги.

Мінімальні значення поперечного перерізу провідників еквіпотенційних сполучень, що з'єднують різні сполучні шини й провідників, що з'єднують шини із системою земляного закінчення, наведено у Таблиці 8.

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

Lightning equipotential bonding connections shall be made as direct and straight as possible.

NOTE When lightning equipotential bonding is established to conducting parts of the structure, part of the lightning current may flow into the structure and this effect should be taken into account.

The minimum values of the cross-section of the bonding conductors connecting different bonding bars and of the conductors connecting the bars to the earth-termination system are listed in Table 8.

The minimum values of the cross-section of the bonding conductors connecting internal metal installations to the bonding bars are listed in Table 9.

Table 8 – Minimum dimensions of conductors connecting different bonding bars or connecting bonding bars to the earth-termination system

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

Class of LPS **Клас LPS**	**Material** **Матеріал**	**Cross-section,** mm² **Поперечний переріз,** мм²
I - IV	Copper / Мідь	16
	Aluminium / Алюміній	25
	Steel / Сталь	50

Table 9 – Minimum dimensions of conductors connecting internal metal installations to the bonding bar

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

Class of LPS **Клас LPS**	**Material** **Матеріал**	**Cross-section,** mm² **Поперечний переріз,** мм²
I to IV	Copper / Мідь	6
	Aluminium / Алюміній	10
	Steel / Сталь	16

Якщо ізоляційні частини вставляються до труб газо- або водопостачання, усередині будівлі (споруди), що захищається, вони, за погодженням з постачальником води і газу, мають бути шунтовані ISG, спроектованими для такої експлуатації.

ISG мають бути випробувані у відповідності з майбутнім стандартом IEC 62561-3 і мати такі характеристики:

– $I_{imp} \geq k_c\, I$ де $k_c\, I$ - струм блискавки, що протікає уздовж відповідної частини зовнішньої LPS (дивись Додаток C);

– номінальна імпульсна напруга спрацьовування U_{RIMP} нижча за рівень імпульсної стійкості ізоляції між частинами.

If insulating pieces are inserted into gas lines or water pipes, inside the structure to be protected they shall, with the agreement of the water and gas supplier, be bridged by ISGs designed for such an operation.

ISGs shall be tested according to the future IEC 62561-3 and shall have the following characteristics:

– $I_{imp} \geq k_c\, I$ where $k_c\, I$ is the lightning current flowing along the relevant part of the externalLPS (see Annex C);

– rated impulse sparkover voltage U_{RIMP} lower than the impulse withstand level of insulation between parts.

6.2.3 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для зовнішніх струмопровідних частин

Для зовнішніх струмопровідних частин еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту встановлюються якомога ближче до точки входу до будівлі (споруди), що захищається.

Сполучні провідники мають бути здатними витримувати частину I_F струму блискавки, що протікає ними, яка оцінюється згідно з Додатком E до стандарту IEC 62305-1:2010.

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

ISG мають бути випробувані у відповідності з майбутнім стандартом IEC 62561-3 і мати такі характеристики:

– $I_{imp} \geq k_c I$, де $k_c I$ – струм блискавки, що протікає уздовж відповідної частини зовнішньої LPS (дивись Додаток C);

– номінальна імпульсна напруга спрацьовування U_{RIMP} нижча за рівень імпульсної стійкості ізоляції між частинами.

ПРИМІТКА Якщо еквіпотенційне сполучення є необхідним, а LPS необхідною не є, земляне закінчення електроустановки НН може бути використано з цією метою. У IEC 62305-2 подано відомості про умови, за яких LPS не є необхідною.

6.2.3 Lightning equipotential bonding for external conductive parts

For external conductive parts, lightning equipotential bonding shall be established as near as possible to the point of entry into the structure to be protected.

Bonding conductors shall be capable of withstanding the part I_F of the lightning current flowing through them evaluated in accordance with Annex E of IEC 62305-1:2010.

If direct bonding is not acceptable, ISGs with the following characteristics shall be used:

ISGs shall be tested according to the future IEC 62561-3 and shall have the following characteristics:

– $I_{imp} \geq I_F$ where I_F is the lightning current flowing along the considered external conductive part (see Annex E of IEC 62305-1:2010);

– the rated impulse sparkover voltage U_{RIMP} lower than the impulse withstand level of insulation between parts.

NOTE When equipotential bonding is required, but an LPS is not required, the earth-termination of the low voltage electrical installation can be used for this purpose. IEC 62305-2 provides information on the conditions where an LPS is not required.

6.2.4 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для внутрішніх систем

Вкрай важливо, аби еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту виконувалось відповідно до 6.2.2 a) та 6.2.2 b).

Якщо кабелі внутрішніх систем екрановані або містяться у металевих каналах, може бути достатньо приєднати лише ці екрани та канали (дивись Додаток B).

ПРИМІТКА Приєднання екранів та каналів може не виключати збої через перенапруги обладнання, підключеного до кабелів. Стосовно захисту такого обладнання дивись IEC 62305-4.

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

Сполучні провідники мусять мати таку ж саму здатність до відведення струму, як зазначено у 6.2.2 для ISG.

6.2.4 Lightning equipotential bonding for internal systems

It is imperative that lightning equipotential bonding is installed in accordance with 6.2.2 a) and 6.2.2 b).

If cables of internal systems are screened or located in metal conduits, it may be sufficient to bond only these screens and conduits (see Annex B).

NOTE Bonding of screens and conduits may not avoid failure due to overvoltages of equipment connected to the cables. For protection of such equipment refer to IEC 62305-4.

If cables of internal systems are neither screened nor located in metal conduits, they shall be bonded via SPDs. In TN systems, PE and PEN conductors shall be bonded to the LPS directly or with an SPD.

Bonding conductors shall have the same current withstand as indicated in 6.2.2 for ISGs.

SPD мають відповідати вимогам IEC 61643-1 і IEC 61643-21 і мусять мати такі характеристики:

- випробувані при $I_{imp} \geq k_c I$, де $k_c I$ – струм блискавки, що протікає уздовж відповідної частини зовнішньої LPS (дивись Додаток C);
- рівень захисту U_P є нижчим за рівень імпульсної стійкості ізоляції між частинами.

Якщо захист внутрішніх систем від перенапруг є необхідним, має бути застосована координована система SPD, що відповідає вимогам Розділу 7 IEC 62305-4:2010.

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

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

Усі провідники кожної лінії мають бути з'єднані напряму або через SPD. Провідники під напругою з'єднуються зі сполучною шиною лише через SPD. У системах TN, провідники PE або PEN мають бути приєднані напряму або через SPD до сполучної шини.

Якщо лінії екрановано або прокладено у металевих каналах, ці екрани і канали мають бути приєднані. Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту для провідників не є обов'язковим, за умови, що поперечний переріз S_C цих екранів або каналів є не меншим за мінімальне значення S_{CMIN}, обчислене згідно Додатка B.

Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту екранів кабелів або каналів здійснюється поблизу місця їхнього уводу до будівлі (споруди).

Сполучні провідники мають витримувати такий струм як зазначено у 6.2.3 для пристроїв ISG.

SPD мають відповідати вимогам IEC 61643-1 і IEC 61643-21 і повинні мати такі характеристики:

- випробувані за $I_{imp} \geq I_F$, де I_F – струм блискавки, що протікає лінією (дивись Додаток E IEC 62305-1:2010);
- рівень захисту U_P є нижчим за рівень імпульсної стійкості між частинами.

SPDs shall comply with IEC 61643-1 and IEC 61643-21 and shall have the following characteristics:

– tested with $I_{imp} \geq k_c I$ where $k_c I$ is the lightning current flowing along the relevant part of the external LPS (see Annex C);
– the protection level U_P lower than the impulse withstand level of insulation between parts.

If protection of internal systems against surges is required, a coordinated SPD system conforming to the requirements of Clause 7 of IEC 62305-4:2010 shall be used.

6.2.5 Lightning equipotential bonding for lines connected to the structure to be protected

Lightning equipotential bonding for electrical and telecommunication lines shall be installed in accordance with 6.2.3.

All the conductors of each line should be bonded directly or with an SPD. Live conductors shall only be bonded to the bonding bar via an SPD. In TN systems, PE or PEN conductors shall be bonded directly or via an SPD to the bonding bar.

If lines are screened or routed into metal conduits, these screens and conduits shall be bonded. Lightning equipotential bonding for conductors is not necessary, provided that the cross-section S_C of these screens or conduits is not lower than the minimum value S_{CMIN} evaluated in accordance with Annex B.

Lightning equipotential bonding of the cable screens or of the conduits shall be performed near the point where they enter the structure.

Bonding conductors shall have the same current withstand as indicated in 6.2.3 for ISGs.

SPDs shall comply with IEC 61643-1 and IEC 61643-21 and shall have the following characteristics:

– tested with $I_{imp} \geq I_F$ where I_F is the lightning current flowing along the lines (see Annex E of IEC 62305-1:2010);
– the protection level U_P lower than the impulse withstand level of insulation between parts.

Якщо захист від імпульсних перенапруг для внутрішніх систем, приєднаних до ліній, які входять до будівлі (споруди) є необхідним, має бути застосовано координовану систему SPD, яка відповідає вимогам Пункту 7 IEC 62305-4:2010.

ПРИМІТКА Якщо еквіпотенційне сполучення є необхідним, а LPS необхідною не є, земляне закінчення електроустановки НН може бути використано з цією метою. У IEC 62305-2 подано інформація про умови, за яких LPS не є необхідною.

If protection against surges of internal systems connected to lines entering the structure is required, a coordinated SPD system conforming to the requirements of Clause 7 of IEC 62305-4:2010 shall be used.

NOTE When equipotential bonding is required, but an LPS is not required, the earth-termination of the low voltage electrical installation can be used for this purpose. IEC 62305-2 provides information on the conditions where an LPS is not required.

6.3 Електричне ізолювання зовнішньої LPS

6.3.1. Загальні положення

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

6.3 Electrical insulation of the external LPS

6.3.1 General

Electrical insulation between the air-termination or the down-conductor and the structural metal parts, the metal installations and the internal systems can be achieved by providing a separation distance, *s*, between the parts. The general equation for the calculation of s is given by:

$$s = \frac{k_i}{k_m} \times k_c \times l \quad \text{(m)} \tag{4}$$

де

k_i залежить від обраного класу LPS (дивись Таблицю 10);

k_m залежить від електроізоляційного матеріалу (дивись Таблицю 11);

k_c залежить від (часткового) струму блискавки, що проходить блискавкоприймачем та доземним провідником (дивись Таблицю 12 та Додаток C);

l довжина у метрах уздовж блискавкоприймача і доземного провідника від точки, де роздільна відстань розглядається, до найближчої точки системи еквіпотенційних сполучень або точки приєднання до уземлення (дивись E.6.3 у Додатку E).

ПРИМІТКА Довжиною *l* уздовж блискавкоприймача можна знехтувати у спорудах з безперервним металевим дахом, який діє як природний блискавкоприймач.

where

k_i depends on the selected class of LPS (see Table 10);

k_m depends on the electrical insulation material (see Table 11);

k_c depends on the (partial) lightning current flowing on the air-termination and the down-conductor (see Table 12 and Annex C);

l is the length, in metres, along the air-termination and the down-conductor from the point, where the separation distance is to be considered, to the nearest equipotential bonding point or the earth termination (see E.6.3 of Annex E).

NOTE The length *l* along the air-termination can be disregarded in structures with continuous metal roof acting as natural air-termination system.

Table 10 – Isolation of external LPS – Values of coefficient k_i
Таблиця 10 - Ізолювання зовнішньої LPS - Значення коефіцієнта k_i

Class of LPS / Клас LPS	k_i
I	0,08
II	0,06
III and / і IV	0,04

Table 11 – Isolation of external LPS – Values of coefficient k_m
Таблиця 11 - Ізолювання зовнішньої LPS - Значення коефіцієнта k_m

Material / Матеріал	k_m
Air / Повітря	1
Concrete, bricks, wood / Бетон, цегла, дерево	0,5
NOTE 1 When there are several insulating materials in series, it is a good practice to use the lower value for k_m. ПРИМІТКА 1 Якщо кілька ізоляційних матеріалів з'єднано послідовно, використання найменшого зі значень k_m є доброю практикою. NOTE 2 In using other insulating materials, construction guidance and the value of k_m should be provided by the manufacturer. ПРИМІТКА 2 За використання інших ізоляційних матеріалів, вказівки щодо влаштування та значення k_m мають бути надані виробником.	

У випадку коли лінії або зовнішні струмопровідні частини входять до будівлі (споруди), завжди належить забезпечувати еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту (шляхом прямого з'єднання або з'єднання через SPD) у точці їх уводу до будівлі (споруди).

In the case of the lines or external conductive parts entering the structure, it is always necessary to ensure lightning equipotential bonding (by direct connection or connection by SPD) at their point of entry into the structure.

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

In structures with metallic or electrically continuous connected reinforced concrete framework a separation distance is not required.

Коефіцієнт k_c розподілу струму блискавки між блискавкоприймачами/доземними провідниками 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 розглядається роздільна відстань, до уземлювального електроду або найближчої точки системи еквіпотенційних сполучень.

The coefficient k_c of the lightning current amongst the air-terminations/down-conductors depends on the class of LPS, on the overall number n, on the position of the down-conductors, on the interconnecting ring conductors and on the type of earth-termination system. The necessary separation distance depends on the voltage drop of the shortest path from the point where the separation distance is to be considered, to the ground electrode or the nearest equipotential bonding point.

6.3.2 Спрощений підхід

У типових будівлях (спорудах) для застосування Рівняння (4) мають бути розглянуті такі умови:

k_c залежить від (часткового) струму блискавки, що проходить доземними провідниками (дивись Таблицю 12 і Додаток C);

l вертикальна довжина у метрах уздовж доземного провідника, від точки, де має бути розглянуто роздільну відстань, до найближчої точки системи еквіпотенційних сполучень.

6.3.2 Simplified approach

In typical structures for the application of Equation (4), the following conditions have to be considered:

k_c depends on the (partial) lightning current flowing on the down-conductor arrangement (see Table 12 and Annex C);

l is the vertical length, in metres, along the down-conductor, from the point where theseparation distance is to be considered, to the nearest equipotential bonding point.

Table 12 – Isolation of external LPS – Approximated values of coefficient k_c
Таблиця 12 - Ізолювання зовнішньої LPS - Орієнтовні значення коефіцієнта k_c

Number of down-conductors / Число доземних провідників *n*	k_c
1 (only in case of an isolated LPS) (лише у випадку ізольованої LPS)	1
2	0,66
3 and more / і більше	0,44
NOTE Values of Table 12 apply for all type B earthing arrangements and for type A earthing arrangements, provided that the earth resistance of neighbouring earth electrodes do not differ by more than a factor of 2. If the earth resistances of single earth electrodes differ by more than a factor of 2, k_c= 1 is to be assumed. ПРИМІТКА Значення, наведені у Таблиці 12, є прийнятними для усіх пристроїв уземлення за схемою розміщення тип B, і для пристроїв уземлення за схемою розміщення тип A, 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 у Додатку C.

ПРИМІТКА Спрощений підхід зазвичай призводить до результатів із запасом безпеки.

Further information on partitioning of the lightning current amongst down-conductors is given in Annex C.

NOTE The simplified approach usually leads to results being on the safe side.

6.3.3 Докладний підхід

У LPS з сітчастою системою блискавкоприймачів або зі сполучними кільцевими провідниками, блискавкоприймачі або доземні провідники мають різні величини струму, що спрямовується донизу уздовж них, унаслідок розподілу струму. У цих випадках точніший розрахунок роздільного проміжку може бути виконано за таким співвідношенням:

6.3.3 Detailed approach

In an LPS with a meshed air-termination system or interconnected ring conductors, the air-terminations or down-conductors have different values of current flowing down their lengths due to current division. In these cases a more accurate evaluation of the separation distance s may be performed by the following relationship:

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

Якщо блискавкоприймачі або доземні провідники мають різні значення струму, що спрямовується донизу уздовж них завдяки з'єднувальним кільцевим провідникам, застосовуються Рисунки C.4 та C.5.

ПРИМІТКА 1 Цей підхід застосовується для оцінювання роздільного проміжку у дуже великих спорудах або у спорудах складної форми.

ПРИМІТКА 2 Для обчислення коефіцієнтів k_C для окремих провідників може бути використано числові мережеві програми.

When the air-terminations or down-conductors have different values of current flowing down their lengths due to interconnecting ring conductors, Figures C.4 and C.5 apply.

NOTE 1 This approach is suitable for evaluation of the separation distance in very large structures or in structures with complex shape.

NOTE 2 For the calculation of the coefficients, k_C on the individual conductors numerical network programs may be used.

7 Обслуговування та перевірка LPS

7 Maintenance and inspection of an LPS

7.1 Загальні положення

Ефективність будь-якої LPS залежить від того, як її було встановлено, як вона обслуговується та за якими методами перевіряється.

Перевірка, випробування та обслуговування не можуть проводитися в умовах грозової небезпеки.

ПРИМІТКА Детальну інформацію щодо огляду і технічного обслуговування LPS подано у E.7.

7.1 General

The effectiveness of any LPS depends on its installation, maintenance, and testing methods used.

Inspections, testing and maintenance shall not be conducted during threat of thunderstorms.

NOTE Detailed information on the inspection and maintenance of LPS are provided in Clause E.7.

7.2 Застосування перевірок

Метою перевірок є встановлення того, що

a) LPS відповідає проекту, який ґрунтується на цьому стандарті,

b) усі елементи LPS є у доброму стані і здатні виконувати свої проектні функції, і що корозія відсутня,

c) усі недавно додані послуги або конструкції вбудовано до LPS.

7.2 Application of inspections

The objective of the inspections is to ascertain that

a) the LPS conforms to the design based on this standard,

b) all components of the LPS are in good condition and capable of performing their designed functions, and that there is no corrosion,

c) any recently added services or constructions are incorporated into the LPS.

7.3 Порядок перевірок

Перевірки належить проводити відповідно до 7.2 таким чином:

- під час спорудження будівлі (споруди) з метою перевірки вбудованих електродів;
- після встановлення LPS;
- періодично з інтервалами, які визначаються залежно від характеру будівлі (споруди), що захищається, тобто від наявності проблем з корозією та від класу LPS;

ПРИМІТКА Для отримання детальної інформації дивись E.7.

- після внесення змін чи ремонту, або коли відомо, що будівля (споруда) була уражена блискавкою.

7.3 Order of inspections

Inspections should be made according to 7.2 as follows:

– during the construction of the structure, in order to check the embedded electrodes;
– after the installation of the LPS;
– periodically at such intervals as determined with regard to the nature of the structure to be protected, i.e. corrosion problems and the class of LPS;

NOTE For detailed information see Clause E.7.

– after alterations or repairs, or when it is known that the structure has been struck by lightning.

Під час періодичних перевірок є практично о важливим перевірити наступне:

- зношення та корозія елементів перехоплювачів, провідників і з'єднань;
- корозія уземлювальнних електродів;
- величина опору землі системи земляного закінчення;
- стан з'єднань, еквіпотенційних з'єднань та елементів кріплення.

7.4 Технічне обслуговування

Регулярна перевірка є однією серед головних умов, надійного обслуговування LPS. Власник майна має бути поінформований про усі виявлені недоліки та вони мають усуватися без зволікань.

8 Заходи захисту від загрози для життя унаслідок дії напруги дотику та крокової напруги

8.1 Заходи захисту від напруги дотику

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

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

a) за нормальних умов експлуатації немає людей у межах 3 м від доземних провідників;

b) використовується система принаймні з 10 доземних провідників згідно з 5.3.5;

c) контактний опір поверхневого шару ґрунту у 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.

During the periodic inspection, it is particularly important to check the following:

– deterioration and corrosion of air-termination elements, conductors and connections;
– corrosion of earth electrodes;
– earthing resistance value for the earth-termination system;
– condition of connections, equipotential bonding and fixings.

7.4 Maintenance

Regular inspections are among the fundamental conditions for reliable maintenance of an LPS. The property owner shall be informed of all observed faults and they shall be repaired without delay.

8 Protection measures against injury to living beings due to touch and step voltages

8.1 Protection measures against touch voltages

In certain conditions, the vicinity of the down-conductors of an LPS, may be hazardous to life even if the LPS has been designed and constructed according to the above-mentioned requirements.

The hazard is reduced to a tolerable level if one of the following conditions is fulfilled:

a) under normal operation conditions there are no persons within 3 m from the down-conductors;

b) a system of at least 10 down-conductors complying with 5.3.5 is employed;

c) the contact resistance of the surface layer of the soil, within 3 m of the down-conductor, is not less than 100 kΩ.

NOTE A layer of insulating material, e.g. asphalt, of 5 cm thickness (or a layer of gravel 15 cm thick) generally reduces the hazard to a tolerable level.

Якщо жодна з цих умов не виконується, належить вжити захисних заходів проти загрози для життя унаслідок 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/або попереджувальні написи для зменшення ймовірності дотику до доземного провідника.

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

If none of these conditions is fulfilled, protection measures shall be adopted against injury to living beings due to touch voltages as follows:

– insulation of the exposed down-conductor is provided giving a 100 kV, 1,2/50 μs impulse withstand voltage, e.g. at least 3 mm cross-linked polyethylene;
– physical restrictions and/or warning notices to minimize the probability of down-conductors being touched.

Protection measures shall conform to the relevant standards (see 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 і сконструйована відповідно до вищезгаданих вимог.

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

a) за нормальних умов експлуатації немає людей у межах 3 м від доземних провідників;
b) використовується система принаймні з 10 доземних провідників згідно з 5.3.5;
c) контактний опір поверхневого шару ґрунту у 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.

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

- вирівнювання потенціалів за допомогою сіткової системи земляного закінчення;
- фізична недоступність та/або попереджувальні написи для зменшення ймовірності доступу до небезпечної зони у межах 3 м від доземних провідників.

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

8.2 Protection measures against step voltages

In certain conditions, the vicinity of the down-conductors may be hazardous to life even if the LPS has been designed and constructed according to the above-mentioned rules.

The hazard is reduced to a tolerable level if one of the following conditions is fulfilled:

a) under normal operation conditions there are no persons within 3 m from the down-conductors;
b) a system of at least 10 down-conductors complying with 5.3.5 is employed;
c) the contact resistance of the surface layer of the soil, within 3 m of the down-conductor, is not less than 100 kΩ.

NOTE A layer of insulating material, e.g. asphalt, of 5 cm thickness (or a layer of gravel 15 cm thick) generally reduces the hazard to a tolerable level.

If none of these conditions is fulfilled, protection measures shall be adopted against injury to living beings due to step voltages as follows:

- equipotentialization by means of a meshed earth-termination system;
- physical restrictions and/or warning notices to minimize the probability of access to the dangerous area, within 3 m of the down-conductor.

Protection measures shall conform to the relevant standards (see ISO 3864-1).

Додаток А
(обов'язковий)

Розміщення системи перехоплювачів

А.1 Розміщення системи перехоплення за використання методу захисного кута

А.1.1 Загальні положення

Розміщення системи перехоплення вважається відповідним, якщо будівля (споруда), що захищається, повністю знаходиться у межах захищеного об’єму, який забезпечується системою перехоплення.

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

А.1.2 Об’єм, що захищається вертикальними стрижнями системи перехоплення

Об’єм, що захищається вертикальним стрижнями, приймається таким, що має форму прямого кругового конуса, вершина якого розташована на осі блискавкоприймача, з половинним кутом при вершині α, залежно від класу LPS, та на висоті системи перехоплення, яку подано у Таблиці 2. Приклади захищеного об’єму наведені на Рис. А.1 і А.2.

Annex A
(normative)

Positioning the air-termination system

A.1 Positioning the air-termination system when utilizing the protection angle method

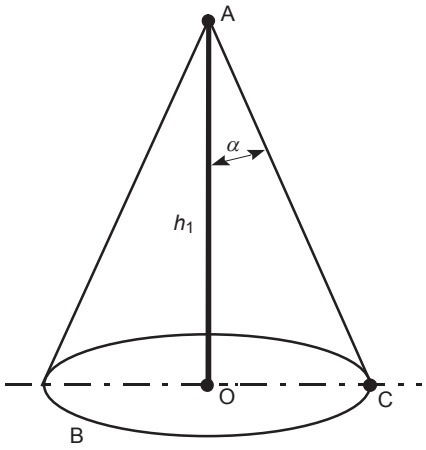
A.1.1 General

The position of the air-termination system is considered to be adequate if the structure to be protected is fully situated within the protected volume provided by the air-termination system.

For the determination of the volume protected only the real physical dimensions of the metal air-termination systems shall be considered.

A.1.2 Volume protected by a vertical rod air-termination system

The volume protected by a vertical rod is assumed to have the shape of a right circular cone with the vertex placed on the air-termination axis, semi-apex angle α, depending on the class of LPS, and on the height of the air-termination system as given in Table 2. Examples of the protected volume are given in Figures A.1 and A.2.



IEC 2649/10

Умовні позначення

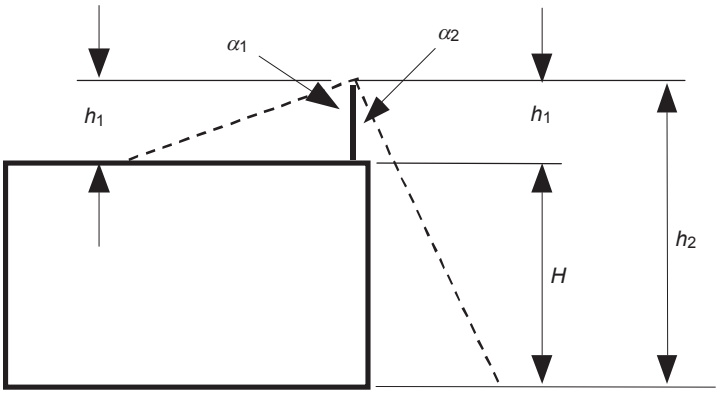
A	верхівка стрижня блискавкоприймача
B	базова площина
OC	радіус захищеної зони
h_1	висота стрижня перехоплювача над базовою площиною зони, яку належить захистити
α	захисний кут відповідно до Таблиці 2

Key

A	tip of an air-termination rod
B	reference plane
OC	radius of protected area
h_1	height of an air-termination rod above the reference plane of the area to be protected
α	protection angle according to Table 2

Figure A.1 – Volume protected by a vertical air-termination rod

Рисунок А.1 - Об’єм, що захищається вертикальним стрижневим перехоплювачем



Умовні позначення

h_1 висота стрижня перехоплювача над базовою площиною зони, яку належить захистити

ПРИМІТКА Кут захисту α_1 відповідає висоті перехоплювача h_1, що є висотою над поверхнею покрівлі, що захищається; 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.

Key

h_1 physical height of an air-termination rod

NOTE The protection angle α_1 corresponds to the air-termination height h_1, being the height above the roof surface to be protected; the protection angle α_2 corresponds to the height $h_2 = h_1 + H$ the ground being the reference plane; α_1 is related to h_1 and α_2 is related to h_2.

Figure A.2 – Volume protected by a vertical air-termination rod

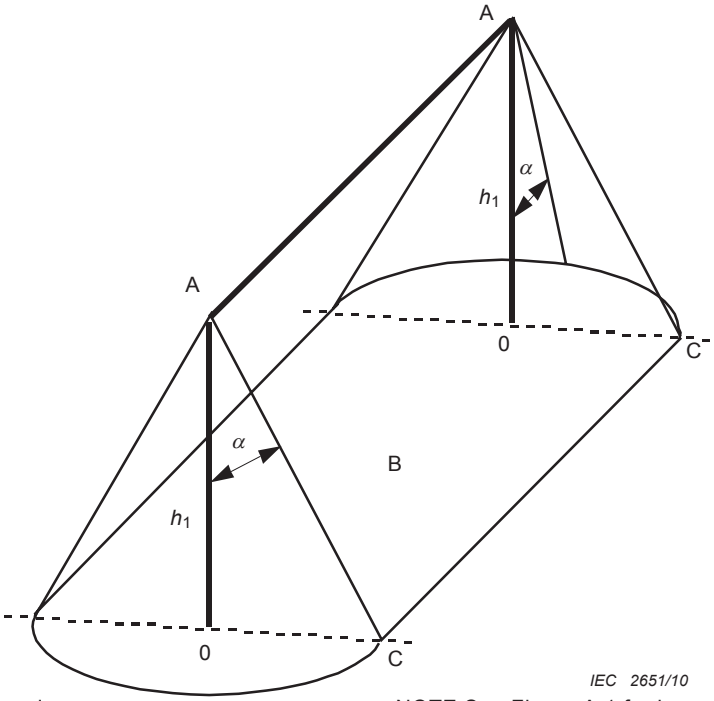
Рисунок А.2 - Об'єм, що захищається вертикальним стрижневим перехоплювачем

А.1.3 Об'єм, що захищається дротовою системою перехоплення

Об'єм, що захищається дротом, визначається компонуванням об'єму, який захищається віртуальними вертикальними стрижнями з вершинами на дроті. Приклади захищеного об'єму наведені на Рис. А.3.

A.1.3 Volume protected by a wire air-termination system

The volume protected by a wire is defined by the composition of the volume protected by virtual vertical rods having vertexes on the wire. Examples of the protected volume are given in Figure A.3.



ПРИМІТКА Див. Рис. А у якості ключа.

NOTE See Figure A.1 for key.

Figure A.3 – Volume protected by a wire air-termination system

Рисунок А.3 - Об'єм, що захищається дротовою системою перехоплення

A.1.4 Об’єм, що захищається дротами, об'єднаними у сітку

Об’єм, що захищається дротами, об'єднаними у сітку визначається комбінацією захищеного об'єму, який визначається одинарними провідниками, які утворюють сітку.

Приклади об’єму, що захищається дротами, об'єднаними у сітку, наведені на Рис. A.4 і A.5.

A.1.4 Volume protected by wires combined in a mesh

The volume protected by wires combined in a mesh is defined by a combination of the protected volume determined by the single conductors forming the mesh.

Examples of the volume protected by wires combined in a mesh is given in Figures A.4 and A.5.

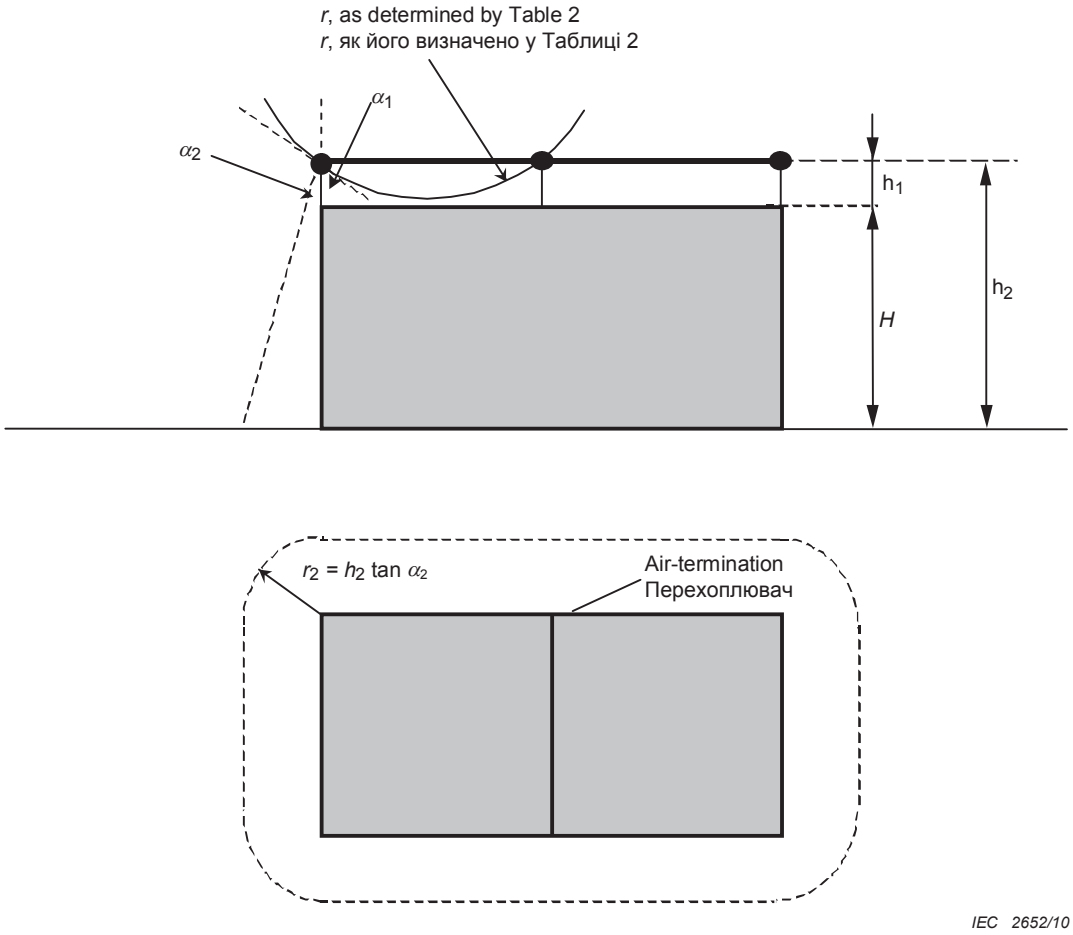


Figure A.4 – Volume protected by isolated wires combined in a mesh according to the protection angle method and rolling sphere method

Рисунок A.4 - Об'єм, що захищається ізольованими дротами, об'єднаними у сітку, відповідно до методу захисного кута і методу сфери, що котиться

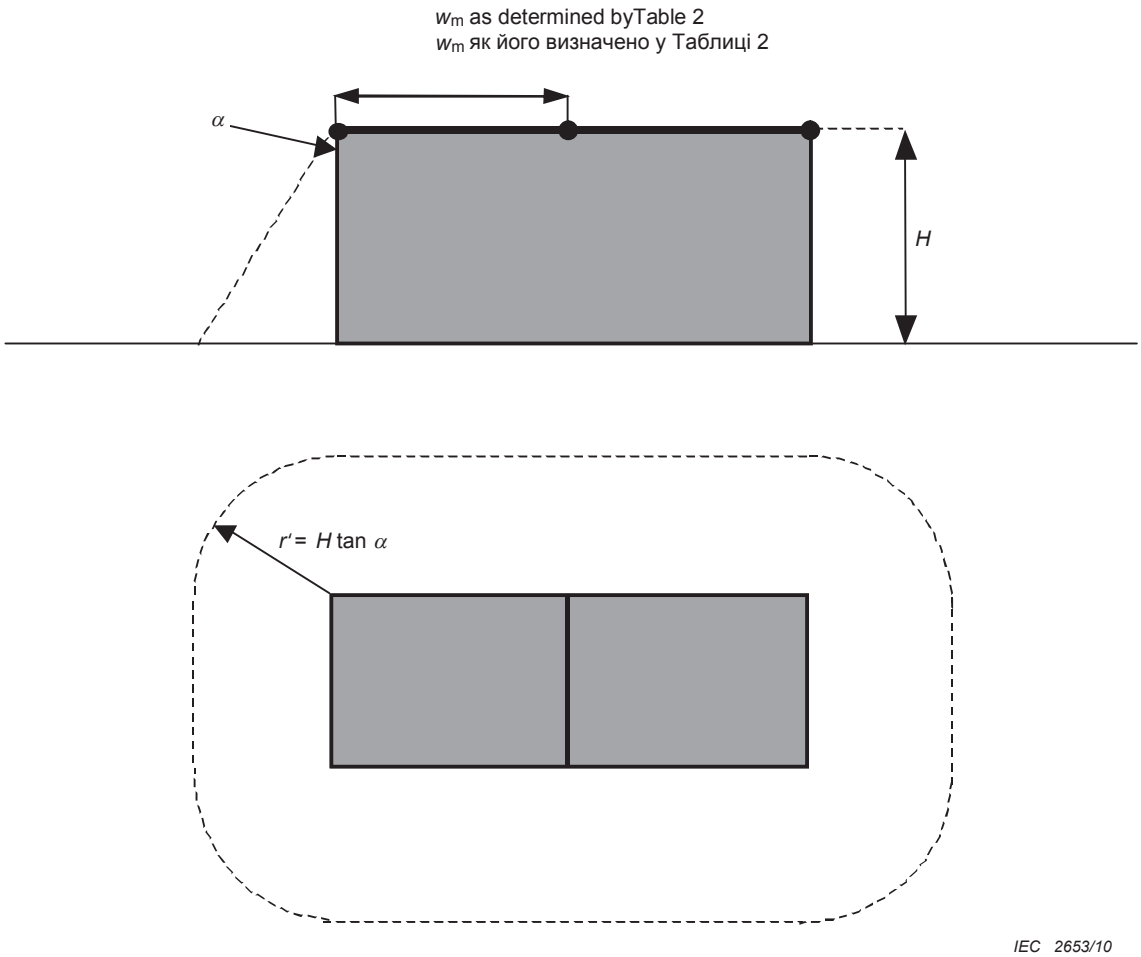


Figure A.5 – Volume protected by non-isolated wires combined in a mesh according to the mesh method and the protection angle method

Рисунок А.5 - Об'єм, що захищається неізольованими дротами, об'єднаними у сітку відповідно до методу сітки та методу захисного кута

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

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

На усіх 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, ймовірність спалахів у бік будівлі (споруди), зазвичай, є незначною для будівель (споруд) до 60 м заввишки.

A.2 Positioning of the air-termination system utilizing the rolling sphere method

Applying this method, the positioning of the air-termination system is adequate if no point of the structure to be protected comes into contact with a sphere with radius, *r*, depending on the class of LPS (see Table 2), rolling around and on top of the structure in all possible directions. In this way, the sphere only touches the air-termination system (see Figure A.6).

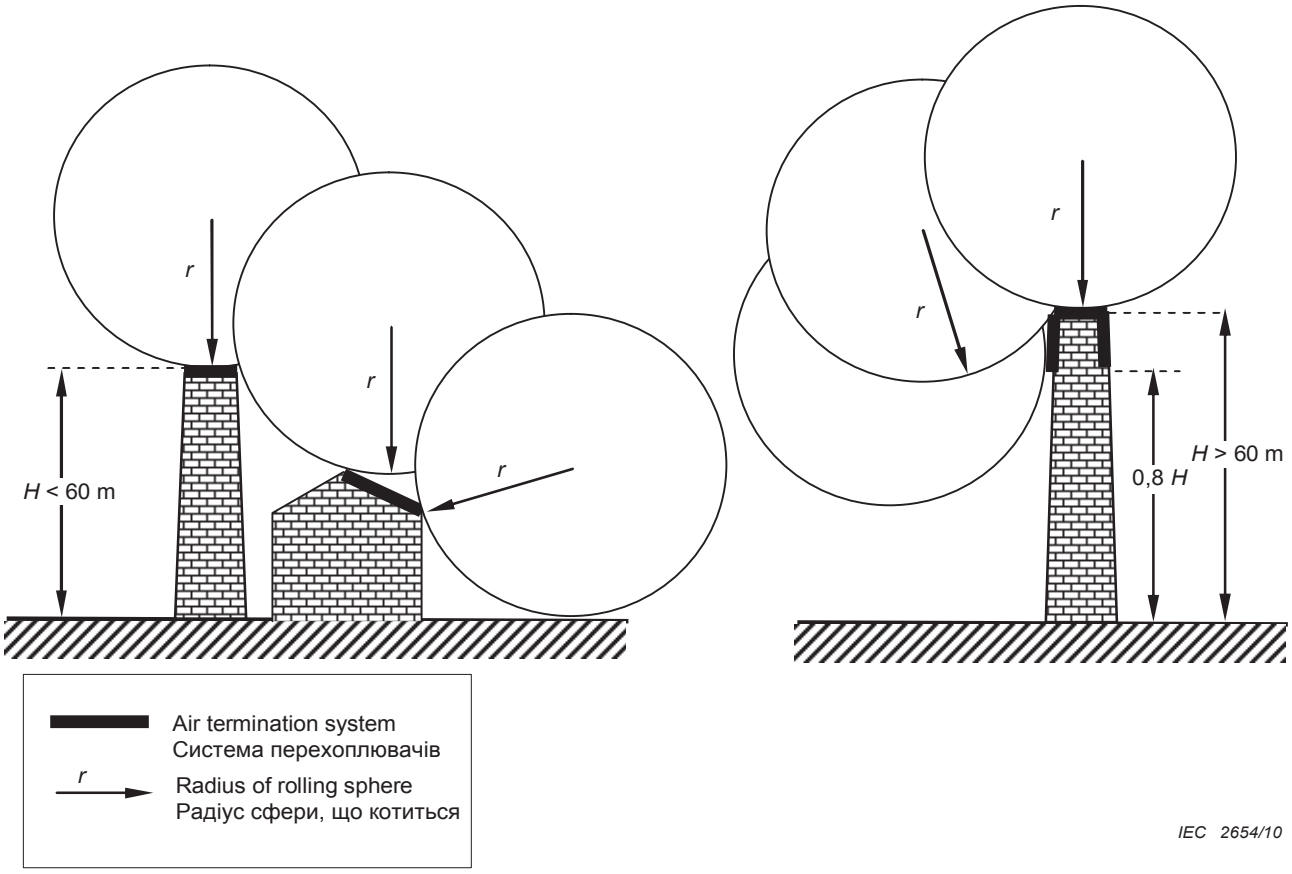
On all structures higher than the rolling sphere radius *r*, flashes to the side of structure may occur. Each lateral point of the structure touched by the rolling sphere is a possible point of strike. However, the probability for flashes to the sides is generally negligible for structures lower than 60 m.

Для більш високих будівель (споруд) основна частина усіх спалахів припадатиме на верхівку, горизонтальні виступні руби і кути будівлі (споруди). Лише кілька відсотків усіх спалахів припаде на бічну поверхню будівлі (споруди).

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

For taller structures, the major part of all flashes will hit the top, horizontal leading edges and corners of the structure. Only a few per cent of all flashes will be to the side of the structure.

Moreover, observation data show that the probability of flashes to the sides decreases rapidly as the height of the point of strike on tall structures when measured from the ground. Therefore consideration should be given to install a lateral air-termination system on the upper part of tall structures (typically the top 20 % of the height of the structure). In this case the rolling sphere method will be applied only to the positioning of the air-termination system of the upper part of the structure.



NOTE The rolling sphere radius, *r*, should comply with the selected class of LPS (see Table 2).

ПРИМІТКА Радіус сфери, що котиться, *r*, має відповідати обраному класу LPS (див. Таблицю 2).

Figure A.6 – Design of an air-termination system according to the rolling sphere method
Рисунок A.6 - Конструкція системи перехоплювачів відповідно до методу сфери,що котиться

A.3 Розміщення системи перехоплювачів за використання методу сіток

Для захисту плоских поверхонь використовується сітка, аби захистити усю поверхню, за умови виконання усіх умов, наведених нижче:

a) Провідники перехоплення розташовані

- лініями краю покрівлі,
- на причілках,
- лініями конику покрівлі, якщо нахил покрівлі перевищує 1/10.

ПРИМІТКА 1 Метод сіток є придатним для горизонтальних і похилих дахів, без кривизни.

ПРИМІТКА 2 Метод сіток є придатним для пласких бічних поверхонь для захисту від бічних спалахів блискавки.

ПРИМІТКА 3 Якщо нахил покрівлі перевищує 1/10, замість сітки можуть використовуватись 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 таким чином, 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, що захищається системами перехоплювачів.

ПРИМІТКА 4 Додаткова інформація подана у Додатку E.

e) Провідники перехоплювачів йдуть, наскільки це можливо, найкоротшим і прямим шляхом.

A.3 Positioning of the air-termination system utilizing the mesh method

For the purposes of protecting flat surfaces, a mesh is considered to protect the whole surface, dependent upon all of the following conditions being fulfilled:

a) Air-termination conductors are positioned

– on roof edge lines,
– on roof overhangs,
– on roof ridge lines, if the slope of the roof exceeds 1/10.

NOTE 1 The mesh method is suitable for horizontal and inclined roofs with no curvature.

NOTE 2 The mesh method is suitable for flat lateral surfaces to protect against side flashes.

NOTE 3 If the slope of the roof exceeds 1/10, parallel air-termination conductors, instead of a mesh, may be used provided the distance between the conductors is not greater than the required mesh width.

b) The mesh dimensions of the air-termination network are not greater than the values give in Table 2.

c) The network of the air-termination system is constructed in such a way that the lightning current will always encounter at least two distinct metal routes to earth-termination.

d) No metal installation protrudes outside the volume protected by air-termination systems.

NOTE 4 Further information can be found in Annex E.

e) The air-termination conductors follow, as far as possible, the shortest and most direct route.

Додаток B
(обов'язковий)

Мінімальний поперечний переріз вхідного екрану кабелю для уникнення небезпечного іскріння

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

Мінімальна величина S_{CMIN} (у мм²) площі поперечного перерізу екрану для уникнення небезпечного іскріння визначається за формулою:

Annex B
(normative)

Minimum cross-section of the entering cable screen in order to avoid dangerous sparking

The overvoltages between the active conductors and the screen of a cable may cause dangerous sparking due to the lightning current carried by the screen. The overvoltages depend on the material, the dimensions of the screen, and the length and positioning of the cable.

The minimum value S_{CMIN} (in mm²) of the cross-sectional area of the screen to avoid dangerous sparking is given by:

$$S_{CMIN} = (I_F \times \rho_C \times L_C \times 10^6) / U_W \quad (mm^2) \qquad (B.1)$$

де

I_F струм, тече екраном, кА;

ρ_C електропровідність екрану, Ωм;

L_C довжина кабелю, м (див. Таблицю B.1);

U_W імпульсна витримувана напруга електричної/електронної системи, яку живить кабель, кВ.

where

I_F is the current flowing on the screen, in kA;

ρ_C is the resistivity of the screen, in Ωm;

L_C is the cable length, in m (see Table B.1);

U_W is the impulse withstand voltage of the electrical/electronic system fed by the cable, in kV.

Table B.1 – Cable length to be considered according to the condition of the screen

Таблиця B.1 - Довжина кабелю, яка обирається відповідно до стану екрану

Condition of the screen Стан екрану	L_C
In contact with a soil with resistivity ρ (Ωm) Контактує з ґрунтом , питомий опір якого	$L_C \leq 8 \times \sqrt{\rho}$
Insulated from the soil or in air Ізольований від ґрунту або у повітрі	L_C is the distance between the structure and the closest earthing point of the screen відстань між будівлею (спорудою) і найближчою точкою уземлення екрану

ПРИМІТКА Має бути з'ясовано, чи може виникати неприйнятне підвищення температури ізоляції лінії під час проходження струму блискавки уздовж екрану лінії або провідників лінії. Для детальної інформації див. IEC 62305-4.

Межі струму визначено як:

– для кабелів з мідним екраном $I_F = 8 X S_C$; and

– для неекранованих кабелів $I_F = 8 X n' S'_C$

де

I_F струм у екрані, кА;

n' число провідників;

S_C поперечний переріз екрану, мм²;

S'_C поперечний переріз кожного провідника, мм²

NOTE It should be ascertained whether an unacceptable temperature rise for the insulation of the line could occur when the lightning current flows along the line shield or the line conductors. For detailed information, see IEC 62305-4.

The limits of the current are given:

– for copper shielded cables, by $I_F = 8 X S_C$; and

– for unshielded cables, by $I_F = 8 X n' S'_C$

where

I_F is the current on the screen, in kA;

n' is the number of conductors;

S_C is the cross-section of the screen, in mm²;

S'_C is the cross-section of each conductor, in mm².

Додаток C
(довідковий)

Оцінювання роздільної відстані

Коефіцієнт розподілення k_C струму блискавки поміж блискавкоприймачами /доземними провідниками залежить від типу системи перехоплювачів, загального числа *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 розглядається роздільна відстань, до найближчої точки системи еквіпотенційних сполучень.

ПРИМІТКА 2 Інформація у цьому Додатку застосовується для усіх схем уземлення типу B і для схем уземлення типу A, за умови, що опір розтікання сусідніх уземлювачів не відрізняється більше ніж удвічі. Якщо опір розтікання окремих уземлювачів відрізняється більш ніж удвічі, приймається, що k_C = 1.

Коли перехоплювачі або доземні провідники мають постійну величину струму, що проходить вздовж провідників, застосовуються рисунки C.1, C.2 і C.3 (див. 6.3.2. Спрощений підхід).

Annex C
(informative)

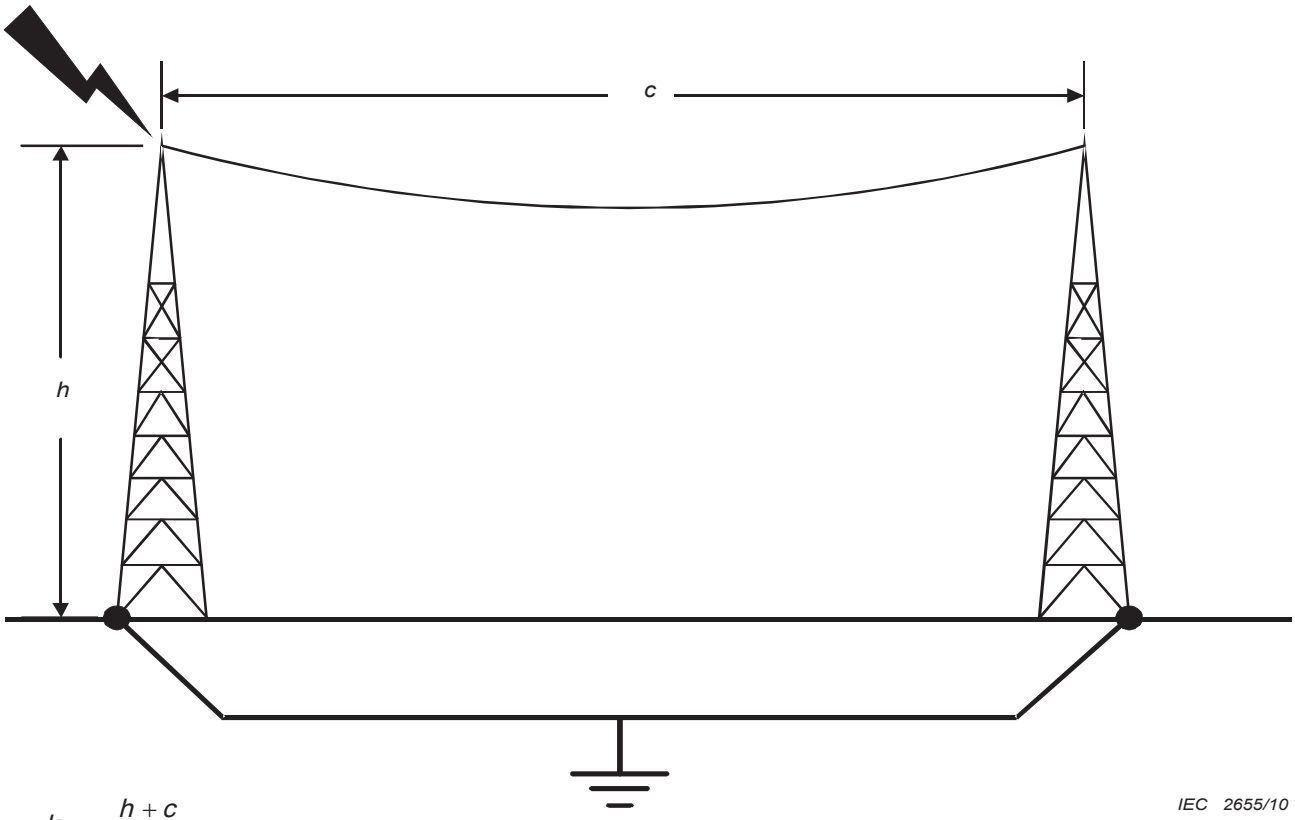
Evaluation of the separation distance *s*

The partitioning coefficient k_c of the lightning current amongst the air-terminations /down-conductors depends on the type of air-termination system, on the overall number, n, and on the position of the down-conductors and on the interconnecting ring conductors, and on the type of earth-termination system.

NOTE 1 The necessary separation distance depends on the voltage drop of the shortest path from the point where the separation distance is to be considered, to the nearest equipotential bonding point.

NOTE 2 The information in this annex applies for all type B earthing arrangements and for type A earthing arrangements, provided that the earth resistance of neighbouring earth electrodes do not differ by more than a factor of 2. If the earth resistances of single earth electrodes differ by more than a factor of 2, k_c = 1 is to be assumed.

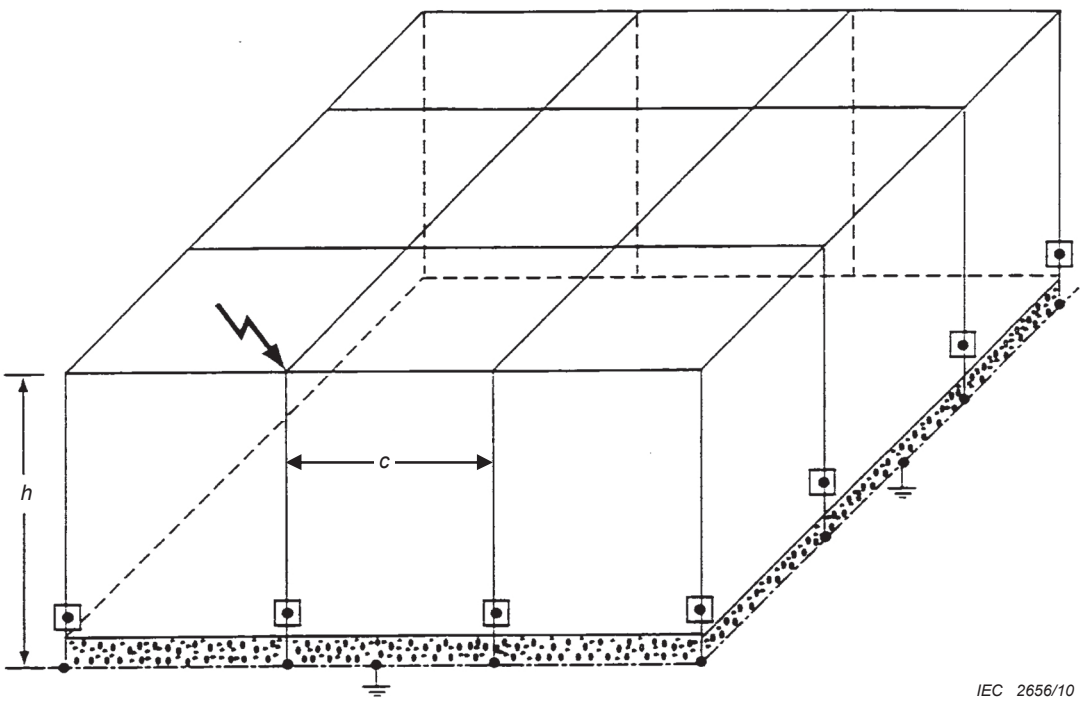
When the air-terminations or down-conductors have the constant value of current flowing over the lengths of the conductors, Figures C.1, C.2 and C.3 apply (see 6.3.2. Simplified approach).



$$k_C = \frac{h + c}{2h + c}$$

Figure C.1 – Values of coefficient k_c in the case of a wire air-termination system

Рисунок C.1 – Значення коефіцієнта k_C за використання дротової системи перехоплювачів



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

Умовні позначення

n загальне число 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) і для $n \geq 4$. Вважається, що значення *h* та *c* знаходяться у межах від 3 до 20 м.

ПРИМІТКА 2 За наявності внутрішніх доземних провідників, їх має бути враховано у числі *n*.

Key

n total number of down-conductors

c distance of a down-conductor to the next down-conductor

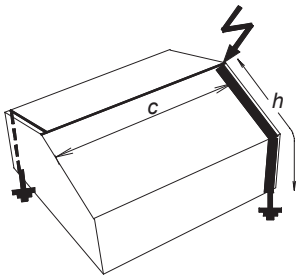
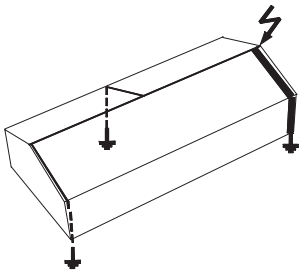
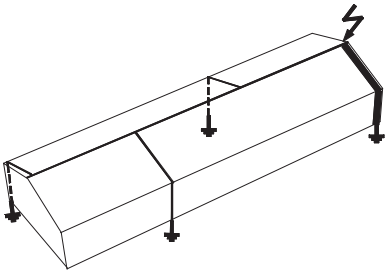
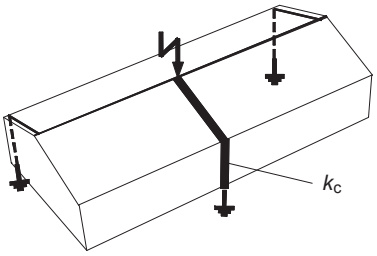
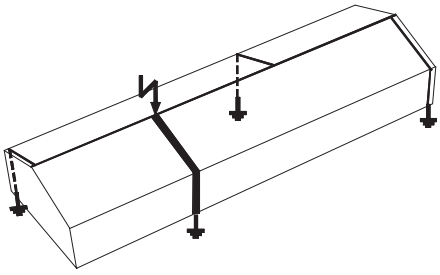
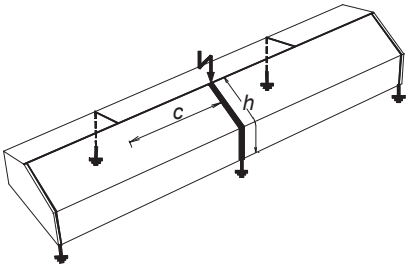
h spacing (or height) between ring conductors

NOTE 1 The equation for k_c is an approximation for cubic structures and for $n \geq 4$. The values of *h* and *c* are assumed to be in the range of 3 m to 20 m.

NOTE 2 If internal down-conductors exist, they should be taken into account in the number *n*.

Figure C.2 – Values of coefficient k_c in the case of multiple down-conductors system

Рисунок C.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
	k_c	0,47	0,52	0,62	0,73
	k_c	0,44	0,50	0,62	0,73
	k_c	0,40	0,43	0,50	0,60
	k_c	0,35	0,39	0,47	0,59
	k_c	0,31	0,35	0,45	0,58

c Distance from the nearest down-conductor along the ridge

c Відстань від найближчого доземного провідника уздовж коника

h Length of the down-conductor from the ridge to the next equipotential bonding point or to the earth-termination system

h Довжина доземного провідника від коника до наступної точки системи еквіпотенційних сполучень або до системи земляного закінчення

The values of k_c, shown in the table, refer to the down-conductors represented by a thick line and a strike point

Значення k_c, що наведені у таблиці, стосуються доземних провідників, показаних товстою лінією, і точки удару

The location of the down-conductor (to be considered for k_c) is to be compared with the figure representative for that down-conductor

Розміщення доземного провідника (який розглядається у сенсі k_c) належить порівняти з рисунком, характерним для цього доземного провідника

The actual relation *c/h* is to be determined. If this relation ranges between two values in the columns, k_c may be found by interpolation

Визначається фактичне співвідношення *c/h*. Якщо це співвідношення знаходиться у діапазоні між двома значеннями у стовпцях, k_c можна знайти шляхом інтерполяції

NOTE 1 Additional down-conductors with more distance than illustrated in the figures are of insignificant influence.

ПРИМІТКА 1 Додаткові доземні провідники з відстанню більшою, ніж та, що показана на рисунках, мають несуттєвий вплив.

NOTE 2 In case of interconnecting ring-conductors below the ridge see Figure C.4.

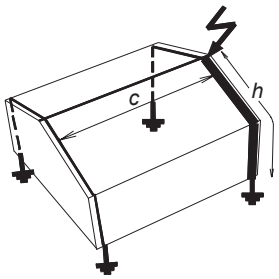
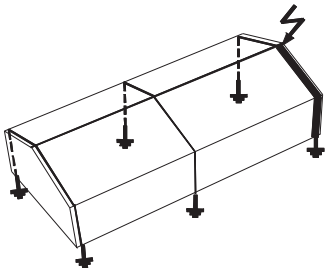
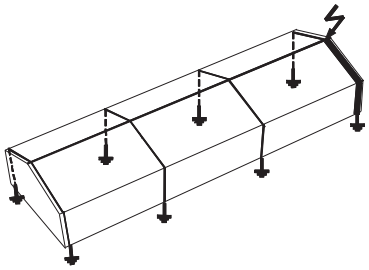
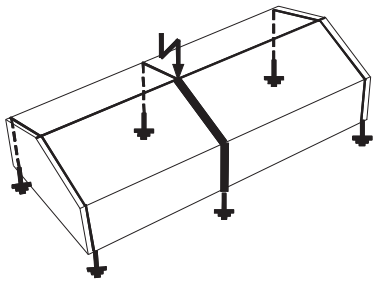
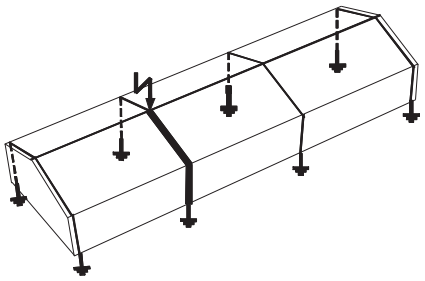
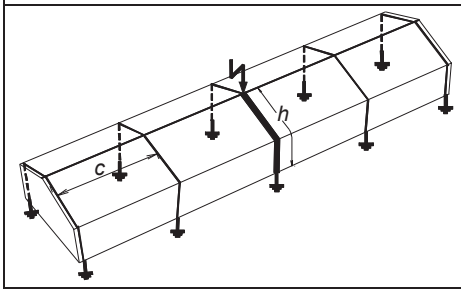
ПРИМІТКА 2 У випадку використання сполучних кільцевих провідників під коником див. рис. C.4.

NOTE 3 The values are determined by simple calculation of parallel impedances following the formula of Figure C.1.

ПРИМІТКА 3 Значення визначено простим розрахунком паралельних опорів за формулою на Рис. C.1.

IEC 2108/05

Figure C.3 *(continued overleaf)*
Рисунок C.3 *(продовження на звороті)*

	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

Figure C.3 – Values of coefficient k_c in the case of a sloped roof with air-termination on the ridge

Рисунок C.3 - Значення коефіцієнта k_c у випадку похилої покрівлі з блискавкоприймачем на конику

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

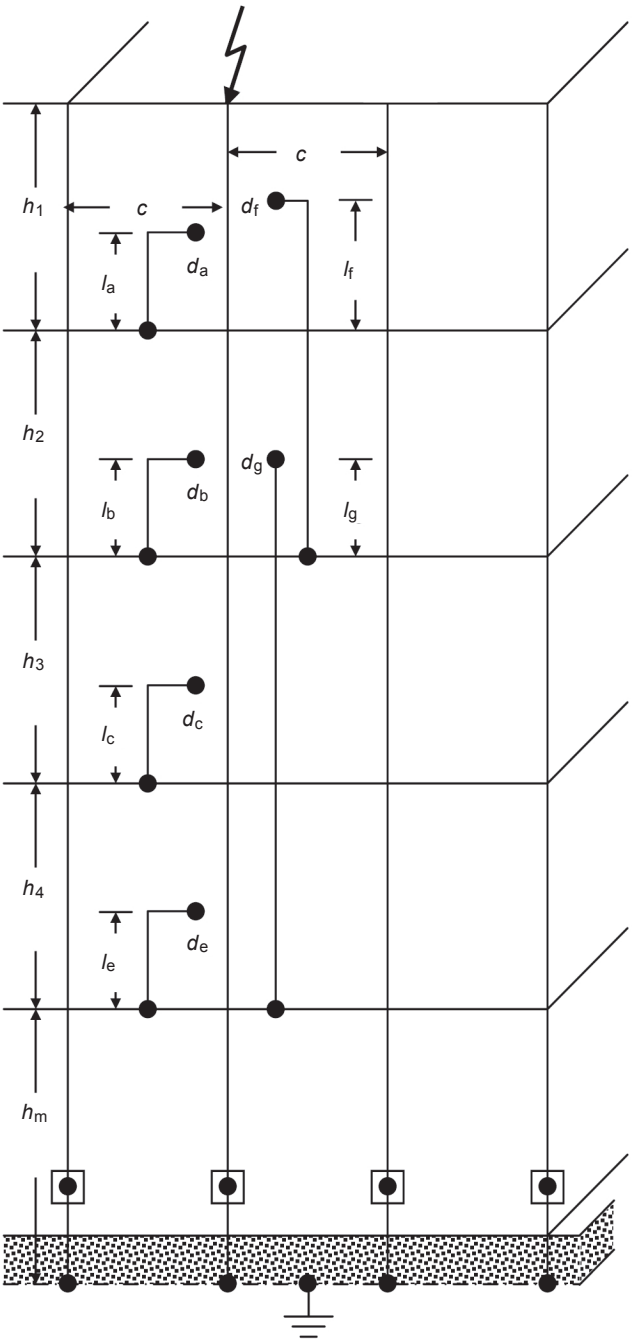
$$d_b \geq s_b = \frac{k_i}{k_m} \times k_{c2} \times l_b$$

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

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

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

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



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

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

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

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

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

Key
Умовні позначення

n	total number of down-conductors загальне число доземних провідників
c	spacing between down-conductors відстань між доземними провідниками
h	spacing (height) between ring conductors відстань (висота) між кільцевими провідниками
m	total number of levels загальне число рівнів
d	distance to the nearest down-conductor відстань до найближчого доземного провідника
l	height above the bonding point висота над точкою з'єднання

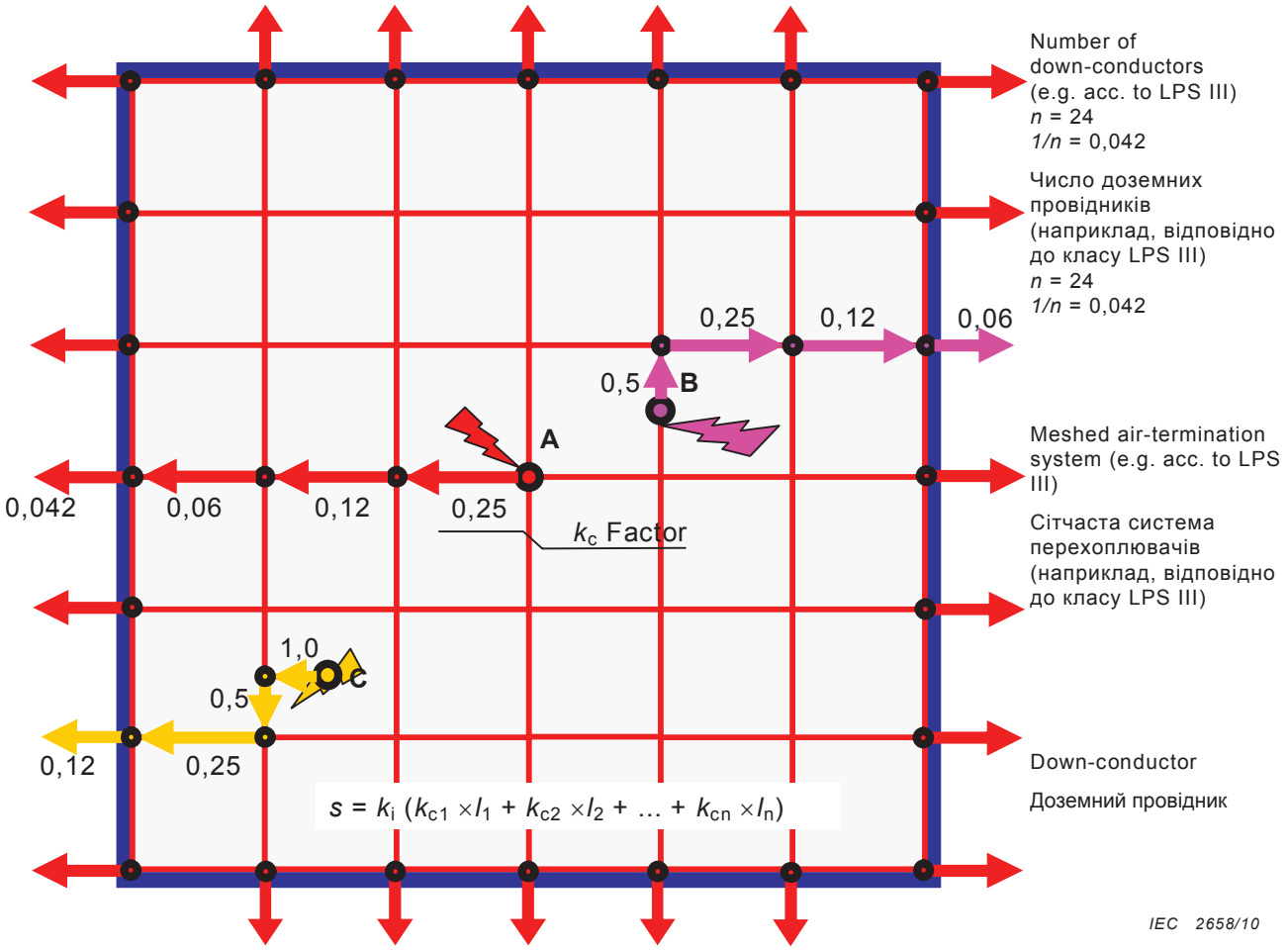
IEC 2657/10

NOTE If internal down-conductors exist, they should be taken into account in the number *n*.

ПРИМІТКА 2 За наявності внутрішніх доземних провідників, їх має бути враховано у числі *n*.

Figure C.4 – Examples of calculation of the separation distance in the case of multiple down-conductors with an interconnecting ring of the down-conductors at each level

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



Умовні позначення

A, B, C Точки упорскування

ПРИМІТКА 1 Правила розгалуження струму:

a) Точка упорскування
Струм ділиться на численні можливі шляхи струму у точці упорскування до сітчастої системи перехоплювачів.
b) Подальші сполучення (злучники)
Струм зменшується на 50% на будь-якому наступному сполученні сітки перехоплювачів.
c) Доземний провідник
Струм знову зменшується на 50%, але величина k_c не має бути меншою за *1/n*.
(*n* … загальне число доземних провідників)

ПРИМІТКА 2 Значення k_c розглядаються від точки удару до причілка. Шлях уздовж причілка до доземного провідника розглядати не має потреби. Значення k_c уздовж доземних провідників залежать від значення k_c перехоплювача, приєднаного на причілку.

ПРИМІТКА 3 Як показано вище, якщо від точки удару до причілку сіток меншає, використовуються лише відповідні значення k_c, починаючи від точки, де має бути розглянута відстань наближення.

ПРИМІТКА 4 За наявності внутрішніх доземних провідників, їх має бути взято до уваги для визначення числа *n*.

Key

A, B, C injection points

NOTE 1 Rules for current partitioning:

a) Injection point
Current is divided by the number of possible current paths at the injection point into the meshed air-termination system.
b) Further junctions (joints)
Current is reduced by 50 % at any further joint of the air-termination mesh.
c) Down-conductor
Current is again reduced by 50 %, but the value of k_c must not be less than *1/n*.
(*n* … total number of down-conductors)

NOTE 2 Values of k_c have to be considered from the point of strike to the edge of the roof. The path along the roof edge to the down-conductor does not need to be considered. The values of k_c along the down-conductors depend on the value of k_c of the connected air-termination at the edge of the roof.

NOTE 3 As shown above, if there are fewer meshes from the point of strike to the edge of the roof, only the relevant values of k_c, beginning from the point where the proximity distance is to be considered, have to be used.

NOTE 4 If internal down-conductors exist, they should be taken into account in evaluating the number *n*.

Figure C.5 – Values of coefficient k_c in the case of a meshed air-termination system, with a multiple down-conductors system

Рисунок C.5 Значення коефіцієнта k_c за використання сітчастої системи перехоплювачів з кількома доземними провідниками

Додаток D
(обов'язковий)

Додаткові відомості для LPS у випадку будівель (споруд) з ризиком вибуху

D.1 Загальні положення

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

ПРИМІТКА Відомості, які містяться у цьому додатку ґрунтуються на практично перевірених конфігураціях систем захисту від блискавки, встановлених в умовах, де існує 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 пункті 3, терміни та визначення IEC 60079-14:2007, а також такі терміни та визначення є застосовними до цього додатку.

D.2.1
твердий вибуховий матеріял

тверда хімічна сполука, суміш, або пристрій зі здатністю вибухати у якості його основного або загального призначення

D.2.2
зона 0

місце, у якому вибухова атмосфера, що складається з суміші повітря та легкозаймистих речовин у формі газу, пари або туману присутня постійно або 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 з суміші повітря та легкозаймистих речовин у формі газу, пари або туману може виникнути за нормальної роботи час від часу

[IEC 60050-426:2008, 426-03-04, змінений] [4]

Annex D
(normative)

Additional information for LPS in the case of structures with a risk of explosion

D.1 General

This annex supplies additional requirements for the design, construction, extension and modification of lightning protection systems for structures with a risk of explosion.

NOTE Information provided in this annex is based on practically proven configurations of lightning protection systems installed in applications where a danger of explosion exists. The authority having jurisdiction may give other requirements.

D.2 Additional terms and definitions

In addition to the terms and definitions of Clause 3, the terms and definitions of IEC 60079- 14:2007, as well as the following terms and definitions, are applicable to this annex.

D.2.1
solid explosive material

solid chemical compound, mixture, or device with explosion as its primary or common purpose

D.2.2
zone 0

place in which an explosive atmosphere consisting of a mixture of air and flammable substances in the form of gas, vapour or mist is present continuously or for long periods or frequently

[IEC 60050-426:2008, 426-03-03, modified] [4]

D.2.3
zone 1

place in which an explosive atmosphere consisting of a mixture of air and flammable substances in the form of gas, vapour or mist is likely to occur in normal operation occasionally

[IEC 60050-426:2008, 426-03-04, modified] [4]

D.2.4
зона 2

місце, у якому вибухова атмосфера, що складається з суміші повітря та легкозаймистих речовин у формі газу, пари або 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, як правило, складає у кінцевому підсумку тривалість натікання з додачею часу, необхідного для розсіювання займистої атмосфери по тому, як натікання зупинилося.

ПРИМІТКА 2 Вказівки щодо частоти виникнення та тривалості можуть бути взяті з норм, які стосуються конкретних галузей або 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 у повітрі присутня постійно або протягом тривалого часу, або часто

[IEC 60079-10-2:2009, 6.2, змінений]

D.2.6
зона 21

місце, у якому вибухова атмосфера у вигляді хмари займистого пилу у повітрі, може виникнути за нормальної роботи час від часу

[IEC 60079-10-2:2009, 6.2, змінений]

D.2.7
зона 22

місце, у якому вибухова атмосфера у вигляді хмари займистого пилу у повітрі не може виникнути у нормальному режимі роботи, але якщо виникає, то буде зберігатися лише протягом короткого періоду

[IEC 60079-10-2:2009, 6.2, змінений]

D.2.4
zone 2

place in which an explosive atmosphere consisting of a mixture of air and flammable substances in the form of gas, vapour or mist is not likely to occur in normal operation but, if it does occur, will persist for a short period only

NOTE 1 In this definition, the word "persist" means the total time for which the flammable atmosphere will exist. This will normally comprise the total of the duration of the release, plus the time taken for the flammable atmosphere to disperse after the release has stopped.

NOTE 2 Indications of the frequency of the occurrence and duration may be taken from codes relating to specific industries or applications.

[IEC 60050-426:2008, 426-03-05, modified] [4]

D.2.5
zone 20

place in which an explosive atmosphere, in the form of a cloud of combustible dust in air, is present continuously, or for long periods, or frequently

[IEC 60079-10-2:2009, 6.2, modified]

D.2.6
zone 21

place in which an explosive atmosphere in the form of a cloud of combustible dust in air, is likely to occur in normal operation occasionally

[IEC 60079-10-2:2009, 6.2, modified]

D.2.7
zone 22

place in which an explosive atmosphere in the form of a cloud of combustible dust in air is not likely to occur in normal operation but, if it does occur, will persist for a short period only

[IEC 60079-10-2:2009, 6.2, modified]

D.3 Основні вимоги

D.3.1 Загальні положення

Система захисту від блискавки має бути спроектована і встановлена таким чином, щоб у разі прямого спалаху блискавки, не виникало ефектів топлення або розпорошення, виключаючи точку удару блискавки.

ПРИМІТКА 1 Належить також зважати на можливість іскріння або пошкодження у точці удару. Це має бути взяте до уваги підчас визначення місця розташування пристрою перехоплювача. Доземні провідники має бути встановлено таким чином, аби температура самозаймання, характерна для небезпечної зони, не була перевищена у тих обставинах, коли виявляється неможливим прокласти доземні провідники поза небезпечною зоною.

ПРИМІТКА 2 Впливу на електричне обладнання через удар блискавки не можна уникнути у будь-якому випадку.

D.3.2 Необхідні відомості

Проектувальник/монтажник системи захисту від блискавки має бути забезпечений кресленнями захищуваного підприємства (підприємств) із зазначенням ділянок, на яких відбуватиметься обробка або зберігання твердих вибухонебезпечних матеріалів або небезпечні ділянки, позначені належним чином відповідно до IEC60079-10-1 та IEC 60079-10-2.

D.3.3 Уземлення

Система B-типу для систем земляного закінчення, відповідно до 5.4.2.2, є переважною для усіх систем блискавкозахисту вибухонебезпечних споруд.

ПРИМІТКА Конструктив споруди може являти собою ефективний еквівалент кільцевого провідника типу B (приміром, металеві паливні танки).

Опір землі системи земляного закінчення будівель (споруд), які містять тверді вибухові матеріали та вибухові суміші, має бути якнайменшим з можливих й не перевищувати 10 Ом.

D.3.4 Еквіпотенційні сполучення

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

D.3 Basic requirements

D.3.1 General

The lightning protection system shall be designed and installed in such a manner that, in case of a direct lightning flash, there are no melting or spraying effects except at the striking point.

NOTE 1 Sparks or damaging impact at the striking point may also be experienced. This should be taken into consideration in the determination of air-termination device locations. Down-conductors should be installed in such a way that the auto-ignition temperature given by the source of the relative hazardous area are not exceeded in those applications where it is not possible to install down-conductors outside of the hazardous area.

NOTE 2 Due to a lightning stroke, an impact on electrical equipment cannot be avoided in every case.

D.3.2 Required information

The lightning protection system installer/designer shall be provided with drawings of the plant(s) to be protected, with the areas in which solid explosive material will be handled or stored or hazardous areas according to IEC 60079-10-1 and IEC 60079-10-2 appropriately marked.

D.3.3 Earthing

A type B arrangement for the earth-termination system, according to 5.4.2.2, is preferred for all lightning protection systems for structures with danger of explosion.

NOTE The construction of a structure may provide the effective equivalent of the ring conductor of type B arrangement (for example metallic storage tanks).

The earthing resistance of earth-termination systems for structures containing solid explosive materials and explosive mixtures shall be as low as possible and not greater than 10 Ω.

D.3.4 Equipotential bonding

Common equipotential bonding shall be provided for the lightning protection system according to 6.2 and for installations in explosion endangered areas according to IEC 60079-10-1 and IEC 60079-10-2.

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

Проект блискавкозахисту для будівель (споруд), що містять тверді вибухові речовини, має брати до уваги чутливість матеріалу у тій конфігурації, у якій він використовується або зберігається. Наприклад, деякі нечутливі сипкі вибухові речовини, можуть не потребувати жодного додаткового розгляду, крім того, що міститься у цьому Додатку. Однак, існують певні конфігурації чутливих вибухових речовин, які можуть бути чутливими до швидкозмінних електричних полів, та/або опромінюватись імпульсним електромагнітним полем блискавки. Може бути необхідним встановлювати додаткові вимоги щодо з'єднань або екранування для таких застосувань.

Для будівель (споруд), що містять тверді вибухові речовини, рекомендується встановлення ізольованої зовнішньої LPS (як визначено у 5.1.2). Будівлі (споруди), що повністю знаходяться всередині металевої оболонки завтовшки не менше 5 мм зі сталі або еквівалентного матеріалу (для алюмінієвих конструкцій – 7 мм) можуть вважатися захищеними природної системою перехоплення, як визначено у 5.2.5. Для таких будівель (споруд) застосовуються вимоги до уземлення, подані у 5.4.

ПРИМІТКА У випадках, коли можуть виникнути проблеми, пов'язані з місцевим перегріванням або займанням, належить пересвідчитися, що підвищення температури внутрішньої поверхні у точці удару не становить небезпеки.

Пристрої захисту від імпульсних перенапруг (SPD) мають бути передбачені у якості частини LPS для усіх місць, де присутні вибухові речовини. Де це можливо, SPD мають бути розташовані за межами тих місць, де присутні тверді вибухові речовини. SPD, що розташовані усередині тих місць, де присутні вибухові речовини або вибухонебезпечний пил, мають бути вибухозахищеного типу.

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

D.5.1 Загальні положення

За можливості, усі частини зовнішньої LPS (перехоплювачі та доземні провідники) мають бути розташовані на відстані щонайменше 1 м від небезпечної зони. Там, де це неможливо, провідники, що проходять крізь небезпечну зону, мають бути переважно неперервними або з'єднання має бути виконано згідно з 5.5.3.

D.4 Structures containing solid explosive material

The design of lightning protection for structures containing solid explosive material shall take into consideration the sensitivity of the material in the configuration in which it is used or stored. For instance, some insensitive bulk explosive material may not require any additional consideration other than those contained within this annex. However, there are some configurations of sensitive explosive materials that may be sensitive to rapidly changing electrical fields and/or radiated by lightning impulsive electromagnetic field. It may be necessary to establish additional bonding or shielding requirements for such applications.

For structures containing solid explosive materials, an isolated external LPS (as defined in 5.1.2) is encouraged. Structures totally contained within a metallic shell of at least 5 mm thickness steel or equivalent (7 mm for aluminium structures) may be considered protected by a natural air-termination system as defined by 5.2.5. The earthing requirements of 5.4 are applicable for such structures.

NOTE Where hot spot or ignition problems may arise, it should be verified that the temperature rise of the inner surface at the point of strike does not constitute a danger.

Surge protective devices (SPDs) shall be provided as part of the LPS for all locations where explosive material is present. Where practicable, SPDs shall be positioned outside locations where solid explosive material is present. SPDs positioned inside locations where exposed explosives or explosive dust is present shall be of explosion-proof type.

D.5 Structures containing hazardous areas

D.5.1 General

All parts of the external LPS (air-termination and down-conductors) shall be at least 1 m away from a hazardous area, where possible. Where this is not possible, conductors passing within a hazardous zone should preferably be continuous or connections shall be made in accordance with 5.5.3.

Належить запобігти випадковому послабленню з'єднань у вибухонебезпечних зонах.

Accidental loosening of connections in hazardous areas shall be prevented.

Якщо небезпечна зона знаходиться безпосередньо під бляхою, яку може бути пропалено блискавкою (див. 5.2.5), має бути встановлено перехоплювачі відповідно до вимог 5.2.

Where a hazardous area is located directly under a metal sheet that may be punctured by lightning (see 5.2.5) air-termination shall be provided in accordance with the requirements of 5.2.

D.5.1.1 Стримування імпульсних перенапруг

D.5.1.1 Surge suppression

Пристрої захисту від імпульсних перенапруг мають бути розташовані поза небезпечною зоною, там, де це є практично можливим. Пристрої захисту від імпульсних перенапруг, що розташовані всередині небезпечної зони, мусять мати дозвіл для тих небезпечних зон, у яких їх встановлено.

Surge protective devices shall be positioned outside the hazardous area where practicable. Surge protective devices positioned inside the hazardous area shall be approved for the hazardous area in which they are installed.

D.5.1.2 Еквіпотенційні з’єднання

D.5.1.2 Equipotential bonding

Крім з’єднань відповідно до Таблиць 7 і 8, трубопровід, з'єднаний таким чином, що він є електропровідним згідно з 5.3.5, також може бути використаний як з’єднання.

Beside connections according to Tables 7 and 8, piping, which is connected so that it is electrically conductive according to 5.3.5 may also be used as connections.

Металеві трубопроводи, що проходять над землею поза технологічним устаткованням, мають бути уземлені принаймні що кожні 30 метрів. Підключення до трубопроводів має бути виконане таким чином, щоб під час проходження струму блискавки не відбувалось іскріння. Прийнятними підключеннями до трубопроводів є приварені наконечники або шруби, або нарізні отвори у крисах для загвинчування шруб. Підключення за допомогою хомутів допускається лише за умови, що, у випадку проходження струму блискавки, захист від займання підтверджено випробуваннями і вжито заходів для забезпечення надійності з'єднання. З'єднання мають бути передбачені для приєднання злучників і уземлювальних провідників до контейнерів, металевих частин конструкції, діжок та резервуарів.

Above ground metal piping outside process units shall be earthed at least every 30 m. Connections to piping shall be of such a kind that, in the instance of a lightning current passage, there is no sparking. Suitable connections to piping are welded-on lugs or bolts or tap holes in the flanges for taking up screws. Connections by means of clips are only allowed if, in the instance of lightning currents, ignition protection is proved by tests and procedures are utilized to ensure the reliability of the connection. Junctions shall be provided for the joining of connection and earthing leads to containers, metal construction parts, drums and tanks.

Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту між системою захисту від блискавки та іншим устаткованням/будівлями (спорудами)/обладнанням має здійснюватися за узгодженням з системним оператором. Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту з використанням іскрових проміжків не можуть виконуватись без згоди системного оператора. Такі пристрої мають бути придатними для середовища, у якому їх встановлено.

Lightning equipotential bonding connections between the lightning protection system and other installations/structures/equipment will be carried out with the agreement of the system operator. Lightning equipotential bonding connections utilizing spark gaps may not be made without the agreement of the system operator. Such devices shall be suitable for the environment in which they are installed.

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

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

Для зовнішніх споруд, виконаних з металу (приміром, колони, реактори, контейнери що містять зони 2 і 22) товщина і матеріал яких відповідає вимогам Таблиці 3, застосовується наступне:

- перехоплювачі та доземні провідники не є потрібними;
- споруди має бути уземлено відповідно до 5.

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

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

- якщо у трубопроводах є ізоляційні вставки, оператор має визначити захисні заходи. Приміром, руйнівного іскріння можна уникнути шляхом використання вибухозахищених, ізолювальних іскрових проміжків;
- ізолювальні іскрові проміжки та ізоляційні вставки має бути вставлено поза вибухонебезпечними зонами.

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

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

До зовнішніх об’єктів, що містять зони, визначені як зони 0 і 20, застосовуються вимоги до зон 1, 2, 21 і 22 з такими доповненнями:

- електричне обладнання всередині резервуарів, що містять легкозаймисті рідини, має бути придатним для такого застосування. Має бути вжито заходів щодо блискавкозахисту відповідно до типу конструкції;
- у закритих металевих контейнерах, які містять у собі ділянки, визначені як зони 0 і 20, товщина стінки у можливих точках удару блискавки має відповідати величинам, наведеним у Таблиці 3, за умови, що підвищення температури внутрішньої поверхні у точці удару не становить небезпеки. За тонших стінок має бути встановлено перехоплювачі.

D.5.2 Structures containing zones 2 and 22

Structures where areas defined as zones 2 and 22 exist may not require supplemental protection measures.

For outdoor facilities made of metal (e.g. columns, reactors, containers with areas containing zones 2 and 22) of thickness and material meeting the requirements of Table 3, the following applies:

– air-termination devices and down-conductors are not required;
– facilities shall be earthed according to Clause 5.

D.5.3 Structures containing zones 1 and 21

For structures where areas defined as zones 1 and 21 exist, the requirements for zones 2 and 22 apply with the following additions:

– if there are insulation pieces in piping, the operator shall determine the protective measures. For instance, a disruptive discharge can be avoided by the use of explosionprotected, isolating spark gaps;
– the isolating spark gaps and the insulation pieces shall be inserted outside the hazardous areas.

D.5.4 Structures containing zones 0 and 20

For structures where areas defined as zones 0 and 20 exist, the requirements of D.5.3 apply, supplemented by the recommendations given in this clause as applicable.

For outdoor facilities with areas defined as zones 0 and 20, the requirements for zones 1, 2, 21 and 22 apply with the following additions:

– electrical equipment inside tanks containing flammable liquids shall be suitable for this use. Measures for lightning protection shall be taken according to the type of construction;
– closed metal containers with areas defined as zones 0 and 20 inside shall have a wall thickness in accordance with Table 3 at the possible lightning striking points provided that the temperature rise of the inner surface at the point of strike does not constitute a danger. In the case of thinner walls, air-termination devices shall be installed.

D.5.5 Спеціальні застосування

D.5.5.1 Заправні станції

На заправних станціях для легкових автомобілів, кораблів і т.ін. з вибухонебезпечними зонами, металеві трубопроводи має бути уземлено відповідно до 5. Трубопроводи має бути з'єднано зі сталевими конструкціями і рейками, якщо такі існують (у разі необхідності за допомогою ізолювальних іскрових проміжків, дозволених для небезпечних зон, у яких вони встановлюються), з урахуванням залізничних струмів, мандрівних струмів, електричного дренажу, систем з катодним захистом від корозії, тощо.

D.5.5.2 Резервуари

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

Аналогічним чином, резервуари і трубопроводи, які вкрито ґрунтом, не потребують встановлення перехоплювачів. Вимірювальні прилади або електроприлади, що використовуються всередині цього обладнання мусять мати дозвіл для такого застосування. Заходи з блискавкозахисту вживаються відповідно до типу конструкції.

Для резервуарів в резервуарних парках (наприклад на НПЗ та резервуарних сховищах) достатньо уземлення кожного резервуару лише в одній точці. Резервуари мають бути сполучені один з одним. Окрім сполук згідно з Таблицями 8 і 9, сполучниками також можуть бути трубопроводи, які з’єднано таким чином, щоби вони були струмопровідними згідно з 5.3.5.

ПРИМІТКА У деяких країнах можуть існувати додаткові вимоги.

Резервуари або контейнери, що стоять окремо, має бути уземлено відповідно до 5 , залежно від найбільшого з горизонтальних вимірів (діаметр або довжина) :

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

D.5.5 Specific applications

D.5.5.1 Filling stations

At filling stations for cars, ships, etc, with hazardous areas, the metal piping shall be earthed according to Clause 5. Piping shall be connected with steel constructions and rails, where existing (if necessary via isolating spark gaps approved for the hazardous area in which it is installed), to take into account railway currents, stray currents, electrical train fuses, cathodic-corrosion-protected systems and the like.

D.5.5.2 Storage tanks

Certain types of structures used for the storage of liquids that can produce flammable vapours or used to store flammable gases are essentially self-protecting (contained totally within continuous metallic containers having a thickness of not less than 5 mm of steel or 7 mm of aluminium, with no spark gaps) and require no additional protection provided that the temperature rise of the inner surface at the point of strike does not constitute a danger.

Similarly, soil-covered tanks and piping do not require the installation of air-termination devices. Instrumentation or electrics used inside this equipment shall be approved for this service. Measures for lightning protection shall be taken according to the type of construction.

The tanks in tank farms (for example refineries and tank stores) the earthing of every tank at one point only is sufficient. The tanks shall be connected with each other. Besides connections according to Tables 8 and 9, piping which is connected so that it is electrically conductive according to 5.3.5 may also be used as connections.

NOTE In some countries additional requirements may exist.

Isolated tanks or containers shall be earthed according to Clause 5, depending on the greatest horizontal dimension (diameter or length):

– up to 20 m, once;
– over 20 m, twice.

У випадку резервуарів з плаваючим дахом, плаваючий дах має бути надійно з'єднано з основною оболонкою резервуара. Конструкція ущільнень і з’єднань та їх відносне розташування мають бути ретельно продумані таким чином , щоб ризик займання можливої вибухової суміші від підпального іскріння був зведений до найнижчого можливого рівня. Якщо на резервуарі з плаваючим дахом встановлено роликову драбину, гнучкий сполучний провідник 35 мм завширшки та принаймні 3 мм завтовшки має бути встановлено крізь шарніри драбини, між драбиною та верхівкою резервуару, між драбиною і плаваючим дахом. Якщо резервуар з плаваючим дахом не обладнано роликовою драбиною, один або більше (залежно від розмірів резервуару) гнучких сполучних провідників 35 мм завширшки та принаймні 3 мм завтовшки, або його еквівалент, має бути встановлено між плаваючим дахом та оболонкою резервуару. Сполучні провідники має бути розміщено таким чином, аби вони не могли утворювати петлю, обернену до середини. На резервуарах з плаваючим дахом має бути застосовано численні узбічникові сполучники між плаваючим дахом та оболонкою резервуару з кроком близько 1,5 м навкруги периферії покрівлі. Вибір матеріалу ґрунтується на вимогах щодо продуктів та/або умов довкілля. Альтернативні засоби забезпечення прийнятного електропровідного з'єднання між плаваючим дахом та оболонкою резервуара для імпульсних струмів, пов'язаних з виснагами блискавичними, допускаються лише якщо вони підтверджені випробуваннями і якщо вжито усіх необхідних заходів для забезпечення надійного з'єднання.

In the case of floating-roof tanks, the floating-roof shall be effectively bonded to the main tank shell. The design of the seals and shunts and their relative locations needs to be carefully considered so that the risk of any ignition of a possible explosive mixture by incendiary sparking is reduced to the lowest level practicable. When a rolling ladder is fitted, a flexible bonding conductor of 35 mm width and minimum thickness of 3 mm shall be applied across the ladder hinges, between the ladder and the top of the tank and between the ladder and the floating roof. When a rolling ladder is not fitted to the floating-roof tank, one or more, (depending on the size of the tank), flexible bonding conductors of 35 mm width and minimum thickness of 3 mm, or equivalent, shall be applied between the tank shell and the floating roof. The bonding conductors shall be arranged so that they cannot form a re-entrant loop. On floating roof tanks, multiple shunt connections shall be provided between the floating-roof and the tank shell at about 1,5 m intervals around the roof periphery. Material selection is decided by product and/or environmental requirements. Alternative means of providing an adequate conductive connection between the floating roof and tank shell for impulse currents associated with lightning discharges are only allowed if proved by tests and if procedures are utilized to ensure the reliability of the connection.

D.5.5.3 Мережа трубопроводів

Надземні металеві трубопроводи у межах промислових майданчиків, але за межами технологічних установок належить приєднувати до системи уземлення що кожні 30 м, або їх має бути уземлено поверхневим уземлювальним електродом або уземлювальним стрижнем. Ізоляційні опори труб не слід розглядати.

D.5.5.3 Piping network

Above-ground metal piping network inside a production facilities but outside the process units should be connected every 30 m with the earthing system, or should be earthed by a surface earth electrode or an earth rod. Isolating supports of the piping should not be considered.

D.6 Технічне обслуговування та огляд

D.6.1 Загальні положення

Усі встановлені LPS, що використовуються для захисту будівель (споруд) з небезпекою вибуху, мають проходити відповідне обслуговування та огляд. Для огляду й технічного обслуговування LPS у будівлях (спорудах) з небезпекою вибуху встановлюються додаткові вимоги до тих, що наведені у Розділі 7.

D.6.2 Загальні вимоги

Для встановлених систем захисту має бути розроблений план технічного обслуговування та огляду. По завершенні монтажу LPS належить надати або додати до існуючого графіку вказівки щодо технічного обслуговування LPS.

D.6.3 Кваліфікація

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

Огляд вимагає наявності персоналу, який

a) має технічні знання і розуміння теоретичних та практичних вимог із встановлення LPS у вибухонебезпечних зонах і щодо обладнання LPS та устаткування,

b) розуміє вимоги до візуальних і повних перевірок щодо встановленого обладнання LPS та устаткування.

ПРИМІТКА Відповідна компетенція та навчання можуть бути визначені у відповідних національних програмах з навчання та оцінювання.

D.6.4 Вимоги до огляду

Для того, щоб переконатися, що устаткування підтримується у задовільному стані для його подальшого використання, мають проводитись

a) регулярні періодичні перевірки та/або

b) безперервне спостереження кваліфікованим персоналом,

і, за необхідності, належить виконувати технічне обслуговування.

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

D.6 Maintenance and inspection

D.6.1 General

All installed LPS used to protect structures with risk of explosion shall be properly maintained and inspected. Additional requirements to those reported in Clause 7 are needed for the inspection and maintenance of LPS in structures with a risk of explosion.

D.6.2 General requirements

A maintenance and inspection plan shall be developed for the installed protection systems. Maintenance guidelines of the LPS shall be provided or added to the existing schedule at the completion of LPS installation.

D.6.3 Qualifications

Only qualified personnel having the necessary training and expertise shall be permitted to maintain, inspect and test the LPS system of explosives facilities.

Inspection requires personnel who

a) have technical knowledge and understanding of the theoretical and practical requirements for installation in hazardous areas and for LPS equipment and installations,

b) understand the requirements of visual and complete inspections as they relate to the installed LPS equipment and installations.

NOTE Competencies and training may be identified in relevant national training and assessment frameworks.

D.6.4 Inspection requirements

To ensure that the installations are maintained in a satisfactory condition for continued use, either

a) regular periodic inspections, and/or

b) continuous supervision by skilled personnel,

and, where necessary, maintenance shall be carried out.

Following any adjustment, maintenance, repair, reclamation, modification or replacement, the equipment or relevant parts of equipment concerned shall be inspected.

D.6.4.1 Регулярні періодичні перевірки

Персонал, який здійснює регулярні періодичні перевірки, має бути достатньо незалежним від вимог технічного обслуговування, наприклад, щоб не перешкоджати йому надавати достовірні звіти про результати перевірки.

ПРИМІТКА Немає вимог щодо того, аби цей персонал був членами зовнішньої незалежної організації.

D.6.4.2 Концепція безперервного нагляду кваліфікованим персоналом

Метою постійного нагляду є забезпечити раннє виявлення несправностей, що виникають, та їх подальше усунення. Для цього використовуються існуючі кваліфіковані кадри, які працюють біля устаткування 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, підключення та відключення клем, експлуатаційні випробування, вимірювання) і які використовують свої навички для виявлення несправностей та змін на ранній стадії.

Якщо до устаткування навідується на регулярній основі, у ході звичайної роботи, кваліфікований персонал, який, крім задоволення вимог a) і b) D.6.3, має

a) обізнаність щодо технологічних та екологічних наслідків погіршення стану спеціального обладнання в установці,та

b) обов’язки щодо візуального та/або повного огляду у межах свого звичайного робочого графіку, 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 та типових перевірок.

D.6.4.1 Regular periodic inspections

The personnel who carry out the regular periodic inspections will need to be sufficiently independent of the demands of the maintenance activities, for example, so as not to prejudice their ability to reliably report the findings of the inspection.

NOTE It is not a requirement that such personnel are members of an external independent organization.

D.6.4.2 Concept of continuous supervision by skilled personnel

The objective of continuous supervision is to enable the early detection of arising faults and their subsequent repair. It makes use of existing skilled personnel who are in attendance at the installation in the course of their normal work (e.g. erection work, alterations, inspections, maintenance work, checking for faults, cleaning work, control operations, making terminal connections and disconnections, functional tests, measurements) and who use their skill to detect faults and changes at an early stage.

Where an installation is visited on a regular basis, in the normal course of work, by skilled personnel who, in addition to satisfying the requirements of a) and b) of D.6.3, are

a) aware of the process and the environmental implications on the deterioration of the specific equipment in the installation, and

b) required to carry out visual and/or complete inspections as part of their normal work schedule as well as detailed inspections

then it may be possible to dispense with regular periodic inspection and utilize the frequent presence of the skilled personnel to ensure the on-going integrity of the equipment.

The use of continuous supervision by skilled personnel does not remove the requirement for initial and sample inspections.

D.6.5 Вимоги до електричних випробувань

Система захисту від блискавки має бути випробуваною електрично

a) кожні 12 (+2) місяці, або

b) точно передбачити відповідний інтервал періодичних перевірок є складним питанням. Ступінь перевірки та періодичність проведення перевірок визначається з урахуванням типу обладнання, рекомендацій заводу-виробника, якщо такі є, факторів, що визначають погіршення його стану, і 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, мають бути засновані на оцінці, яка включає доречну інформацію.

Технічне обслуговування та огляд LPS мають здійснюватися разом з технічним обслуговуванням та оглядом усіх інших електричних систем у небезпечних зонах і мають бути включені до графіку технічного обслуговування.

Пристрої, що використовуються для випробувань, мають відповідати вимогам IEC 61557-4.

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

Випробування мають проводитись відповідно до інструкцій виробника випробувального устаткування.

D.6.6 Методи вимірювання опору уземлення

Лише ті прилади, які розроблено спеціально для вимірювання опору уземлення дозволено використовувати з цією метою.

Вимірювальні прилади мають бути належним чином налаштовані та відкалібровані відповідно до інструкцій виробника.

За можливості, для вимірювання опору уземлення на вибухових об'єктах має використовуватися, триточковий метод вимірювання опору уземлення.

D.6.5 Electrical testing requirements

The lightning protection system shall be tested electrically

a) every 12 (+ 2) months, or

b) to predict accurately an appropriate periodic inspection interval is a complex issue. The grade of inspection and the interval between periodic inspections shall be determined taking account of the type of equipment, manufacturer's guidance, if any, the factors governing its deterioration and the results of previous inspections.

Where inspection grades and intervals have been established for similar equipment, plants and environments, this experience shall be used in determining the inspection strategy.

Intervals between periodic inspections exceeding three years should be based on an assessment including relevant information.

Maintenance and inspection of the LPS should be carried out together with maintenance and inspection of all other electrical installations in hazardous areas and shall be incorporated into the maintenance schedule.

Instruments used for testing shall be in accordance with IEC 61557-4.

The DC resistance of any single object bonded to the lightning protection system shall not exceed 0,2 Ω.

The test shall be conducted in accordance with the appropriate test equipment manufacturer’s instructions.

D.6.6 Earthing resistance test methods

Only those instruments designed specifically for earth resistance testing shall be permitted for use in this application.

Test instruments shall be properly maintained and calibrated in accordance with manufacturer’s instructions.

If possible, a three-point earth resistance test method shall be used to measure the resistance to earth for explosives facilities.

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, або кожного разу, коли виконується електричне випробування LPS. SPD належить також перевіряти після кожного підозрюваного удару блискавки у будівлю (споруду).

D.6.8 Ремонт

Персонал з технічного обслуговування і ремонту має забезпечувати, щоб ремонт усіх несправностей, виявлених під час перевірок, відбувався у прийнятні терміни.

D.6.9 Звіти і документація

Усі ознаки пошкодження, заподіяного ударом блискавки у будівлю (споруду) або її LPS, мають бути негайно задокументовано та про них має бути повідомлено.

Для кожного об'єкту мають зберігатися архівні записи щодо технічного обслуговування та перевірки з метою аналізу тенденцій.

D.6.7 Surge protection

Lightning surge protection devices (and their means of isolation, if provided) shall be inspected in accordance with manufacturer's instruction at intervals not exceeding 12 months or whenever electrical testing of the LPS is performed. SPDs shall also be inspected after any suspected lightning strike to the structure.

D.6.8 Repairs

Maintenance personnel shall ensure that repairs of all discrepancies found during inspections are made in an acceptable time frame.

D.6.9 Records and documentation

Any indication of damage produced by a lightning strike to a structure or its LPS shall be immediately documented and reported.

Historical records of maintenance and inspections shall be maintained for each facility for the purpose of trend analysis.

Додаток E
(довідковий)

Керівні вказівки стосовно проектування, монтажу, технічного обслуговування та перевірки систем захисту від блискавки

E.1 Загальні положення

У цьому Додатку містяться керівні вказівки щодо фізичного проектування та спорудження, технічного обслуговування та перевірки LPS відповідно до цього стандарту.

Цей Додаток належить використовуватися та він є чинним лише разом з іншими частинами цього стандарту.

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

ПРИМІТКА Приклади, що наведені у цьому додатку, ілюструють один можливий спосіб забезпечення захисту. Можуть також застосовуватись інші способи.

E.2 Структура цього додатку

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

З цією метою, пункт E.3 не використовується у цьому додатку.

E.3 Порожній

E.4 Проектування систем блискавкозахисту (LPS)

E.4.1 Загальні зауваження

Задля зменшення витрат, конструкція LPS для існуючої будівлі (споруди) завжди має бути зважена у порівнянні з іншими заходами з блискавкозахисту, які забезпечують такий самий рівень захисту відповідно до цього стандарту. Для вибору найбільш придатних заходів захисту, застосовується стандарт IEC 62305-2.

LPS проектуються і встановлюються лише проектувальниками і монтажниками LPS.

Проектувальник і монтажник LPS мають бути здатними оцінити як електричну, так і механічну дії виснаги блискавичної та мають знати загальні принципи електромагнітної сумісності (EMC).

Annex E
(informative)

Guidelines for the design, construction, maintenance and inspection of lightning protection systems

E.1 General

This annex provides guidance on the physical design and construction, maintenance and inspection of an LPS conforming to this standard.

This annex should be used and is only valid together with other parts of this standard.

Examples are given of protection techniques which have the approval of international experts.

NOTE The examples given in this annex illustrate one possible method of achieving protection. Other methods may be equally valid.

E.2 Structure of this annex

In this annex the main clause numbers mirror the clause numbers of the main document. This gives an easy reference between the two parts. Not all clauses are necessarily mirrored.

To achieve this goal, Clause E.3 is not used in this annex.

E.3 Vacant

E.4 Design of lightning protection systems (LPS)

E.4.1 General remarks

The construction of an LPS for an existing structure should always be weighed against other measures of lightning protection conforming to this standard which give the same protection level for reduced costs. For selection of the most suitable protection measures, IEC 62305-2 applies.

The LPS should be designed and installed by LPS designers and installers.

The designer and installer of an LPS should be capable of assessing both the electrical and mechanical effects of the lightning discharge and be familiar with the general principles of electromagnetic compatibility (EMC).

Крім того, проектувальник системи блискавкозахисту має бути здатним оцінити корозійний вплив і приймати рішення, коли необхідно звернутися по експертну допомогу.

Проектувальнику і монтажнику системи блискавкозахисту належить мати відповідну підготовку з правильного проектування і монтажу компонентів LPS відповідно до вимог цього стандарту і національних норм, що регулюють будівельні роботи і спорудження будівель (споруд).

Функції проектувальника і монтажника LPS може виконувати одна особа. Досконале знання відповідних стандартів та кількарічній досвід є необхідним, аби стати спеціалізованим проектувальником або монтажником.

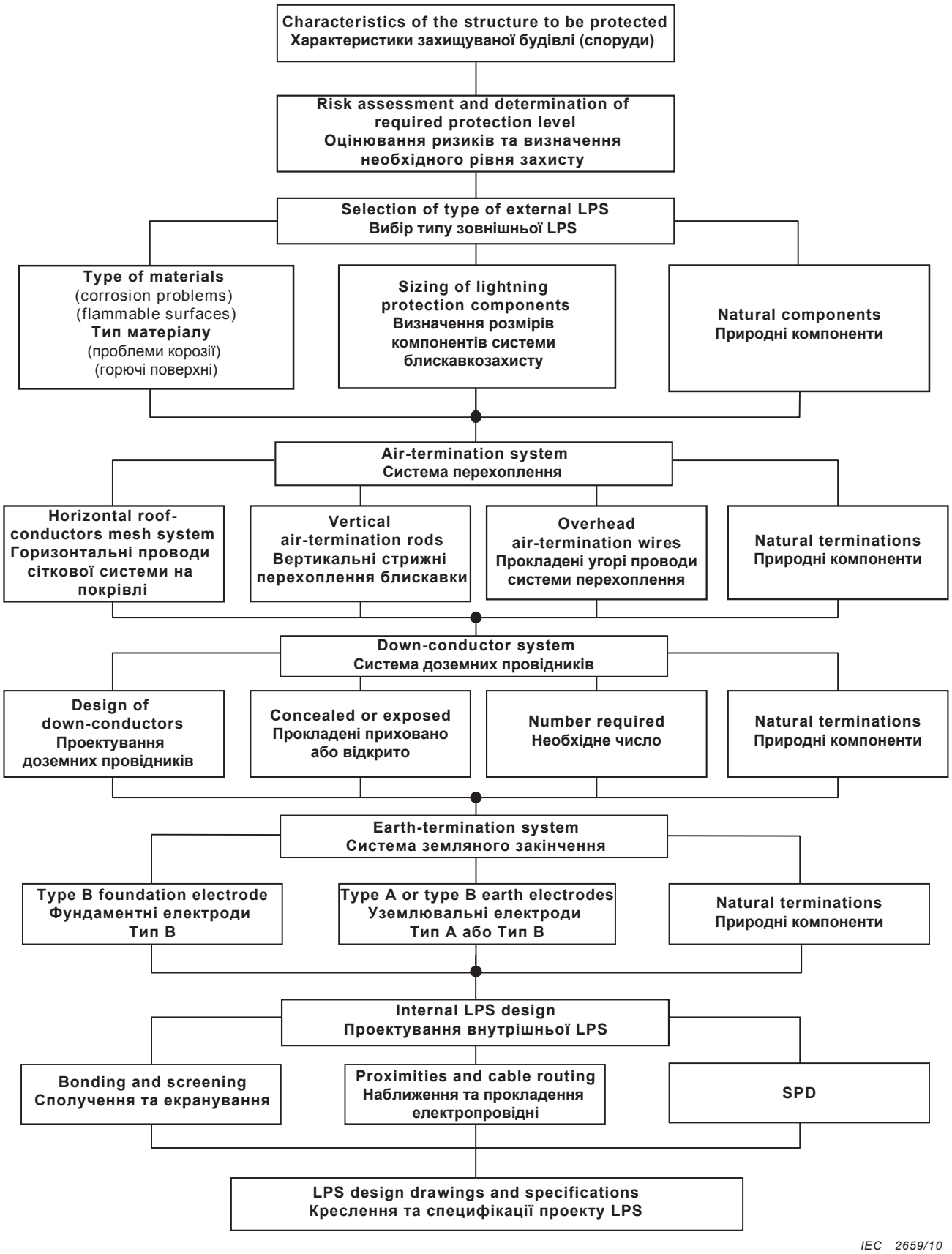
Планування, впровадження і випробування LPS включає ряд технічних галузей та висуває вимоги з координації дій усіх сторін, які причетні до будівлі (споруди), для досягнення обраного рівня блискавкозахисту з мінімальними витратами і мінімально можливими зусиллями. Порядкування LPS має бути ефективним, якщо здійснено кроки, показані на Рис. E.1. Велике значення мають заходи щодо забезпечення якості; зокрема для будівель (споруд), що містять велику кількість електричного та електронного обладнання.

Furthermore, the lightning protection designer should be capable of assessing corrosion effects and judging when it is necessary to seek expert assistance.

The lightning protection designer and installer should be trained in the proper design and installation of the LPS components in accordance with the requirements of this standard and the national rules regulating construction work and the building of structures.

The functions of an LPS designer and installer may be performed by the same person. A thorough knowledge of the relevant standards and several years of experience is required to become a specialized designer or installer.

Planning, implementation and testing of an LPS encompasses a number of technical fields and makes demands for coordination by all parties involved with the structure to ensure the achievement of the selected lightning protection level with minimum cost and lowest possible effort. The management of the LPS should be efficient if the steps in Figure E.1 are followed. Quality assurance measures are of great importance; in particular for structures including extensive electrical and electronic installations.



ПРИМІТКА Місця з'єднання, відмічені як ● , вимагають повної співпраці з боку архітектора, інженера та проектувальника системи захисту від блискавки.

NOTE Interfaces ● require the full cooperation of the architect, engineer and lightning protection designer.

Figure E.1 – LPS design flow diagram
Рисунок E.1 - Схема структурна проектування LPS

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

The quality assurance measures extend from the planning stage, in which all drawings should be approved, through the LPS construction stage during which all essential parts of the LPS inaccessible for inspection after the construction works have been finished should be checked. Quality assurance measures continue through the acceptance stage, when final measurements on the LPS should be performed together with the completion of the final test documentation and finally through the entire lifetime of the LPS, by specifying careful periodic inspections in accordance with the maintenance programme.

Якщо до будівлі (споруди) або її устаткування вносяться зміни, належить виконати перевірку на предмет встановлення того, чи й надалі існуюча система блискавкозахисту відповідає цьому стандарту. Якщо буде встановлено, що захист є недостатнім, поліпшення має бути виконано без зволікань.

Where modifications are made to a structure or its installations, a check should be made to determine whether the existing lightning protection still conforms to this standard. If it is found that the protection is inadequate, improvements should be implemented without delay.

Рекомендується, щоб матеріали, обсяг і розміри системи перехоплювачів, системи доземних провідників, системи земляного закінчення, сполучників, компонентів і т. ін. відповідали цьому стандарту.

It is recommended that the materials, extent and dimensions of the air-termination system, down-conductors, earth-termination system, bonding, components, etc. should conform to this standard.

E.4.2 Конструювання LPS

E.4.2 Design of the LPS

E.4.2.1 Порядок проектування

E.4.2.1 Planning procedure

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

Before any detailed design work on the LPS is commenced, the lightning protection designer should, where reasonably practical, obtain basic information regarding the function, general design, construction and location of the structure.

Там, де LPS ще не обумовлена органом з ліцензування, страховою компанією чи покупцем, проектувальник системи блискавкозахисту має вирішити, належить чи ні захистити будівлю (споруду) за допомогою LPS, додержуючи процедури оцінювання ризику, поданої у IEC 62305-2.

Where the LPS has not already been specified by the licensing authority, insurer or purchaser, the lightning protection designer should determine whether or not to protect the structure with an LPS by following the procedures for risk assessment given in IEC 62305-2.

E.4.2.2 Консультування

E.4.2.2 Consultation

E.4.2.2.1 Загальні відомості

E.4.2.2.1 General information

На стадіях проектування та спорудження нової будівлі (споруди) проектувальник LPS, та монтажник LPS та усі інші особи, відповідальні за зведення будівлі (споруди) або за порядок використання будівлі (споруди) (приміром, покупець, архітектор і будівельник) мають відбувати регулярні консультації.

In the design and construction stages of a new structure, the LPS designer, LPS installer and all other persons responsible for installations in the structure or for regulations pertaining to the use of the structure (e.g. purchaser, architect and builder) should be in consultation regularly.

Структурна схема, подана на Рисунку Е.1, сприятиме раціональному проектуванню LPS.

The flow diagram given in Figure E.1 will facilitate the rational design of an LPS.

На стадіях проектування та спорудження LPS для існуючої будівлі (споруди), мають проводитись консультації, наскільки це практично можливо, з особами, відповідальними за будівлю (споруду), її використання та підведені послуги.

In the design and construction stages of an LPS for an existing structure, consultations should be held as far as reasonably practical with the persons responsible for the structure, its use, installations and incoming services.

Консультації може бути організовано власником, будівельним підрядчиком будівлі (споруди) або їхнім затвердженим представником. Для існуючих будівель (споруд) проектувальник LPS має надати креслення, які монтажник LPS може модифікувати за потреби.

The consultations may have to be arranged through the owner, the building contractor of the structure or their appointed representative. For existing structures, the LPS designer should provide drawings which should be modified by the LPS installer, where necessary.

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

Regular consultations between the involved parties should result in an effective LPS at the lowest possible cost. For example, the coordination of LPS design work with construction work will often do away with the need for some bonding conductors and reduce the length of those which are necessary. Building costs are often reduced substantially by the provision of common routes for various installations within a structure.

Проведення консультацій є важливим на усіх етапах спорудження будівлі (споруди), оскільки можуть знадобитися зміни у конструкції LPS унаслідок змін у конструкції будівлі (споруди). Консультації є також необхідними для того, щоб узгодити усі 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 має бути визначене розташування усіх з'єднань між природними компонентами та LPS. Зазвичай до організації та координації консультативних нарад щодо нових будівельних проектів залучаються архітектори.

Consultation is important throughout all stages of the construction of a structure as modifications to the LPS may be required due to changes in the structure design. Consultation is also necessary so that arrangements can be agreed to facilitate inspection of the parts of the LPS which will become inaccessible for visual control after the structure is completed. In these consultations, the location of all connections between natural components and the LPS should be determined. Architects are normally available to arrange and coordinate consultation meetings for new building projects.

Е.4.2.2.2 Головні консультуючі сторони

E.4.2.2.2 The principal consulting parties

Проектувальник системи блискавкозахисту має проводити відповідні технічні консультації з усіма сторонами, залученими до проектування та зведення будівлі (споруди), з власником будівлі (споруди) включно.

The lightning protection designer should hold relevant technical consultations with all parties involved in the design and construction of the structure, including the owner of the structure.

Конкретні зони відповідальності для загального комплексу робіт зі встановлення LPS має бути визначено проектувальником LPS спільно з архітектором, підрядником з

Particular areas of responsibility for the total installation of the LPS should be defined by the LPS designer in conjunction with the architect, electrical contractor, building contractor, the

електротехніки, будівельним підрядником, монтажником LPS (постачальником LPS) і, якщо доречно, з консультантом-істориком та власником будівлі (споруди) або його представником.

Особливе значення має роз'яснення обов'язків для різних сторін, залучених до порядкування проектування та монтажу LPS. Приміром, коли гідроізоляцію будівлі (споруди) продірявлено компонентами LPS, встановленими на покрівлі, або сполучними провідниками уземлювальних електродів, покладених під фундамент будівлі (споруди).

E.4.2.2.2.1 Архітектор

З архітектором має бути узгоджено такі пункти:

a) шляхи прокладення усіх провідників LPS;

b) матеріали для компонентів LPS;

c) детальні відомості щодо усіх металевих труб, ринв, поруччя і подібних елементів;

d) детальні відомості щодо будь-якого обладнання, приладів, промислових установок й т.ін., що підлягає встановленню у межах або поряд з будівлею (спорудою), де може знадобитися переміщення устаткування або з'єднання з LPS з огляду на роздільну відстань. Прикладами устаткування є системи сигналізації, системи безпеки, внутрішні телекомунікаційні системи, системи оброблення сигналів і даних, мережі радіо і телебачення;

e) ступінь насиченості усіма підземними струмопровідними послугами, які можуть мати вплив на розміщення мережі уземлення і які можуть вимагати розміщення на безпечній відстані від LPS;

f) загальна площа, придатна для мережі земляного закінчення;

g) обсяг робіт і розподіл обов'язків з попереднього закріплення LPS до будівлі (споруди). Приміром, тих, що впливають на водонепроникність структури (переважно покрівлі) й т.ін.;

h) струмопровідні матеріали, що будуть використовуватись у будівлі (споруді), особливо будь-які неперервні металеві деталі, які можуть з'єднуватись з LPS, приміром стійки, сталь риштунку і металеві елементи, що входять до будівлі (споруди), або виходять з неї, або знаходяться всередині;

i) візуальний вплив LPS;

LPS installer (LPS supplier) and, where relevant, a historical adviser and the owner or owner's representative.

The clarification of responsibility for the various parties involved in the management of the design and construction of the LPS is of particular importance. An example might be where the waterproofing of the structure is punctured by roof-mounted LPS components or by earth electrode connection conductors made below the structure foundation.

E.4.2.2.2.1 Architect

Agreement should be reached with the architect on the following items:

a) routing of all LPS conductors;

b) materials for LPS components;

c) details of all metal pipes, gutters, rails and similar items;

d) details of any equipment, apparatus, plant installations, etc. to be installed on, within or near the structure which may require the moving of installations or may require bonding to the LPS because of the separation distance. Examples of installations are alarm systems, security systems, internal telecommunication systems, signal and data processing systems, radio and TV circuits;

e) the extent of any buried conductive service which could affect the positioning of the earth termination network and be required to be placed at a safe distance from the LPS;

f) the general area available for the earth-termination network;

g) the extent of the work and the division of responsibility for primary fixings of the LPS to the structure. For example, those affecting the water tightness of the fabric (chiefly roofing), etc;

h) conductive materials to be used in the structure, especially any continuous metal which may have to be bonded to the LPS, for example stanchions, reinforcing steel and metal services either entering, leaving, or within the structure;

i) the visual impact of the LPS;

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

k) розташування сполучних точок підключення до сталі риштунку, особливо там, де крізь них проходять зовнішні струмопровідні частини (труби, екрани кабелів й т. ін.);

l) приєднання LPS до LPS сусідніх будинків.

E.4.2.2.2.2 Комунальні споруди

Приєднання до LPS послуг, що входять, безпосередньо або, якщо це неможливо, через ізолювальні іскрові проміжки або SPD має бути обговорено з оператором або 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 має бути узгоджено такі пункти:

- розміщення компонентів систем сигналізації та пожежогасіння;
- шляхи прокладення, конструкційні матеріали та ущільнення каналів;
- метод захисту, який буде використовуватися у випадку, коли будівля (споруда) має займистий дах.

E.4.2.2.2.4 Монтажники електронних систем та зовнішніх антен

З монтажниками електронних систем та зовнішніх антен має бути узгоджено 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 і монтажник

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

a) форма , розміщення та число первинних закріплень LPS, які буде забезпечено будівельником;

b) усі закріплення, передбачені проектувальником LPS (або підрядчиком LPS, або постачальником LPS), що мають бути встановлені будівельником;

j) the impact of the LPS on the fabric of the structure;

k) the location of the connection points to the reinforcing steel, especially where they penetrate external conductive parts (pipes, cable shields, etc.);

l) the connection the LPS to the LPS of adjacent buildings.

E.4.2.2.2.2 Public utilities

Bonding of incoming services to the LPS directly or, if this is not possible, through isolating spark gaps or SPD should be discussed with the operator or authorities concerned, as there may be conflicting requirements.

E.4.2.2.2.3 Fire and safety authorities

Agreement should be reached with the fire and safety authorities on the following items:

– the positioning of alarm and fireextinguishing system components;
– routes, construction material and sealing of ducts;
– the method of protection to be used in the case of a structure with a flammable roof.

E.4.2.2.2.4 Electronic system and external antenna installers

Agreement with the electronic system and antenna installer should be reached on the following items:

– the isolating or bonding of aerial supports and conductive shields of cables to the LPS;
– the routing of aerial cables and internal network;
– installation of surge protective devices.

E.4.2.2.2.5 Builder and installer

Agreement on the following items should be reached between the builder, installer, and those responsible for construction of the structure and its technical equipment:

a) the form, position and number of primary fixings of the LPS to be provided by the builder;

b) any fixings provided by the LPS designer (or the LPS contractor or the LPS supplier) to be installed by the builder;

c) розміщення провідників LPS, які буде прокладено під будівлею (спорудою);

d) чи можуть бути використані якісь компоненти LPS протягом етапу будівництва, приміром, постійна мережа земляного закінчення може використовуватись для уземлення зводів, підіймачів та іншого металевого обладнання під час будівельних робіт на майданчику;

e) стосовно сталевих конструкцій, число та розміщення стійок і форма закріплення, яку буде зроблено для підключення земляного закінчення та інших компонентів LPS;

f) чи придатні металеві покриття, якщо вони використовуються, у якості компонентів LPS;

g) спосіб забезпечення електричної безперервності окремих частин покриття і спосіб їхнього підключення до решти LPS там, де металеві покриття є придатними бути компонентами LPS;

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

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

j) розміщення й число флагштоків, машинних залів на рівні покрівлі, приміром, машинних приміщень ліфтів, машинних приміщень систем вентиляції, опалення та кондиціонування повітря, ємностей для води та інших виступних елементів;

k) конструкції, що будуть використовуватися для покрівель та стін, для визначення прийнятних способів закріплення провідників LPS, зокрема, задля збереження герметичності будівлі (споруди);

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

m) забезпечення злучників до сталевих рам, риштунку та інших струмопровідних частин будівлі (споруді);

c) the position of LPS conductors to be placed beneath the structure;

d) whether any components of the LPS are to be used during the construction phase, for example the permanent earth-termination network could be used for earthing cranes, hoists and other metallic items during construction work on the site;

e) for steel-framed structures, the number and position of stanchions and the form of fixing to be made for the connection of earth-terminations and other components of the LPS;

f) whether metal coverings, where used, are suitable as components of the LPS;

g) the method of ensuring the electrical continuity of the individual parts of the coverings and their method of connecting them to the rest of the LPS where metal coverings are suitable as components of the LPS;

h) the nature and location of services entering the structure above and below ground including conveyor systems, television and radio aerials and their metal supports, metal flues and window cleaning gear;

i) coordination of the structure's LPS earth-termination system with the bonding of power and communication services;

j) the position and number of flag masts, roof-level plant rooms, for example lift motor rooms, ventilation, heating and air-conditioning plant rooms, water tanks and other salient features;

k) the construction to be employed for roofs and walls in order to determine appropriate methods of fixing LPS conductors, specifically with a view to maintaining the watertightness of the structure;

l) the provision of holes through the structure to allow free passage of LPS down-conductors;

m) the provision of bonding connections to steel frames, reinforcement bars and other conductive parts of the structure;

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

o) найліпший вибір металу для провідників з урахуванням корозії, особливо у точках контакту різнорідних металів;

p) доступність контрольних злучників, забезпечення захисту за допомогою неметалевих кожухів від механічного пошкодження або крадіжки, пристроїв опускання флагштоків або інших рухомих об'єктів, можливість періодичних перевірок, особливо для димоходів;

q) приготування креслень, що включають вищезгадані відомості і в яких зазначені положення усіх провідників та основних компонентів;

r) розміщення точок приєднання до сталі риштунку.

E.4.2.3 Електричні та механічні вимоги

E.4.2.3.1 Проектування електричної частини

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

Бажано, аби вимірювання питомого опору ґрунту виконувались перед завершенням проектування LPS і має було взято до уваги сезонні коливання питомого опору ґрунту.

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

Обов'язком проектувальника LPS є оцінити електричні та фізичні властивості природних компонентів LPS і забезпечити їхню відповідність мінімальним вимогам цього стандарту.

Використання металевого риштунку, як от армованого бетону у ролі провідників системи блискавкозахисту, потребує ретельного аналізу та знання національних будівельних стандартів, що застосовуються

n) the frequency of inspection of LPS components which will become inaccessible, for example steel reinforcing bars encapsulated in concrete;

o) the most suitable choice of metal for the conductors taking account of corrosion, especially at the point of contact between dissimilar metals;

p) accessibility of test joints, provision of protection by non-metallic casings against mechanical damage or pilferage, lowering of flag masts or other movable objects, facilities for periodic inspection especially for chimneys;

q) the preparation of drawings incorporating the above details and showing the positions of all conductors and main components;

r) the location of the connection points to the reinforcing steel.

E.4.2.3 Electrical and mechanical requirements

E.4.2.3.1 Electrical design

The LPS designer should select the appropriate LPS to obtain the most efficient construction. This means consideration of the architectural design of the structure to determine whether an isolated or non-isolated LPS, or a combination of both types of lightning protection, should be used.

Soil resistivity tests should be performed preferably prior to finalizing the design of an LPS and should take into consideration the seasonal variations of soil resistivity.

During the completion of the basic electrical design of the LPS, the use of suitable conductive parts of the structure should be considered as natural components of the LPS to enhance or act as essential components of the LPS.

It is the responsibility of the LPS designer to evaluate the electrical and physical properties of natural components of the LPS and to ensure that they conform to the minimum requirements of this standard.

The use of metal reinforcing, such as steel-reinforced concrete, as lightning protection conductors requires careful consideration, and knowledge of the national construction standards applicable to the

до будівлі (споруди), яка захищається. Сталевий каркас залізобетону може використовуватись як провідники LPS або може служити за струмопровідний захисний шар для зменшення електромагнітних полів, які генеруються блискавкою у будівлі (споруді), коли струм блискавки проходить ізольованою LPS. Така конструкція LPS полегшує створення захисту, зокрема для спеціальних будівель (споруд), які містять велику кількість електричного та електронного обладнання.

До доземних провідників мають застосовуватись суворі технічні умови для дотримання мінімальних вимог до природних компонентів, наведених у 5.3.5.

E.4.2.3.2 Проектування механічної частини

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

Естетичні міркування є особливо важливими, як також і правильний вибір матеріалів для обмеження ризику корозії.

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

Матеріали, що використовуються для компонентів LPS, перераховано у Таблиці 5.

ПРИМІТКА Рекомендації щодо вибору інших компонентів, таких як стрижні й затискачі, можуть бути зроблені у майбутніх серіях IEC 62561. Це дозволить взяти до уваги підвищення температури та механічну міцність таких компонентів.

У разі відхилень від розмірів та матеріалів, зазначених у Таблицях 5, 6 та 7, проектувальник системи блискавкозахисту або монтажник має завбачити, з використанням електричних параметрів виснаги блискавки, визначених для обраного класу LPS, наведеного у Таблиці 1, підвищення температури провідників блискавкозахисту за умов виснаги та розмірів провідників, відповідно.

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

structure to be protected. The steel skeleton of reinforced concrete may be used as LPS conductors or may be used as a conductive shielding layer to reduce the electromagnetic fields generated by lightning in the structure as the lightning currents are conducted through an isolated LPS. This LPS design makes protection easier, in particular for special structures containing extensive electrical and electronic installations.

A stringent construction specification for down-conductors is required in order to meet the minimum requirements for natural components given in 5.3.5.

E.4.2.3.2 Mechanical design

The lightning protection designer should consult with the persons responsible for the structure on mechanical design matters following the completion of the electrical design.

Aesthetic considerations are particularly important as well as the correct selection of materials to limit the risk of corrosion.

The minimum size of lightning protection components for the various parts of the LPS are listed in Tables 3, 6, 7, 8 and 9.

The materials used for the LPS components are listed in Table 5.

NOTE For selection of other components, such as rods and clamps, reference may be made to the future IEC 62561 series. This will ensure that temperature rise and mechanical strength of such components are taken into account.

Where deviations are made from the dimensions and materials specified in Tables 5, 6 and 7, using the lightning discharge electrical parameters specified for the selected class of LPS given in Table 1, the lightning protection designer or installer should predict the temperature rise of lightning conductors under discharge conditions and dimension the conductors accordingly.

When excessive temperature rise is a concern for the surface on which the components are to be attached (because it is flammable or has a low melting point), either larger conductor cross-sections should be specified or other safety precautions should be considered, such as the use of stand-off fittings or the insertion of fire-resistant layers.

Проектувальник LPS має визначити усі зони, де може виникати корозія, та точно визначити відповідні заходи.

Вплив корозії на LPS може бути зменшений шляхом збільшення розміру матеріалу або за допомогою корозійностійких елементів, або вжиттям інших заходів захисту.

Проектувальник LPS і монтажник LPS мають точно визначити кріплення та затиски провідників, які будуть здатні витримувати електродинамічні зусилля струму блискавки у провідниках, а також дозволятимуть розширення і стиснення провідників пов'язане з можливим підвищенням температури.

Це може бути досягнуто шляхом використання компонентів, випробуваних згідно з майбутнім стандартом серії IEC 62561.

E.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, що проходить доземним провідником, який проходить консольною стіною, фактична відстань, *d*, у метрах має відповідати такій умові:

The LPS designer should identify all corrosion problem areas and specify appropriate measures.

The corrosion effects on the LPS may be reduced either by increases in material size, by using corrosion resistive components, or by taking other corrosion protection measures.

The LPS designer and LPS installer should specify conductor fasteners and fixtures which will withstand the electrodynamic forces of lightning current in the conductors and also allow for the expansion and contraction of conductors due to the increase in temperature that occurs.

This could be achieved by using components tested according to the future IEC 62561 series.

E.4.2.3.3 Structure with a cantilevered part

To reduce the probability of a person standing under a cantilevered construction from becoming an alternate path for lightning current flowing in the down-conductor running on the cantilevered wall, the actual distance, *d*, in metres should satisfy the following condition:

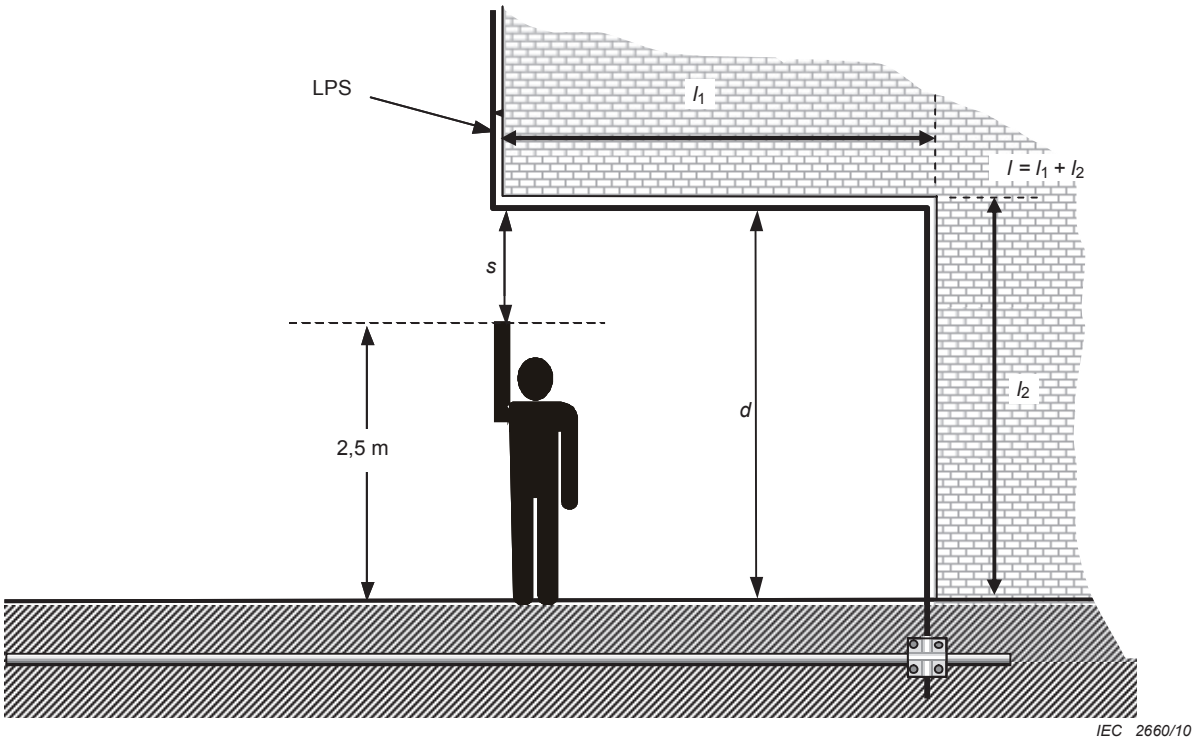
$$d > 2{,}5 + s \qquad \text{(E.1)}$$

Де *s* – роздільна відстань у метрах, обчислена згідно 6.3.

Величина 2,5 – це типова висота кінчиків пальців людини, коли вона простягає свою руку вертикально (див. Рис. E.2).

where *s* is the separation distance in metres calculated in accordance with 6.3.

The value 2,5 is representative of the height at the tips of a man's fingers when he stretches his arm vertically (see Figure E.2).



Умовні позначення

d фактична відстань > *s*

s роздільна відстань згідно 6.3

l довжина для оцінювання роздільної відстані *s*

ПРИМІТКА Висота людини з піднятою рукою береться 2,5 м.

Key

d actual distance >*s*

s separation distance according to 6.3

l length for the evaluation of separation distance s

NOTE The height of the person with raised hand is taken to be 2,5 m.

Figure E.2 – LPS design for a cantilevered part of a structure

Рисунок E.2 - Конструкція LPS для консольної частини будівлі (споруди)

Петлі провідника, як показано на Рис. E.2, можуть створювати високі індуктивні падіння напруги, які можуть призводити до проходження виснаги блискавки стіною будівлі (споруди), що таким чином спричиняє пошкодження.

Якщо умови, зазначені у 6.3, не виконуються, має бути вжито заходів для прямого проведення крізь будівлю (споруду) у точках входу-виходу петель провідника блискавки у обставинах, показаних на Рис. E.2.

Loops in a conductor as shown in Figure E.2 can produce high inductive voltage drops, which can cause a lightning discharge to pass through a structure wall thereby causing damage.

If the conditions in 6.3 are not met, arrangements should be made for direct routing through the structure at the points of re-entrant lightning conductor loops for those conditions shown in Figure E.2.

E.4.3 Залізобетонні конструкції

E.4.3.1 Загальні положення

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

E.4.3 Reinforced concrete structures

E.4.3.1 General

Industrial structures frequently comprise sections of reinforced concrete which are produced on site. In many other cases, parts of the structure may consist of prefabricated concrete units or steel parts.

Сталевий риштунок у залізобетонних конструкціях згідно 4.3 може використовуватись як природний компонент LPS.

Такі природні компоненти мають відповідати вимогам до:

- доземних провідників згідно з 5.3;

- мереж земляного закінчення згідно з 5.4.

Дотримання вимоги щодо максимального загального опору 0,2 Ω можна перевірити шляхом вимірювання опору між системою перехоплювачів і контактними закладними уземлення на рівні землі за допомогою придатного випробного обладнання, здатного виконувати вимірювання за чотирипровідною схемою (два струмових провідники і два потенційні провідники), як показано на Рис. E.3. Величина вимірювального струму, який вводиться, має становити близько 10 А.

ПРИМІТКА 1 Якщо доступ до ділянки проведення випробувань або прокладення випробних проводів є ускладненими, може бути застосовано спеціальний стрижень від високого до низького рівня з метою проведення випробувань у кожній точці. У такому разі може бути обчислено загальний опір сполучників плюс опір доземного провідника.

Steel reinforcement in reinforced concrete structures conforming to 4.3 may be used as a natural component of the LPS.

Such natural components must fulfil the requirements of:

– down-conductors according to 5.3;

– earth-termination networks according to 5.4.

The requirement of a maximum overall resistance of 0,2 Ω can be checked by measuring the resistance between the air-termination system and a ground plate at ground level using testing equipment suitable for the application capable of measuring in a four lead configuration (two measuring leads and two sensing leads) as illustrated in Figure E.3. The injected measuring current should be in the order of about 10 A.

NOTE 1 When access to test areas or routing of test cables are difficult, dedicated bar from high to low may be provided in order to carry out testing at each point. The total resistance of joints plus the resistance of down-conductor can then be calculated.

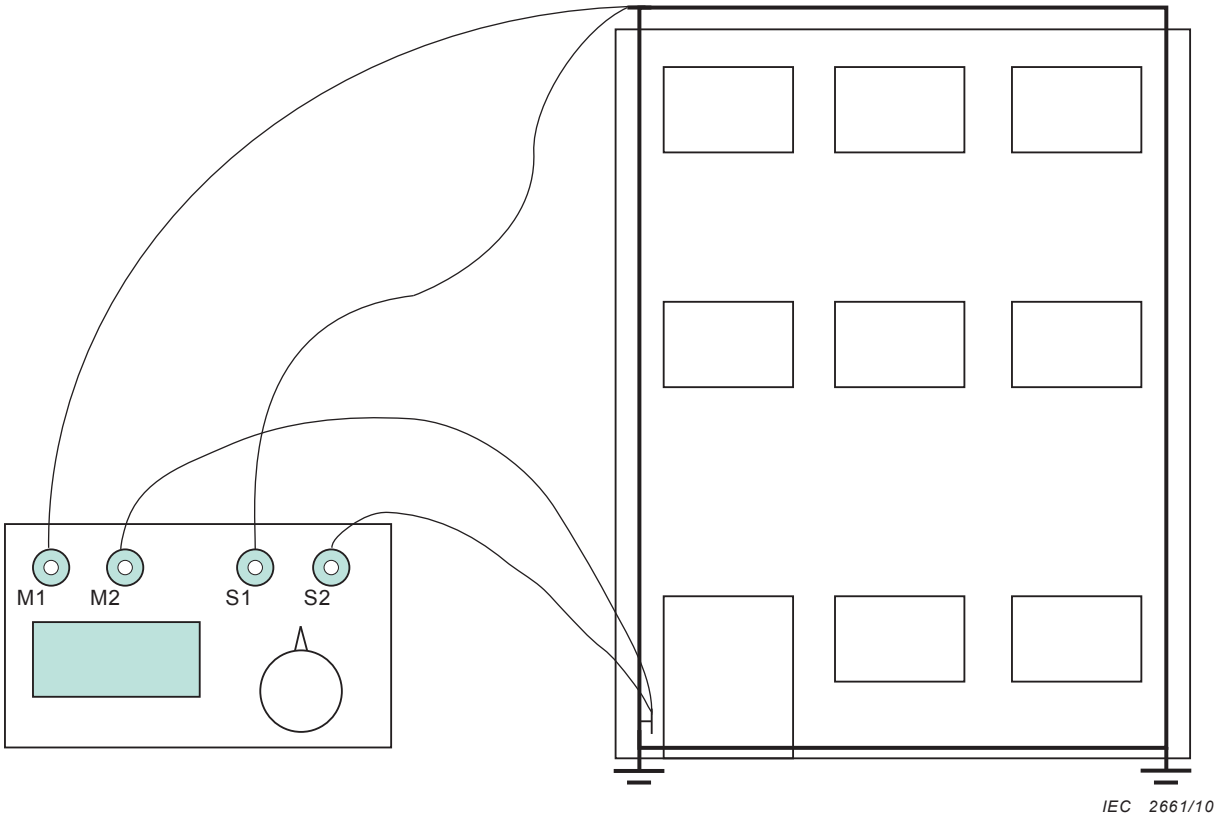


Figure E.3 – Measuring the overall electrical resistance

Рисунок E.3 - Вимірювання загального електричного опору

Крім того, струмопровідний сталевий риштунок у бетоні, за його правильного використання, має формувати клітку для еквіпотенційних сполучень внутрішньої LPS згідно 6.2.

Крім того, сталевий риштунок будівлі (споруди), якщо він є адекватним, може правити за електромагнетний екран, який бере участь у захисті електричного та електронного устаткування від завад, спричинених електромагнетними полями блискавки, згідно IEC 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 досягнений ефективний захист від фізичних пошкоджень.

Передбачається, що струм, який вводиться 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 сталевого риштунку, 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, дивись IEC 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 риштунком, у безпосередній близькості від стіни є слабшим, ніж у кімнаті будівлі (споруди), яку захищено звичайними доземними провідниками. Завдяки меншим напругам, індукованим у петлях провідників, встановлених всередині кімнати, захист від збоїв внутрішніх систем може бути легко поліпшено.

Після завершення етапу спорудження стає практично неможливим визначити розміщення і конструкцію сталевого риштунку. Отже, схему розміщення сталевого риштунку для цілей блискавкозахисту має бути дуже добре задокументовано. Це можна зробити, використовуючи креслення, описи та фотографії, зроблені під час спорудження.

Moreover, the conductive steel reinforcement in concrete, when properly used, should form the cage for potential equalization of the internal LPS according to 6.2.

Furthermore, the steel reinforcement of the structure, if adequate, may serve as an electromagnetic shield, which assists in protecting electrical and electronic equipment from interference caused by lightning electromagnetic fields according to IEC 62305-4.

If the reinforcement of the concrete and any other steel constructions of a structure are connected both externally and internally so that the electrical continuity conforms to 4.3, effective protection may be achieved against physical damage.

The current injected into the reinforcing rods is assumed to flow through a large number of parallel paths. The impedance of the resulting mesh is thus low and, as a consequence, the voltage drop due to the lightning current is also low. The magnetic field generated by the current in the reinforcing steel mesh is weak due to the low current density and the parallel current paths generating opposing electromagnetic fields. Interference with neighbouring internal electrical conductors is correspondingly reduced.

NOTE 2 For protection against electromagnetic interference, see IEC 62305-4 and IEC/TR 61000-5-2[5].

When a room is totally enclosed by steel-reinforced concrete walls whose electrical continuity conforms to 4.3, the magnetic field due to lightning current flowing through the reinforcement in the vicinity of the walls is lower than that in a room of a structure protected with conventional down-conductors. Owing to the lower induced voltages in conductor loops installed inside the room, protection against failures of internal systems may be easily improved.

After the construction phase, it is nearly impossible to determine the layout and construction of the reinforcement steel. Therefore, the layout of the reinforcement steel for the purpose of lightning protection should be very well documented. This can be done utilizing drawings, descriptions and photographs taken during the construction.

E.4.3.2 Використання риштунку у бетоні

Сполучні провідники або контактні закладні уземлення має бути встановлено для того, щоб забезпечити надійне електричне з'єднання зі сталевим риштунком.

Струмопровідні рами, котрі, приміром, закріплено до будівлі (споруди), можуть використовуватись як природні провідники LPS і як точки приєднання для внутрішньої системи еквіпотенційних сполучень.

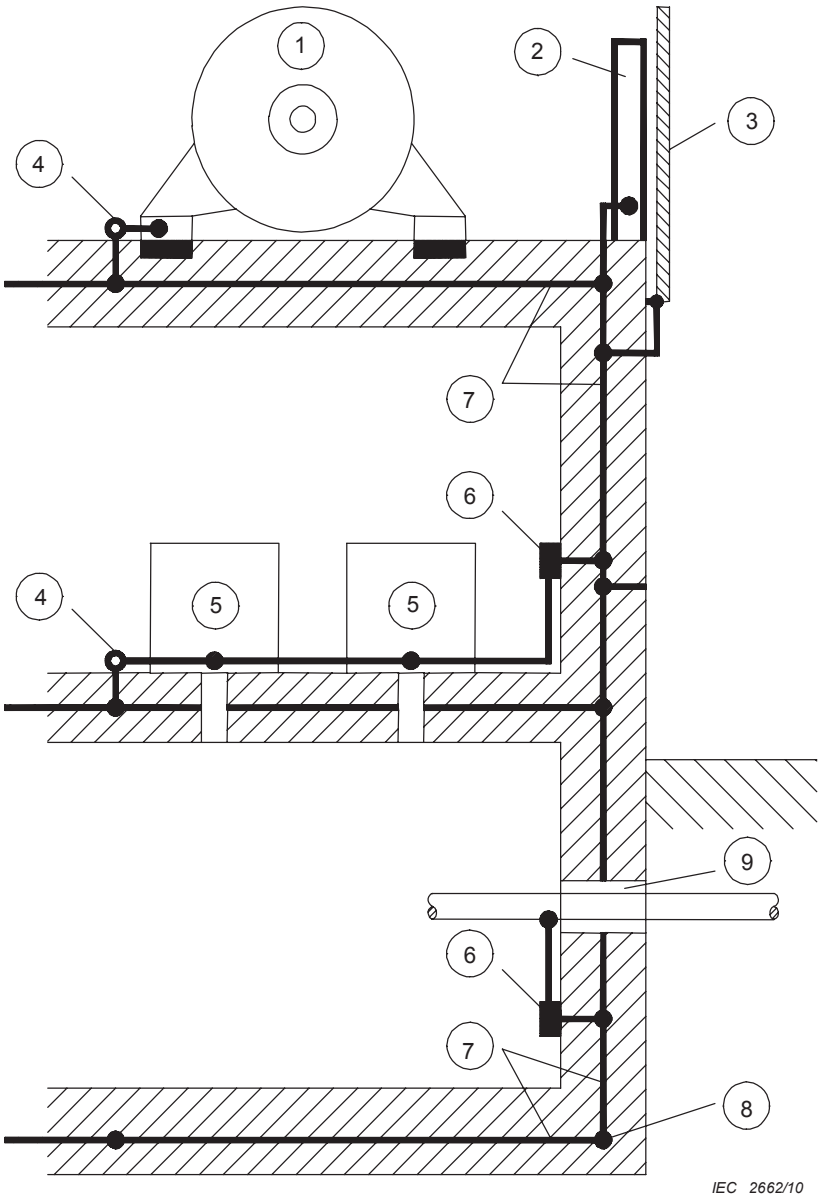
Практичним прикладом є використання фундаментних анкерів або тримальних балок машин, апаратів або корпусів для досягнення еквіпотенційних сполучень. На Рис. E.4 показано схему розміщення риштунку і сполучних шин у промисловій будівлі (споруді).

E.4.3.2 Utilization of reinforcement in concrete

Bonding conductors or grounding plates should be furnished in order to provide reliable electrical connection to the reinforcement steel.

Conductive frames that, for example, are attached to the structure may be used as natural LPS conductors and as connection points for the internal equipotential bonding system.

A practical example is the use of foundation anchors or foundation rails of machines, apparatus or housings, to achieve potential equalization. Figure E.4 illustrates the arrangement of the reinforcement and the bonding bars in an industrial structure.



Умовні позначення		**Key**	
1	електроенергетичне обладнання	1	electrical power equipment
2	сталева балка	2	steel girder
3	металеве покриття фасаду	3	metal covering of the facade
4	злучник	4	bonding joint
5	електричне або електронне обладнання	5	electrical or electronic equipment
6	сполучна шина	6	bonding bar
7	сталевий риштунок у бетоні (з накладеними сітчастими провідниками)	7	steel reinforcement in concrete (with superimposed mesh conductors)
8	фундаментний вземлювальний електрод	8	foundation earth electrode
9	спільний увід для різних послуг	9	common inlet for different services

Figure E.4 – Equipotential bonding in a structure with a steel reinforcement

Рисунок E.4 – Еквіпотенційні сполучення у будівлі (споруді) зі сталевим риштунком

Розміщення сполучних закінчень у будівлі (споруді) належить обумовити на ранній стадії виконання проекту LPS і належить довести до відома будівельного підрядника.

The location of bonding terminations in the structure should be specified at an early planning stage in the design of the LPS and should be made known to the civil works contractor.

Будівельному підрядчику належить проконсультуватися для визначення того, чи допускається приварювання до стрижнів риштунку, чи є можливим затискання, або чи потрібно встановлювати додаткові провідники. Всі необхідні роботи належить виконати і перевірити перед заливанням бетону (тобто проектувати LPS належить у поєднанні з проектуванням будівлі (споруди)).

E.4.3.3 Зварювання або затискання до стрижнів сталевого риштунку

Безперервність стрижнів риштунку має бути визначено затисканням або зварюванням.

ПРИМІТКА Придатними є затискачі, що відповідають майбутньому стандарту серії IEC 62561.

Приварювання до стрижнів риштунку дозволяється лише за умови отримання згоди від проектувальника будівельних робіт. Стрижні риштунку має бути зварено на довжині щонайменше у 50 мм (див. Рис. D.5).

The building contractor should be consulted to determine whether welding to the reinforcing rods is permitted, whether clamping is possible or whether additional conductors should be installed. All necessary work should be performed and inspected prior to pouring of the concrete (i.e. planning of the LPS should be carried out in conjunction with the design of the structure).

E.4.3.3 Welding or clamping to the steel-reinforcing rods

The continuity of the reinforcing rods should be established by clamping or welding.

NOTE Clamps conforming to the future IEC 62561 series are suitable.

Welding to the reinforcing rods is only permitted if the civil works designer consents. The reinforcing rods should be welded over a length not less than 50 mm (see Figure E.5).

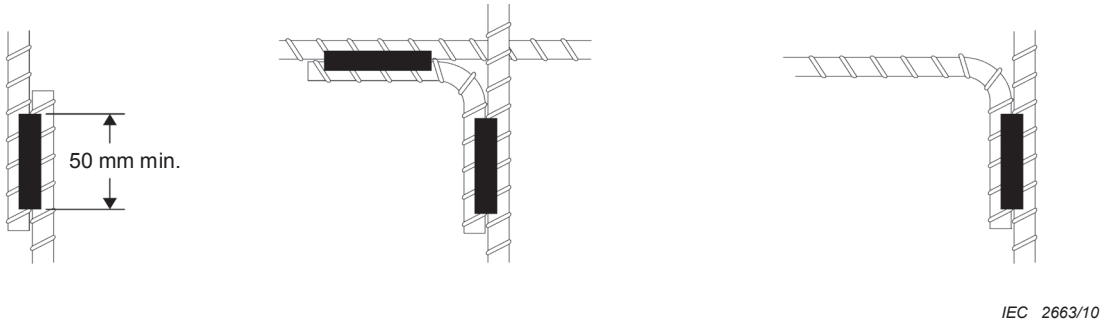


Figure E.5a – Welded joints (suitable for lightning current and EMC purposes)

Рисунок E.5a – Зварні з'єднання (придатні для струму блискавки та потреб EMC)

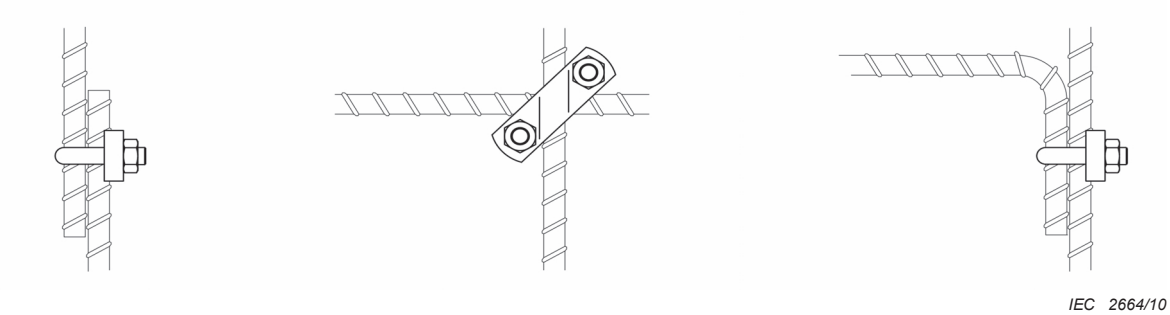


Figure E.5b – Clamped joints to future IEC 62561 (suitable for lightning current and EMC purposes)

Рисунок E.5b – Затискні з'єднання за майбутнім IEC 62561 (придатні для струму блискавки та потреб EMC)

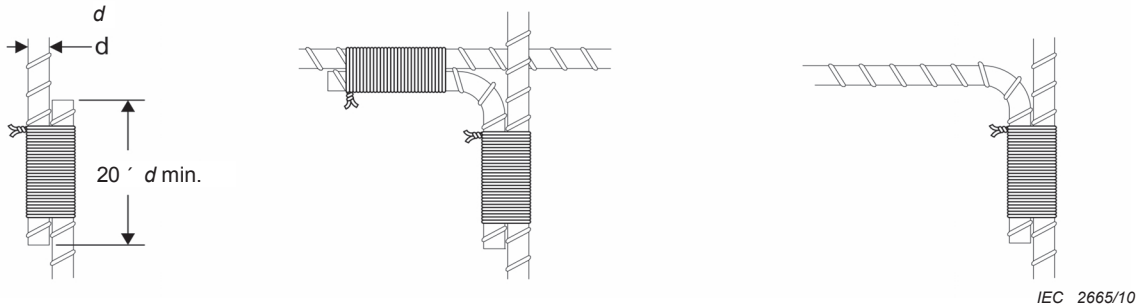


Figure E.5c – Bound joints (suitable for lightning current and EMC purposes)

Рисунок E.5c – В'язані з'єднання (придатні для струму блискавки та потреб EMC)

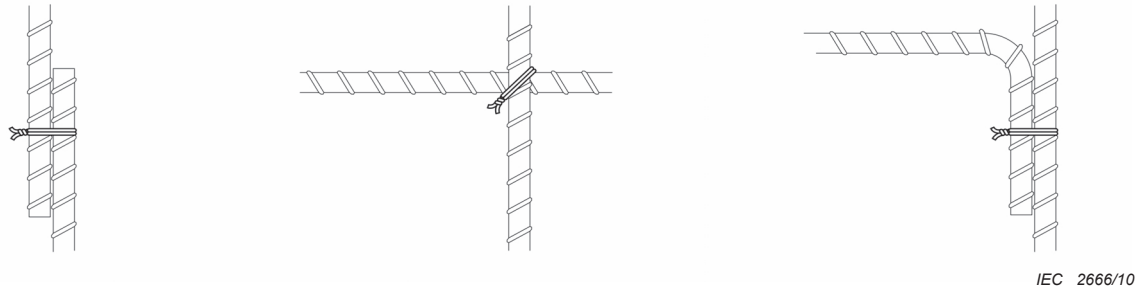


Figure E.5d – Lashed joints (suitable for EMC purposes only)

Рисунок E.5d – Підв'язані з'єднання (придатні лише для потреб EMC)

Figure E.5 – Typical methods of joining reinforcing rods in concrete (where permitted)

Рисунок E.5 - Типові способи з'єднання стрижнів риштунку у бетоні (якщо дозволено)

Приєднання до зовнішніх компонентів системи блискавкозахисту виконуються за допомогою стрижня риштунку, виведеного крізь бетон у визначеному місці, або за допомогою сполучного стрижня або за допомогою контактної закладної уземлення, яка проходить крізь бетон та яка приварена або притиснута до стрижнів риштунку.

Там, де з’єднання між стрижнями риштунку у бетоні та провідником еквіпотенційних сполучень виконано методом затискання, завжди належить застосовувати два сполучні провідники (або один провідник з двома затискачами до різних стрижнів риштунку) з метою безпеки, оскільки з’єднання не може бути перевірене після затвердіння бетону. Якщо провідник системи еквіпотенційних сполучень і стрижень риштунку є з різнорідних металів, тоді місце з’єднання належить повністю герметизувати компаундом, який затримує вологу.

На рисунку E.6 показані затискачі, які застосовуються для з'єднання стрижнів риштунку та одножильних пласких провідників.

На рисунку E.7 детально показано з'єднання зовнішньої системи зі стрижнями риштунку.

Розміри сполучних провідників мають відповідати тій частині струму блискавки, яка протікає точкою з'єднання (див. Таблиці 8 і 9).

The connection to outside components of the lightning protection system should be established by a reinforcement rod brought out through the concrete at a designated location or by a connecting rod or ground plate passing through the concrete which is welded or clamped to the reinforcing rods.

Where joints between the reinforcing rods in concrete and the bonding conductor are made by means of clamping, two bonding conductors (or one bonding conductor with two clamps to different reinforcing bars) should always be used for safety, since the joints cannot be inspected after the concrete has set. If the bonding conductor and reinforcing rod are dissimilar metals, then the joint area should be completely sealed with a moisture inhibiting compound.

Figure E.6 shows clamps used for joints for reinforcing rods and solid tape conductors.

Figure E.7 shows details for connection of an external system to reinforcing rods.

The bonding conductors should be dimensioned for the proportion of lightning current flowing at the bonding point (see Tables 8 and 9).

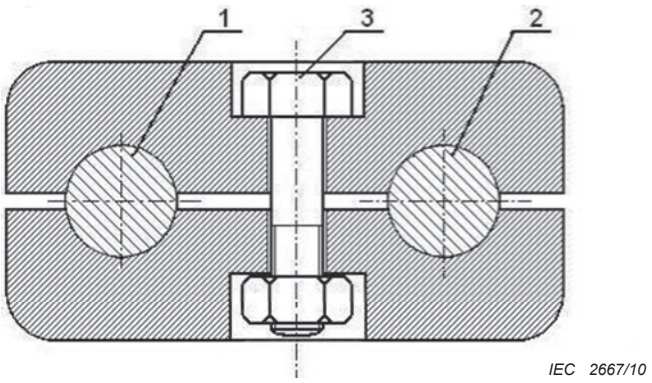


Figure E.6a – Circular conductor to a reinforcing rod

Рисунок E.6a – З’єднання кільцевого провідника зі стрижнем риштунку

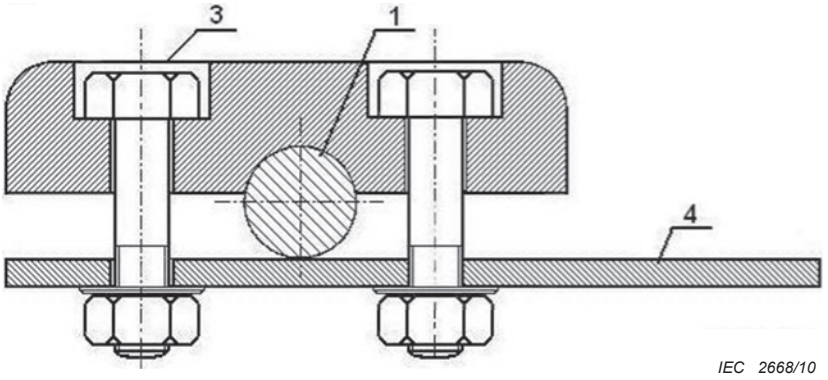


Figure E.6b – Solid tape conductor to a reinforcing rod

Рисунок E.6b – З’єднання одножильного плаского провідника зі стрижнем риштунку

Умовні позначення		**Key**	
1	стрижень риштунку	1	reinforcing rod
2	кільцевий провідник	2	circular conductor
3	шруба	3	screw
4	плаский провідник	4	tape conductor

Figure E.6 – Example of clamps used as joints between reinforcing rods and conductors

Рисунок E.6 – Приклад затискачів, що використовуються для з'єднання між стрижнями риштунку і провідниками

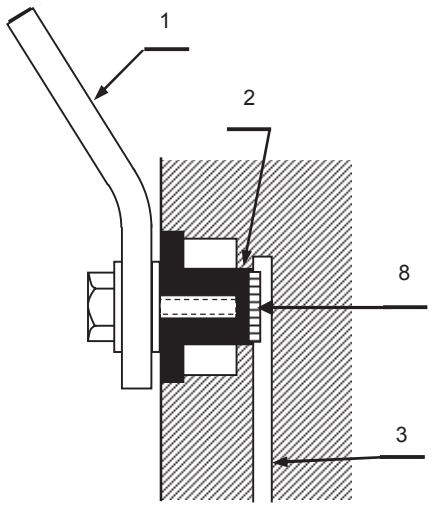


Figure E.7a
Рисунок E.7a

IEC 2669/10

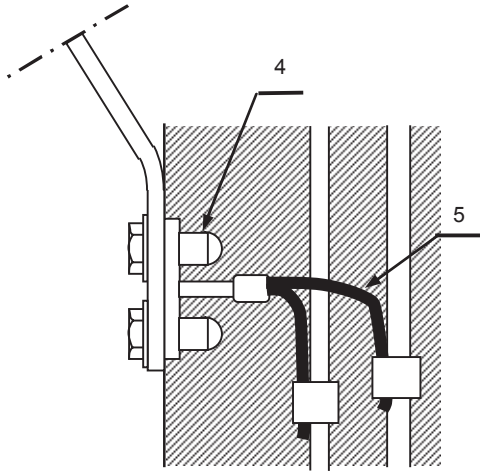


Figure E.7b
Рисунок E.7b

IEC 2670/10

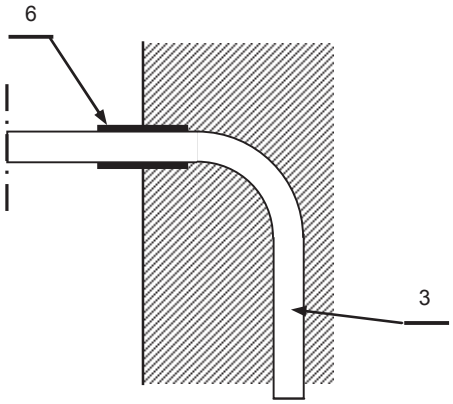


Figure E.7c
Рисунок E.7c

IEC 2671/10

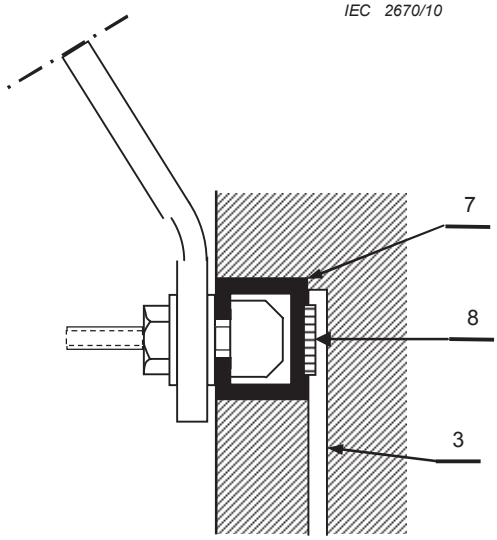


Figure E.7d
Рисунок E.7d

IEC 2672/10

Умовні позначення

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

* Сполучний провідник сталі приєднано у багатьох точках за допомогою зварювання або прив'язування до сталевих стрижнів риштунку.

ПРИМІТКА Конструкція, що показана на рисунку E.7c, не є загальноприйнятим рішенням з точки зору належної інженерної практики.

Key

1	bonding conductor
2	nut welded to steel bonding connector
3	steel-bonding connector*
4	cast in non ferrous bonding point
5	stranded copper bonding connector
6	corrosion protection measure
7	C-steel (C-shaped mounting bar)
8	welding

* The steel-bonding connector is connected at many points by welding or clamping to the steel reinforcing bars.

NOTE Construction shown in Figure E.7c is not a generally accepted solution in terms of good engineering practice.

Figure E.7 – Examples for connection points to the reinforcement in a reinforced concrete wall

Рисунок E.7 - Приклади точок сполучення з риштунком у залізобетонній стіні

E.4.3.4 Матеріали

Наступні матеріали, можуть використовуватись як додаткові провідники, встановлені у бетон з метою блискавкозахисту: сталь, м'яка сталь, поцинкована сталь, нержавна сталь, мідь та поміднена сталь.

Поведінка поцинкованого шару на сталі у бетоні є дуже складною, особливо у бетоні з хлоридами, цинк схильний до інтенсивної корозії у контакті з риштунком і може, за певних умов, спричинити пошкодження бетону. Тому поцинковану сталь не слід використовувати у прибережних районах і в районах, де у ґрунтових водах може бути сіль. Оскільки використання поцинкованої сталі у бетоні вимагає оцінювання багатьох зовнішніх факторів, цей матеріал має використовуватись лише після ретельного аналізу. З огляду на ці фактори, замість поцинкованої сталі рекомендується використовувати інші згадані матеріали.

З метою уникнення плутанини між різними типами сталевих стрижнів у бетоні, рекомендується використовувати круглі сталеві стрижні не менше 8 мм у діаметрі з гладкою поверхнею як додаткові провідники на противагу звичайним стрижням з ребристою поверхнею.

E.4.3.5 Корозія

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

Найпростішим засобом захисту від корозії є нанесення силіконового каучуку або бітумного оздоблювального покриття у безпосередній близькості від точки виходу зі стіни, приміром, 50 мм або більше у стіні й 50 мм та більше поза стіною (див. Рис E.7c). Проте, це не вважається належним інженерним рішенням. Кращим рішенням є використання злучників, спеціально розроблених для цієї мети, як показано у інших прикладах на Рис E.7.

Якщо крізь бетонну стіну проходять мідні та поміднені сталеві сполучні провідники риштунку, ризик появи корозії відсутній, якщо використовується одножильний провідник, відповідна сполучна точка, покриття з ПВХ або ізольований провід (див. Рис E.7b). Для провідників з нержавної сталі, згідно Таблиць 6 і 7, у вжитті заходів для запобігання корозії немає потреби.

E.4.3.4 Materials

The following materials can be used as additional conductors installed in concrete for lightning protection purposes: steel, mild steel, galvanized steel, stainless steel, copper and copper coated steel.

The behaviour of a galvanized layer on steel in concrete is very complicated, particularly in concrete with chlorides, the zinc will corrode quickly on contact with the reinforcement, and can under certain conditions cause damage to the concrete. Galvanized steel should therefore not be used in coastal areas and where there may be salt in the ground water. As the use of galvanized steel in concrete requires evaluation of many external factors this material should be used only after careful analysis. With this in mind the use of the other mentioned materials is preferred over the use of galvanized steel.

In order to avoid confusion between the different types of steel rods in concrete, it is recommended that round steel rods of at least 8 mm diameter with a smooth surface be used as additional conductors in contrast to the ordinary ribbed surface of the reinforcing rods.

E.4.3.5 Corrosion

Where steel reinforcement bonding conductors are brought through a concrete wall, particular attention should be paid to protection against chemical corrosion.

The simplest corrosion protection measure is the provision of a silicon rubber or bitumen finish in the vicinity of the exit point from the wall, e.g. 50 mm or more in the wall and 50 mm or more outside the wall (see Figure E.7c). However this is generally not regarded as a good engineering solution. An improved solution is to use connectors especially developed for this purpose as shown in the other examples of Figure E.7.

Where copper and copper coated steel bonding conductors are brought through the concrete wall, there is no corrosion risk if a solid conductor, proprietary bonding point, PVC covering or isolated wire is used (see Figure E.7b). For stainless steel bonding conductors, in accordance with Tables 6 and 7, no corrosion prevention measures need to be used.

У випадку надзвичайно агресивної атмосфери, рекомендується, щоб сполучний провідник, який виступає зі стіни, був виготовлений з нержавної сталі.

ПРИМІТКА Поцинкована сталь, що виходить за межі бетону, і контактує зі сталевим риштунком у 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. Рис E.7a).

Для отримання додаткової інформації щодо захисту від корозії, див. E.5.6.2.2.2.

E.4.3.6 З'єднання

Дослідження вказують на те, що з'єднання перев'язуванням є непридатним для проведення струму блискавки. Існує ризик того, що в'язальний дріт вибухне і пошкодить бетон. Тим не менш, на основі попередніх досліджень можна припустити, що принаймні кожна третя дротова перев'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 і затискання є рекомендованими методами. З'єднання перев'язуванням є придатними лише для додаткових провідників системи еквіпотенційних сполучень та для потреб ЕМС.

Підключення зовнішніх ланок до взаємопов'язаного риштунку належить виконувати затискачами або зварюванням.

Довжина зварних швів між стрижнями риштунку (див. Рис. E.5) у бетоні має становити не менше 50 мм. Стрижні, що перетинаються, належить зігнути перед зварюванням так, щоб вони йшли паралельно принаймні 70 мм.

ПРИМІТКА У випадках, коли допускається зварювання, прийнятним є як звичайне зварювання, так і екзотермічне.

Якщо зварені стрижні має бути залито бетоном, зварювання у точках перетину з довжиною зварного шва усього у кілька міліметрів є недостатнім. Під час заливання бетону такі з'єднання часто ламаються.

На Рисунку E.5 показано правильне зварювання сполучних провідників до стрижнів риштунку у залізобетонні.

In the case of extremely aggressive atmospheres, it is recommended that the bonding conductor projecting from the wall be made of stainless steel.

NOTE Galvanized steel outside the concrete in contact with reinforcement steel in the concrete may, under certain circumstances, cause damage to the concrete.

When cast-in type nuts or mild steel pieces are used, these should be protected against corrosion on the outside of the wall. Serrated lock washers should be used to make electrical contact through the protective finish of the nut (see Figure E.7a).

For more information on corrosion protection, see E.5.6.2.2.2.

E.4.3.6 Connections

Investigations show that lashed joints are not suitable for lightning-current carrying connections. There is a risk of the lashing wire exploding and damaging the concrete. However, on the basis of earlier investigations it can be assumed that at least every third wire lashing forms an electrically conductive link, so that practically all the rods of the reinforcement are electrically interconnected. Measurements carried out on reinforced concrete structures support this conclusion.

So for lightning-carrying connections welding and clamping are the preferred methods. Lashed joints as a connection are suitable for additional conductors for equipotentialization and for EMC purposes only.

Connections of external circuits to the interconnected reinforcement should be performed by means of clamps or by welding.

Welds between reinforcing bars (see Figure E.5) within concrete should be at least 50 mm long. Crossing rods should be bent to run for at least 70 mm in parallel prior to welding.

NOTE Where welding is permitted, both conventional welding and exothermic welding are acceptable.

When welded rods need to be cast into concrete, it is not sufficient to weld at crossing points with weld seam lengths of only a few millimetres. Such joints frequently break when the concrete is poured.

Figure E.5 shows correct welding of bonding conductors to the reinforcing rods of the reinforced concrete.

Якщо приварювання до стрижнів риштунку не допускається, належить використовувати затискачі або додаткові спеціально призначені провідники. Такі додаткові провідники можуть бути виготовлені зі сталі, низьковуглецевої сталі, поцинкованої сталі або міді. Додаткові провідники належить приєднати до значного числа стрижнів риштунку в'язками чи затискачами, аби отримати переваги екранувальних можливостей сталевого риштунку.

Where welding to the reinforcing rods is not permitted, clamps or additional dedicated conductors should be used. These additional conductors can be made of steel, mild steel, galvanized steel or copper. The additional conductors should be connected to a large number of reinforcing rods by lashings or clamps to take advantage of the shielding possibilities of the reinforcement steel.

E.4.3.7 Доземні провідники

E.4.3.7 Down-conductors

Стрижні риштунку у стінах або бетонних колонах і сталеві несні конструкції можуть використовуватись як природні доземні провідники. На покрівлі мають бути передбачені точки приєднання для полегшення підключення системи перехоплювачів і, якщо залізобетонний фундамент не використовується як єдине земляне закінчення, має бути передбачено точки приєднання, аби полегшити приєднання до системи земляного закінчення.

The reinforcing rods of walls or concrete columns and steel structural frames may be used as natural down-conductors. A termination joint should be provided on the roof to facilitate the connection of the air-termination system and, unless the reinforced concrete foundation is being used as the only earth-termination, termination joints should be provided to facilitate the connection with the earth-termination system.

Коли якийсь певний стрижень риштунку править за доземний провідник, належить звертати особливу увагу на трасу до землі для забезпечення того, щоби стрижень, який знаходиться у тій самій позиції, був використаний на всьому шляху донизу, тим самим забезпечивши безпосередню електричну безперервність.

When using a particular rod of the reinforcement steel as the down-conductor, care should be taken in the route to earth to ensure that the rod that is located in the same position will be used all the way down, thereby providing direct electrical continuity.

Коли вертикальна безперервність природних доземних провідників, які утворюють прямий шляху від покрівлі до землі, не може бути гарантована, належить використовувати додаткові спеціальні провідники. Ці додаткові провідники мають бути прив'язані або притиснуті до сталі риштунку.

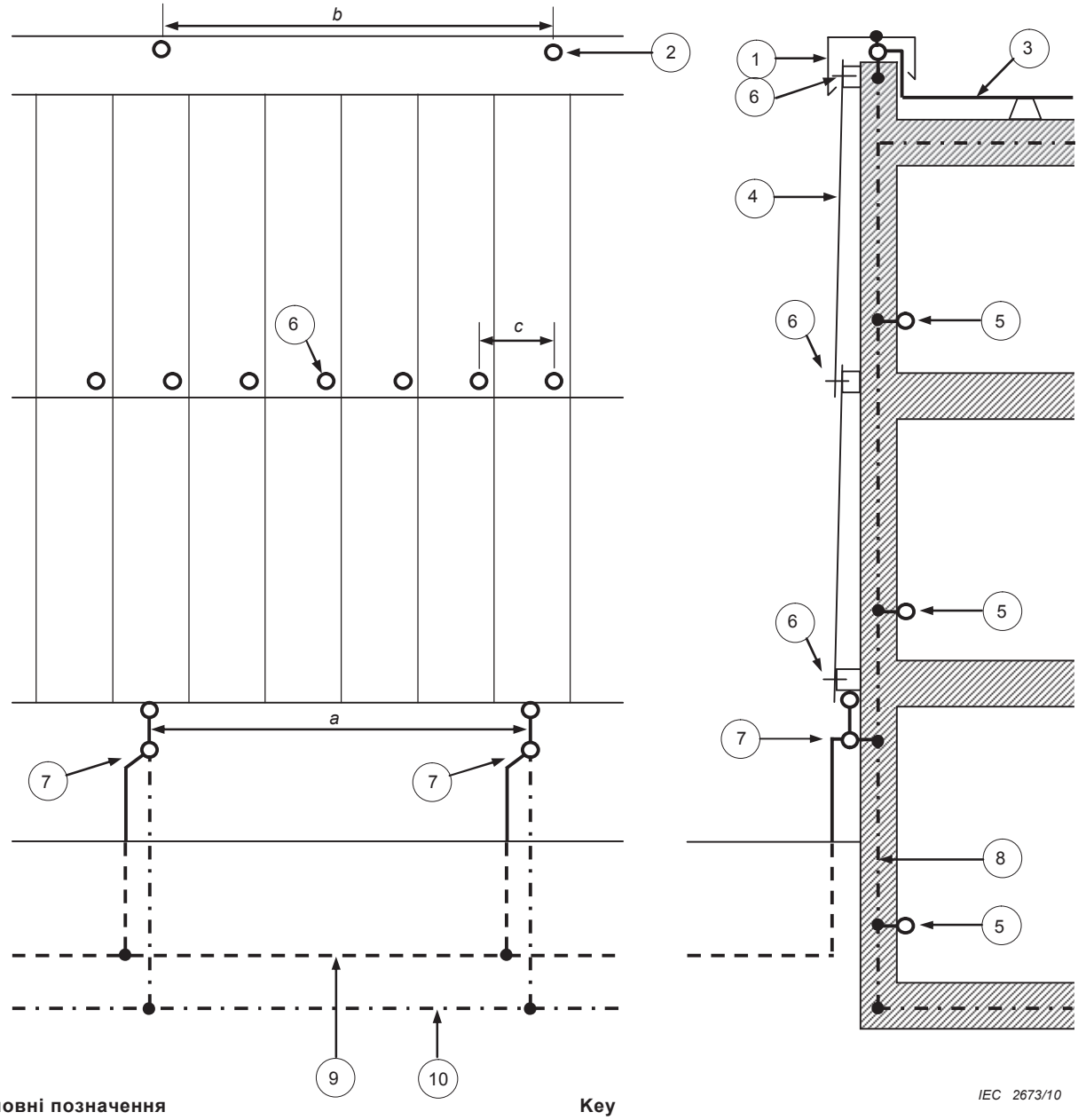
When the vertical continuity of the natural down-conductors, providing a straight path from roof to ground cannot be guaranteed, additional dedicated conductors should be used. These additional conductors should be lashed or clamped to the reinforcement steel.

Якщо є сумніви щодо найпрямішої траси доземного провідника (приміром, для існуючих будівель), належить додати систему зовнішніх доземних провідників.

Wherever there is doubt as to the most direct route for the down-conductor (i.e. for existing buildings) an external down-conductor system should be added.

Рисунки E.4 та E.8 показують подробиці конструкції природних компонентів у LPS для залізобетонних конструкцій. Див. також Рис. E.5.4.3.2 для використання стрижнів залізобетонних елементів у ролі уземлювальних електродів фундаменту

Figures E.4 and E.8 show construction details of natural components in the LPS for reinforced concrete structures. See also E.5.4.3.2 for the use of the rods of reinforced concrete elements as foundation earth electrodes.



Умовні позначення

1 металеве покриття парапету покрівлі

2 з'єднання між фасадними плитами і перехоплювачами

3 горизонтальний провідник перехоплювача

4 металеве покриття сегменту фасаду

5 сполучна шина внутрішньої LPS

6 з'єднання між фасадними плитами і опорною рамою

7 контрольне з'єднання

8 сталевий риштунок у бетоні

9 кільцевий уземлювальний електрод тип B

10 уземлювальний електрод фундаменту

У наведеному прикладі можуть використовуватись такі розміри a = 5 м b = 5 м c = 1 м.

ПРИМІТКА Щодо з'єднань між плитами, див. Рисунок E.35.

Key

1 metallic covering of the roof parapet

2 joint between facade plates and air-termination

3 horizontal air-termination conductor

4 metallic facade segment covering

5 equipotentialization bar of the internal LPS

6 joint between facade plates and to supporting frame

7 test joint

8 steel reinforcement in concrete

9 type B ring earth electrode

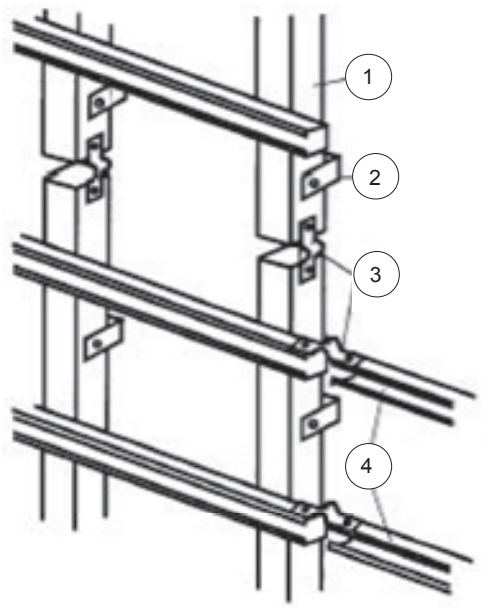
10 foundation earth electrode

An applicable example may utilize the following dimensions *a* = 5 m *b* = 5 m *c* = 1 m.

NOTE For the joints between the plates, see Figure E.35.

Figure E.8a – Use of a metallic facade covering as a natural down-conductor system on a structure of steel-reinforced concrete

Рисунок E.8a – Використання металевого покриття фасаду як системи природних доземних провідників у залізобетонній будівлі (споруді)



IEC 2674/10

Умовні позначення		Key	
1	вертикальний елемент каркасу	1	vertical frame
2	кріплення до стіни	2	wall fixing
3	злучники	3	connectors
4	горизонтальний елемент каркасу	4	horizontal frame

Figure E.8b – Connection of facade supports

Рисунок E.8b – З'єднання несної конструкції фасаду

Figure E.8 – Use of metallic facade as natural down-conductor system and connection of facade supports

Рисунок E.8 - Використання металевого фасаду як системи природних доземних провідників і з'єднання несної конструкції фасаду

Внутрішні доземні провідники в окремих колонах та стінах має бути з'єднано між собою за допомогою їхніх сталевих стрижнів риштунку і це має відповідати умовам для електричної безперервності згідно з 4.3.

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

Internal down-conductors in the individual columns and the walls should be interconnected by means of their steel reinforcing rods and should conform to the conditions for electrical continuity according to 4.3.

Steel reinforcing rods of individual prefabricated concrete elements and the reinforcing rods of concrete columns and concrete walls should be connected to the reinforcing rods of floors and roofs before the floors and roofs are cast.

Всередині риштунку усіх елементів споруди, які заливаються у бетон на місці, приміром, стін, колон, сходів і ліфтових шахт, існують протяжні, безперервно електрично з’єднані, струмопровідні частини. Якщо перекриття виготовлено з монолітного бетону, доземні провідники у окремих колонах і 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, можна підготувати злучники та закладні деталі для з'єднання стрижнів риштунку окремих збірних бетонних елементів зі стрижнями риштунку колон і стін перед тим, як перекриття стануть закритими для введення додаткових сполучних стрижнів.

Extensive continuously conductive parts exist within the reinforcing of all constructional elements, which are cast with concrete on site, for example, walls, columns, stairs and lift shafts. If floors are constructed of site-cast concrete, the down-conductors in the individual columns and walls should be interconnected by means of their reinforcing rods to ensure an even distribution of the lightning current. If floors are constructed of prefabricated concrete elements, such connections are generally not available. However, at little extra cost it is generally possible to prepare joints and terminations to connect the reinforcing rods of the individual prefabricated concrete elements to the reinforcing rods of the columns and walls before the floors are cast by insertion of additional connecting rods.

Збірні бетонні елементи, що використовуються як почіпні фасади, не є ефективними для блискавкозахисту будівлі (споруди), оскільки у них не забезпечено сполучні з'єднання. Якщо високоефективний захист від блискавки має бути забезпечений для обладнання, встановленого всередині будівлі (споруди), приміром, офісна будівля з численним обладнанням обробки даних та комп'ютерними мережами, необхідно, щоб стрижні риштунку таких елементів фасаду були з'єднані між собою і підключені до стрижнів риштунку несних елементів будівлі (споруди) таким чином, щоб струм блискавки міг проходити усією зовнішньою поверхнею будівлі (споруди) (див. Рис. Е.4).

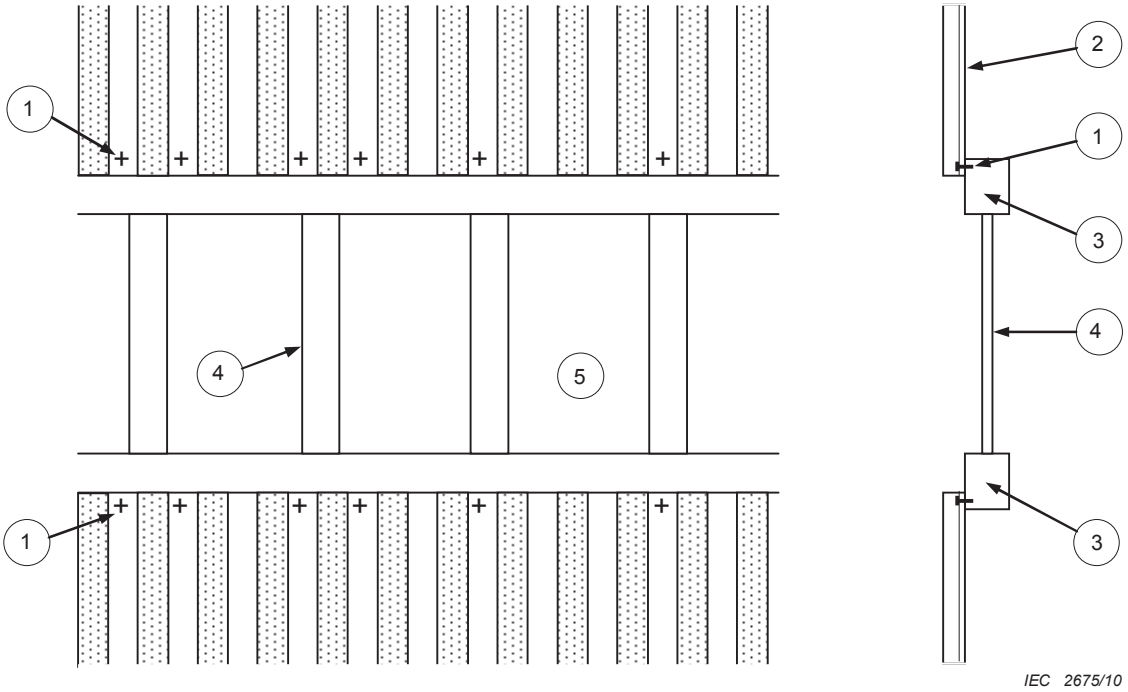
Prefabricated concrete elements used as suspended facades are not effective for lightning protection as bonding connections are not provided. If highly effective lightning protection is to be provided for equipment installed within a structure, such as office buildings with extensive information-processing equipment and computer networks, it is necessary for the reinforcing rods of such facade elements to be interconnected and connected to the reinforcing rods of the load-bearing elements of the structure in such a manner that the lightning current can flow through the complete outer surface of the structure (see Figure E.4).

Якщо у зовнішніх стінах будівлі (споруди) встановлено вікна з суцільним стрічковим склінням, важливо, щоб було прийнято рішення щодо того, чи з'єднання збірних бетонних елементів вище і нижче вікон з суцільним стрічковим склінням має бути виконано за допомогою існуючих колон, або їх має бути з'єднано між собою з меншими інтервалами, відповідно до кроку вікон.

If continuous strip windows are installed in the outer walls of a structure, it is essential that a decision be taken as to whether the connection of the prefabricated concrete parts above and below the continuous strip windows should be made by means of the existing columns or whether they should be interconnected at smaller intervals corresponding to the window pitch.

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

Extensive integration of conductive parts of the outer walls improves the electromagnetic shielding of the interior of the structure. Figure E.9 shows the connection of continuous strip windows to a metal facade covering.



Умовні позначення		Key	
1	сполучення між сегментом фасадної плити і металевою смугою вікна	1	joint between a facade plate segment and the metallic strip window
2	металева фасадна плита	2	metallic facade plate
3	горизонтальна металева стрічка	3	horizontal metallic strip
4	вертикальна металева стрічка	4	vertical metallic strip
5	вікно	5	window

Figure E.9 – Connection of the continuous strip windows to a metal facade covering

Рисунок E.9 - Підключення вікон з суцільним стрічковим склінням до металевого покриття фасаду

Якщо сталеві конструкції використовуються як доземні провідники, кожна сталева колона має бути підключена до стрижнів сталевого риштунку бетонного фундаменту у точках приєднання, як показано на Рис. E.7.

ПРИМІТКА По додаткові відомості щодо використання сталевого риштунку бетонних стін для електромагнетного екранування, див. IEC 62305-4.

У випадку великих, низьких будівель (споруд), таких як зали, покрівля підтримується не лише конструкціями на периферії будівлі, а й внутрішніми колонами. Струмопровідні колони мають бути підключені до системи перехоплювачів у верхній частині та до системи еквіпотенційних сполучень на підлозі, утворюючи таким чином внутрішні доземні провідники; це застосовується для запобігання небезпечному іскрінню всередині будівлі. Збільшені електромагнетні завади відбуваються поблизу таких внутрішніх доземних провідників.

If steel structures are used as down-conductors, every steel column should be connected to the steel reinforcing rods of the concrete foundation by bonding points as shown in Figure E.7.

NOTE For more information on the use of steel reinforcement of structure walls for the purpose of electromagnetic shielding, see IEC 62305-4.

In the case of large, low buildings such as halls, the roof is supported not only at the building circumference but also by internal columns. Conductive columns should be connected to the air-termination system at the top and to the equipotential bonding system at the floor, creating internal down-conductors; this to prevent dangerous sparking inside the building. Increased electromagnetic interference occurs in the vicinity of such internal down-conductors.

У сталевих конструкціях каркасу зазвичай використовуються сталеві ферми покрівлі, скріплені шрубованими з’єднаннями. За умови, що шруби загвинчено з 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 таким чином струмопровідний місток.

Електричне з’єднання може бути поліпшене шляхом зачищення посадкових поверхонь голівок шруб, гайок та шайб. Подальше поліпшення може бути досягнуто шляхом нанесення зварного шва завдовжки приблизно 50 мм після завершення конструктивного вузла.

На існуючих будівлях (спорудах) з протяжними струмопровідними частинами у/на зовнішніх стінах має бути забезпечена безперервність струмопровідних частин для використання їх як доземних провідників. Цей метод також рекомендується, коли мають підтримуватись високі вимоги до культурних аспектів архітектурного проектування, крім вимог до захисту від LEMP.

Належить також передбачити поєднані між собою стрижні системи еквіпотенційних сполучень. Кожен стрижень системи еквіпотенційних сполучень має бути підключений до струмопровідних частин у зовнішніх стінах та у підлозі. Це вже може бути забезпечено горизонтальними стрижнями риштунку на рівні землі та рівні кожного наступного поверху.

За можливості, у підлозі або у стіні має бути передбачено точку підключення до сталевого риштунку. Підключення має бути виконано, щонайменше, до трьох стрижнів риштунку.

E.4.3.8 Еквіпотенційні сполучення

Коли на різних поверхах з потребується значне число сполучних точок з'єднання з риштунком та значна увага приділяється отриманню шляхів проходження струму з низькою індуктивністю з використанням стрижнів риштунку бетонних стін для еквіпотенційних сполучень і для екранування внутрішнього простору будівлі (споруди), на окремих поверхах має бути встановлено кільцеві провідники всередині або зовні бетону. Ці кільцеві провідники має бути з'єднано між собою за допомогою вертикальних стрижнів з проміжками не більше 10 м.

Steel skeleton constructions generally use steel roof girders connected by means of bolted joints. Provided the bolts are tightened with the force required to achieve mechanical strength, all bolted steel parts may be considered electrically interconnected. The thin paint layer is pierced by the lightning current on initial discharge thus forming a conductive bridge.

The electrical connection may be improved by baring the seating surface of the bolt heads, bolt nuts and washers. A further improvement can be achieved by provision of a welding seam approximately 50 mm long after completion of the structural assembly.

On existing structures with extensive conductive parts in/on the outer walls, the continuity of conductive parts should be established for use as down-conductors. This technique is also recommended when high demands on the cultural aspects of architectural design have to be maintained in addition to the demands for protection against LEMP.

Interconnected equipotentialization bars should also be provided. Each equipotentialization bar should be connected to the conductive parts in the outer walls and in the floor. This may already be provided by the horizontal reinforcing bars at the ground level and each subsequent floor level.

If possible, a connection point to the steel reinforcement in the floor or in the wall should be provided. The connection should be made to at least three reinforcing rods.

E.4.3.8 Equipotentialization

When a large number of bonding connections to the reinforcement is required at different floors and a significant interest is given to achieve current paths of low inductance utilizing the reinforcing rods of the concrete walls for potential equalization and for shielding of the inner space of the structure, ring-conductors should be installed within or outside the concrete on the separate floors. These ring conductors should be interconnected by means of vertical rods at intervals not greater than 10 m.

Такому розташуванню має надаватись перевага через його більшу надійність, особливо, коли величина струму завади не є відомою.

Також рекомендується використання мережі провідників, згрупованих у сітку. З'єднання мають бути здатними витримувати великі струми у разі збою енергопостачання.

У великих будівлях (спорудах) сполучна шина діє як кільцевий провідник. У такому випадку точки приєднання до сталевих стрижнів риштунку має бути передбачено що кожні 10 м. Жодні спеціальні заходи (окрім прописаних для підвального приміщення у 6.2.2 а) щодо підключення риштунку будівлі (споруди) до LPS, не є потрібними.

E.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. Окрім того, металева оболонка, що складається зі сталевого риштунку будівлі (споруди), в цілому, забезпечує добрий опорний потенціал для системи електропостачання, телекомунікаційного та електронного обладнання будівлі (споруди).

Крім поєднання стрижнів риштунку за допомогою дротяних в’язань, рекомендується встановлення додаткової металевої сіткової мережі для забезпечення добрих з’єднань. Ця додаткова мережа має також бути прив'язана до арматурної сталі. Вивідні провідники для підключення зовнішніх доземних провідників або елементів конструкції, що використовується як доземні провідники, та для підключення до земляного закінчення, встановленого зовні, належить вивести за межі бетону у відповідних місцях.

У цілому, риштунок фундаменту є струмопровідним, за винятком випадків, коли між різними частинами будівлі (споруди) існують проміжки для забезпечення різних швидкостей осідання.

This arrangement should be given preference due to its greater reliability, especially where the magnitude of the interference current is unknown.

A meshed-connection conductor network is also recommended. Connections should be designed to carry high currents in the event of a fault in the energy supply.

In large structures, the equipotentialization bar acts as a ring conductor. In such cases connection points to the steel-reinforcing bars should be made every 10 m. No special measures other than those prescribed for the basement in 6.2.2 a) for connection of the structure reinforcement to the LPS are necessary.

E.4.3.9 Foundation as earth-termination

For large structures and industrial plants the foundation is normally reinforced. The reinforcing rods of the foundation, foundation slab and outer walls in the region below the soil surface of such structures form an excellent foundation earth electrode, provided the requirements of 5.4 are satisfied.

The reinforcing rods of the foundation and the buried walls can be used as foundation earth electrode.

This method achieves good earthing at minimum cost. In addition, the metal enclosure, consisting of the steel reinforcement of the structure, in general offers a good potential reference for the electric power supply, telecommunication and electronic installations of the structure.

In addition to the interconnection of the reinforcing rods by wire-lashing, the installation of an additional meshed metal network to ensure good joints is recommended. This additional network should also be lashed to the reinforcement steel. The terminal conductors for connections of external down-conductors or structure elements used as down-conductors and for connection of the earth-termination installed externally should be brought out of the concrete at suitable points.

In general, the reinforcing of a foundation is electrically conductive except in cases where gaps are provided between different parts of the structure to allow different settling rates.

Проміжки між струмопровідними частинами будівлі (споруди) мають бути перекриті сполучними провідниками відповідно до Таблиці 6, за допомогою затискачів та злучників згідно 5.5.

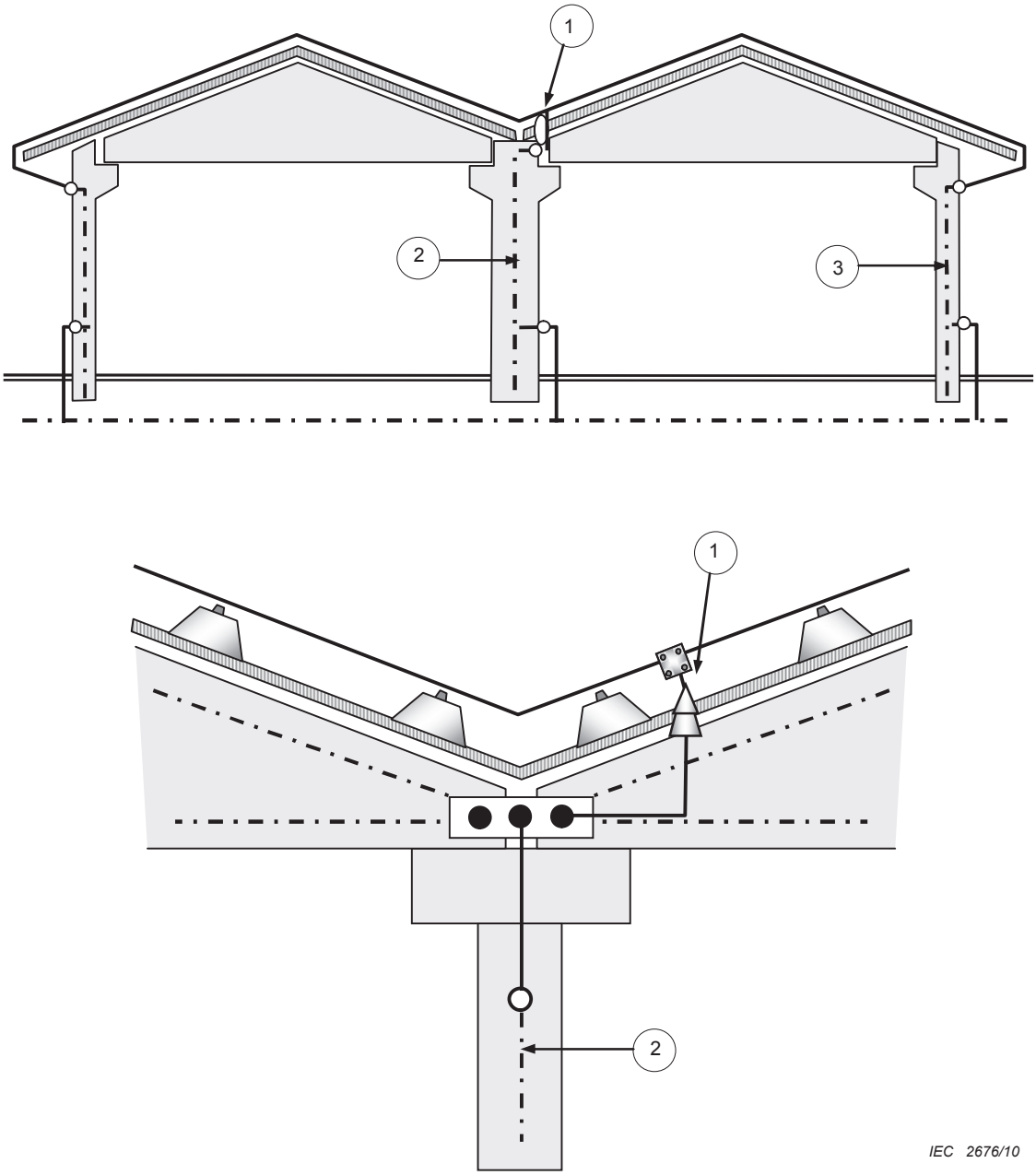
Стрижні риштунку бетонних колон і стін, що стоять на фундаменті, мають бути підключені до стрижнів риштунку фундаменту і до струмопровідних частин покрівлі.

Рисунок E.10 показує конструкцію LPS залізобетонної будівлі (споруди) для бетонних колон, стін та покрівлі зі струмопровідними частинами.

Gaps between conductive structure parts should be bridged by bonding conductors conforming to Table 6 using clamps and joints in accordance with 5.5.

Reinforcing rods of concrete columns and walls standing on a foundation should be connected to the reinforcing rods of the foundation and to the conductive parts of the roof.

Figure E.10 shows the design of the LPS of a reinforced concrete structure for concrete columns, walls and a roof with conductive parts.



Умовні позначення

1 провідник LPS, що проходить герметичним утулком

2 сталевий риштунок у бетонній колоні

3 сталевий риштунок у бетонних стінах

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

Key

1 LPS conductor passing a watertight bushing

2 steel reinforcement in a concrete column

3 steel reinforcement in concrete walls

NOTE The steel reinforcing of an internal column becomes a natural internal down-conductor when the steel reinforcing of the column is connected to the air-termination and the earth-termination of the LPS. The electromagnetic environment near the column should be considered when sensitive electronic equipment is installed near the column.

Figure E.10 – Internal down-conductors in industrial structures

Рисунок E.10 - Внутрішні доземні провідники у промислових будівлях (спорудах)

Коли приварювання до риштунку не допускається, у колонках має бути встановлено додаткові провідники або підключення має здійснюватися випробуваними злучниками. Ці додаткові провідники належить в'язати або притискати до сталевого риштунку.

По завершенні спорудження будівлі (споруди) та приєднанню усіх 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 або кількох опорних уземлювальних електродів поруч з будівлею (спорудою) забезпечує можливий спосіб контролю змін у середовищі довкола системи уземлення протягом багатьох років, шляхом виконання вимірювання між уземлювальним електродом та фундаментним уземлювачем. Проте, добра еквіпотенціалізація є головною перевагою фундаментного уземлювача, тож опір відносно землі видається менш важливим.

E.4.3.10 Порядок монтажу

Усі провідники і затискачі системи блискавкозахисту має встановлювати монтажник LPS.

Належить узгодити монтажні роботи з будівельним підрядчиком, щоб графік будівельних робіт не був порушений через затримку, пов'язану із встановлення LPS перед заливанням бетону.

Під час будівництва мають виконуватись регулярні вимірювання, а монтажник LPS має здійснювати нагляд за будівництвом (див. 4.3).

E.4.3.11 Збірні залізобетонні частини

Якщо збірні залізобетонні частини використовуються для блискавкозахисту, тобто, як доземні провідники, для екранування або як провідники для еквіпотенційних сполучень, до них має бути додано точки приєднання згідно з Рис. E.7, для полегшення подальшого з'єднання риштунку збірних частин із риштунком будівлі (споруди).

Розміщення і форма точок приєднання має бути визначено під час проектування збірних залізобетонних частин.

When welding to reinforcing is not allowed, additional conductors should be installed in the columns, or the connections should be implemented by means of tested joints. These additional conductors should be lashed or clamped to the reinforcing steel.

After completion of construction and connecting all the services to the building via an equipotential bonding bar, it will often be impossible (in practice) to measure the earthing resistance as part of the maintenance programme.

If in certain conditions it is not possible to measure the earthing resistance of the foundation earth, the installation of one or more reference earth electrodes close to the structure provide a possible method of monitoring the changes in the environment of the earthing system over the years by performing a circuit measurement between the earth electrode and the foundation earthing system. However, good equipotentialization is the main advantage of the foundation earthing system and the resistance to earth tends to be less important.

E.4.3.10 Installation procedures

All lightning protection conductors and clamps should be installed by the installer of the LPS.

Agreement should be reached with the civil works contractor in sufficient time to ensure that the time schedule for construction work is not exceeded as a result of delay in installation of the LPS before pouring the concrete.

During construction, measurements should be taken regularly and an LPS installer should supervise the construction (see 4.3).

E.4.3.11 Prefabricated reinforced concrete parts

If prefabricated reinforced concrete parts are used for lightning protection, e.g. as down-conductors for shielding or as conductors for potential equalization, connection points according to Figure E.7 should be attached to them to allow later interconnection of the prefabricated reinforcement with the reinforcement of the structure in a simple manner.

The location and form of connection points should be defined during the design of the prefabricated reinforced concrete parts.

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

Коли розміщення безперервних стрижнів риштунку у збірних залізобетонних частинах не є можливим зі стандартними стрижнями риштунку, додатковий провідник має бути встановлено та прив'язано до існуючого риштунку.

У цілому, потребується одна точка приєднання та сполучний провідник у кожному куті плити збірної залізобетонної частини, як показано на Рис. E.11.

E.4.3.12 Компенсаційні шви

Якщо будівля (споруда) складається з декількох секцій з компенсаційними швами, з урахуванням осадження секцій будівлі (споруди), і якщо у будівлі (споруді) має бути встановлене численне електронне обладнання, між риштунком різних секцій будівлі (споруди) на всіх компенсаційних швах має бути встановлено сполучні провідники з проміжками, які не перевищують половини відстані між доземними провідниками, зазначеними у Таблиці 4.

Аби забезпечити еквіпотенційні сполучення незначної індуктивності та ефективне екранування простору всередині будівлі (споруди), компенсаційні шви між секціями будівлі (споруди) має бути перекрито з короткими інтервалами (від 1 м до половини відстані між доземними провідниками) гнучкими або ковзними сполучними провідниками залежно від необхідного коефіцієнту екранування, як показано на Рис. E.11.

The connection points should be located so that in the prefabricated concrete part a continuous reinforcing rod runs from one bonding joint to the next.

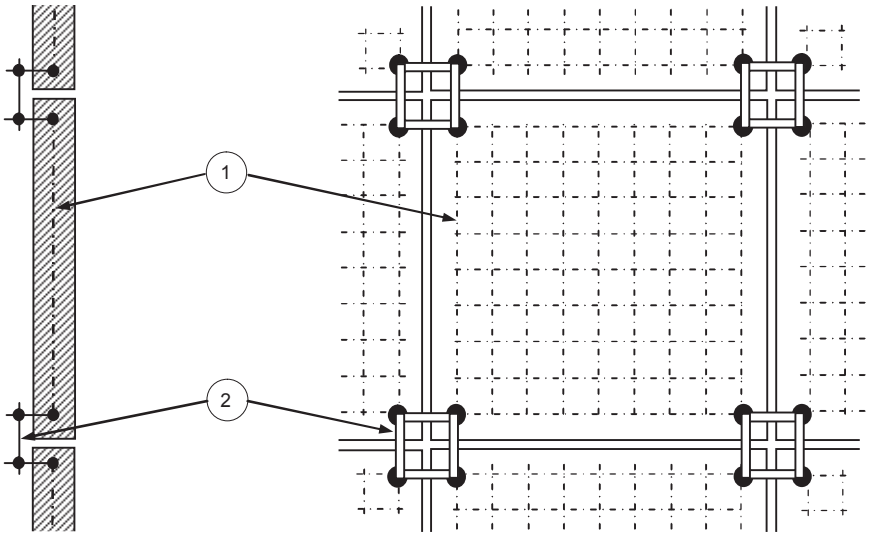
When the arrangement of continuous reinforcing rods in a prefabricated reinforced concrete part is not possible with standard reinforcing rods, an additional conductor should be installed and lashed to the existing reinforcement.

In general, one connection point and a bonding conductor is required at each corner of a plate-like prefabricated reinforced concrete part as illustrated in Figure E.11.

E.4.3.12 Expansion joints

When the structure comprises a number of sections with expansion joints, with allowance for settling of the structure sections, and extensive electronic equipment is to be installed in the building, bonding conductors should be provided between the reinforcement of the various structural sections across the expansion joints at intervals not exceeding one half of the distance between the down-conductors specified in Table 4.

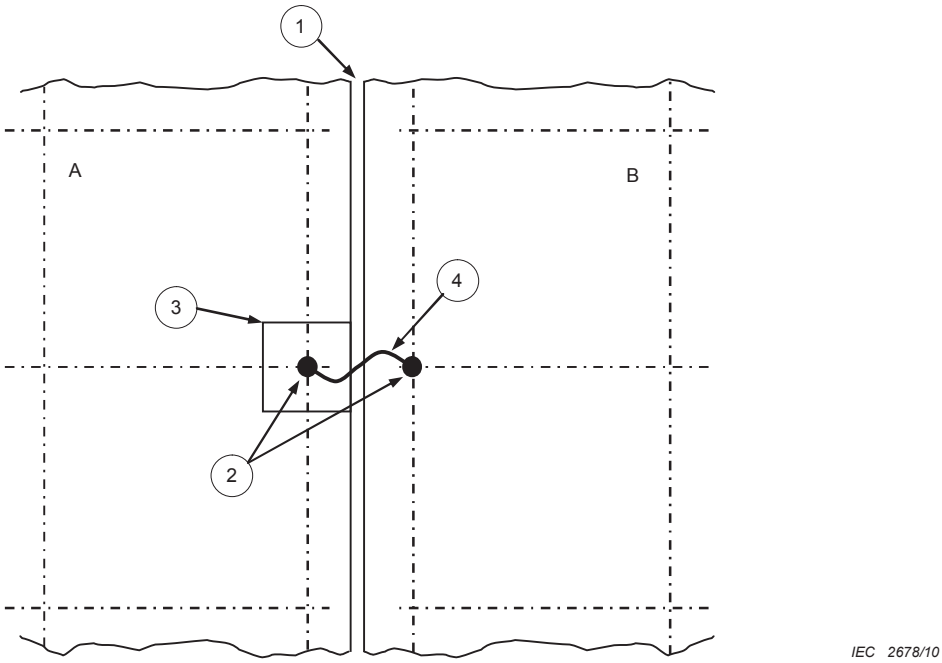
In order to ensure low-impedance potential equalization and effective shielding of the space inside a structure, expansion joints between sections of a structure should be bridged at short intervals (between 1 m and one half of the distance between down-conductors) by flexible or sliding bonding conductors depending on the required shielding factor, as shown in Figure E.11.



Умовні позначення		Key	
1	збірна залізобетонна частина	1	reinforced precast concrete
2	сполучні провідники	2	bonding conductors

Figure E.11a – Installation of bonding conductors on plate-like prefabricated reinforced concrete parts by means of bolted or welded conductor links

Рисунок E.11a – Встановлення сполучних провідників на плитах збірних залізобетонних частин методом шрубових або зварних струмопровідних з’єднань



Умовні позначення		Key	
1	паз розширення	1	expansion slot
2	зварне з'єднання	2	welded joint
3	заглиблення	3	recess
4	гнучкий сполучний провідник	4	flexible bonding conductor
A	залізобетонна частина 1	A	reinforced concrete part 1
B	залізобетонна частина 2	B	reinforced concrete part 2

Figure E.11b – Construction of flexible bonds between two reinforced concrete parts bridging an expansion slot on a structure

Рисунок E.11b – Конструкція гнучких з'єднань між двома залізобетонними частинами для перемикання пазу розширення будівлі (споруди)

Figure E.11 – Installation of bonding conductors in reinforced concrete structures and flexible bonds between two reinforced concrete parts
Рисунок E.11 - Встановлення сполучних провідників у залізобетонних конструкціях і гнучких перемичок між двома залізобетонними частинами

E.5 Зовнішня система блискавкозахисту

E.5.1 Загальні положення

Розставлення зовнішніх провідників LPS має фундаментальне значення у проектуванні LPS і залежить від форми будівлі (споруди), що захищається, необхідного рівня захисту та застосовуваного геометричного методу проектування. Конструкція системи перехоплювачів зазвичай визначає конструкцію системи доземних провідників, системи земляного закінчення та конструкцію внутрішньої LPS.

Якщо у сусідніх будівлях (спорудах) встановлена LPS, такі LPS, якщо це дозволено, мають бути підключені до LPS будівлі (споруди), що розглядається.

E.5.1.1 Неізольована LPS

У більшості випадків зовнішню LPS може бути приєднано до будівлі (споруди), що захищається.

У випадку, якщо тепловий вплив у точці удару або на провідниках, що проводять струм блискавки, може призвести до пошкодження будівлі (споруди) або вмісту будівлі (споруди), що захищається, відстань між провідниками LPS і займистими матеріалами має становити щонайменше 0,1 м.

ПРИМІТКА Типовими випадками є:

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

E.5.1.2 Ізольована LPS

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

ПРИМІТКА 1 Використання ізольованої LPS може вважатись доречним у випадках, коли передбачається, що зміни у будівлі (споруді) можуть вимагати змін у LPS.

LPS, яку з'єднано зі струмопровідними елементами будівлі (споруди) і з системою еквіпотенційних сполучень лише на рівні ґрунту, визначається як ізольована згідно 3.3.

Створення ізольованої LPS досягається встановленням стрижнів перехоплювачів або щогл поруч з будівлею (спорудою), що захищається, або за допомогою почеплених тросів між щоглами згідно роздільної відстані за 6.3.

E.5 External lightning protection system

E.5.1 General

The positioning of external LPS conductors is fundamental to the design of the LPS and depends on the shape of the structure to be protected, the level of protection required and the geometric design method employed. The air-termination system design generally dictates the design of the down-conductor system, the earth-termination system and the design of the internal LPS.

If adjoining buildings have an LPS, those LPS, where permissible, should be connected to the LPS of the building under consideration.

E.5.1.1 Non-isolated LPS

In most cases, the external LPS may be attached to the structure to be protected.

When the thermal effects at the point of strike or on conductors carrying the lightning current may cause damage to the structure, or to the content of the structure to be protected, the spacing between LPS conductors and combustible material should be at least 0,1 m.

NOTE Typical cases are

- structures with combustible coverings,
- structures with combustible walls.

E.5.1.2 Isolated LPS

An isolated external LPS should be used when the flow of the lightning current into bonded internal conductive parts may cause damage to the structure or its contents.

NOTE 1 The use of an isolated LPS may be convenient where it is predicted that changes in the structure may require modifications to the LPS.

An LPS that is connected to conductive structural elements and to the equipotential bonding system only at ground level, is defined as isolated according to 3.3.

An isolated LPS is achieved either by installing air-termination rods or masts adjacent to the structure to be protected or by suspending overhead wires between the masts in accordance with the separation distance of 6.3.

Ізольована LPS також встановлюється на будівлях (спорудах) з ізоляційних матеріалів, приміром , цегли або дерева, де дотримується роздільна відстань, як це визначено у 6.3, і відсутні з'єднання зі струмопровідними частинами будівлі (споруди) та обладнанням, встановленим у ній, за винятком підключень до системи земляного закінчення на рівні ґрунту.

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

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

Усі частини обладнання, встановленого у будівлі (споруді) з ізольованою LPS, мають бути розміщені у межах захищеного простору LPS та відповідати вимогам щодо роздільної відстані. Провідники LPS має бути встановлено на ізольованих тримачах провідників, якщо провідники, будучи прикріплені безпосередньо до стіни будівлі (споруди), знаходяться занадто близько до струмопровідних частин, так, щоб відстань між LPS і внутрішніми провідними частинами перевищувала роздільну відстань, як це визначено у 6.3.

ПРИМІТКА 2 Ізольовані тримачі мають дорівнювати або бути довше за роздільну відстань, беручи до уваги навколишні обставини.

Приховані струмопровідні кріплення покрівлі, які не підключено до еквіпотенційних з’єднань, і які знаходяться від системи перехоплювачів ближче, ніж роздільна відстань, але знаходяться від еквіпотенційних з’єднань далі, ніж роздільна відстань, належить приєднати до системи перехоплювачів ізольованої LPS. З цієї причини будівлі (споруди),такі як ця, не слід розглядати як ізоляційні, а як будівлі (споруди) з прихованими струмопровідними кріпленнями покрівлі, які не підключено до еквіпотенційних з’єднань.

An isolated LPS is also installed on structures of isolating material, such as brickwork or wood, where the separation distance, as defined in 6.3, is maintained and no connection is made to conductive parts of the structure nor to equipment installed therein, with the exception of connections to the earth-termination system at ground level.

Conductive equipment within the structure and electrical conductors should not be installed with distances to the air-termination system conductors and to the down-conductors shorter than the separation distance defined in 6.3. All future installations should conform to the requirements of an isolated LPS. These requirements should be made known to the owner of the structure by the contractor responsible for the design and construction of the LPS.

The owner should inform future contractors performing work in or on the building about these requirements. The contractor responsible for such work should inform the owner of the structure if the contractor cannot meet these requirements.

All parts of equipment installed in a structure with an isolated LPS should be placed within the protected space of the LPS and satisfy the separation distance conditions. The LPS conductors should be mounted on isolated conductor fixtures, if conductor fixings attached directly to the structure walls are too close to conductive parts, so that the distance between the LPS and the inner conductive parts exceed the separation distance as defined in 6.3.

NOTE 2 Isolating fixtures should be equal to or longer than the separation distance, taking also into account environmental conditions.

Flush-mounted conductive roof fixtures which are not connected to the equipotential bonding and have a distance to the air-termination system not in excess of the separation distance but a distance to the equipotential bonding in excess of the separation distance, should be connected to the air-termination system of the isolated LPS. For this reason structures such as this should not be considered as isolating but as a structure with flush-mounted conductive roof fixtures which are not connected to the equipotential bonding.

Проект LPS та правила техніки безпеки щодо роботи поблизу кріплень покрівлі мають брати до уваги той факт, що напруга на таких кріпленнях буде зростати до рівня напруги на системі перехоплювачів у разі удару блискавки.

Ізольована LPS має встановлюватись на будівлях (спорудах) з протяжними взаємопов'язаними струмопровідними частинами, коли потрібно запобігти стіканню струму блискавки стінами будівлі (споруди) та встановленим всередині обладнанням.

На будівлях (спорудах), що складаються з безперервних пов’язаних між собою струмопровідних частин, таких як сталева конструкція або залізобетон, у ізольованій LPS має дотримуватись роздільна відстань до цих струмопровідних частин будівлі (споруди). Для забезпечення достатнього розділення, може знадобитись кріплення провідників LPS до будівлі (споруди) за допомогою ізоляційного типу кріплень провідників.

Слід зазначити, що колони та стелі із залізобетону часто використовуються у цегляних будівлях (спорудах).

E.5.1.3 Небезпечне іскріння

Небезпечному іскрінню між LPS і металом, електричним і телекомунікаційним устаткованням можна запобігти

- в ізольованій LPS шляхом ізолювання або розділення згідно 6.3,
- у неізольованій LPS шляхом влаштування еквіпотенційних сполучень, згідно 6.2, або шляхом ізолювання або розділення згідно 6.3.

E.5.2 Система перехоплення блискавки

E. 5.2.1 Загальні положення

У цьому стандарті не надається жодних критеріїв щодо вибору системи перехоплювачів, оскільки у ньому розглядаються стрижні, натягнені троси та сіткові провідники, як рівнозначні.

Розміщення системи перехоплення блискавки має відповідати вимогам, наведеним у Таблиці 2.

E. 5.2.2 Розставлення

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

The design of an LPS and the safety instructions for work in the vicinity of a roof fixture should take account of the fact that the voltage on such fixtures will rise to that of the air-termination system in the event of a lightning strike.

An isolated LPS should be installed on structures with extensive interlinked conductive parts when it is desired to prevent lightning current from flowing through structure walls and internally installed equipment.

On structures consisting of continuously interlinked conductive parts such as steel construction or steel-reinforced concrete, the isolated LPS should maintain the separation distance to these conductive parts of the structure. To achieve adequate separation, LPS conductors may have to be fixed to the structure by isolation type conductor fixtures.

It should be noted, that columns and ceilings of reinforced concrete are often used in brick structures.

E.5.1.3 Dangerous sparking

Dangerous sparking between an LPS and metal, electrical and telecommunication installations can be avoided

– in an isolated LPS by isolation or separation according to 6.3,
– in a non-isolated LPS by equipotential bonding, according to 6.2, or by isolation or separation according to 6.3.

E.5.2 Air-termination systems

E.5.2.1 General

This standard does not provide any criteria for the choice of the air-termination system because it considers rods, stretched wires and meshed conductors as equivalent.

The arrangement of an air-termination system should be in accordance with the requirements of Table 2.

E.5.2.2 Positioning

For the design of the air-termination system, the following methods should be used, independently or in any combination, providing that the zones of protection afforded by different parts of the air-termination overlap and ensure that the structure is entirely protected according to 5.2:

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

Усі три методи можуть використовуватися для проектування LPS. Вибір методу залежить від практичної оцінки його придатності та уразливості будівлі (споруди), що захищається.

Проектувальник LPS може обирати метод розставлення. Тим не менш, мають місце такі міркування:

- метод захисного кута є придатним для простих будівель (споруд) або для невеликих частин більших будівель (споруд). Цей метод є непридатним для будівель (споруд) вищих, ніж радіус сфери, що котиться, згідно обраного рівня захисту LPS;
- метод сфери, що котиться, є придатним для будівель (споруд) складної форми;
- метод сітки служить для загальних цілей і є придатним, зокрема, для захисту плоских поверхонь.

Метод проектування системи перехоплювачів і методи проектування LPS, що використовуються для різних частин будівлі (споруди), належить чітко сформулювати у проектній документації.

E.5.2.2.1 Метод захисного кута

Провідники перехоплювачів, стрижні, щогли і троси мають бути розміщені так, щоб усі частини будівлі (споруди), що захищається, були всередині обвідної поверхні, яка утворюється виступними точками на провідниках перехоплювачів відносно опорної площини під кутом α до вертикалі в усіх напрямках.

Захисний кут *α* має відповідати величині, наведеній у Таблиці 2, де *h* – висота перехоплювача над поверхнею, що захищається.

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

Відповідно до Таблиці 2, захисний кут α відрізняється для різних висот перехоплювача над поверхнею, що захищається (див. Рис A.3 та E.12).

– protection angle method;
– rolling sphere method;
– mesh method.

All three methods may be used for the design of an LPS. The choice of the method depends on a practical evaluation of its suitability and the vulnerability of the structure to be protected.

The positioning method may be selected by the LPS designer. However, the following considerations may be valid:

– the protection angle method is suitable for simple structures or for small parts of bigger structures. This method is not suitable for structures higher than the radius of the rolling sphere relevant to the selected protection level of the LPS;
– the rolling sphere method is suitable for complex shaped structures;
– the mesh method is for general purposes and it is particularly suitable for the protection of plane surfaces.

The air-termination design method and LPS design methods used for the various parts of the structure should be explicitly stated in the design documentation.

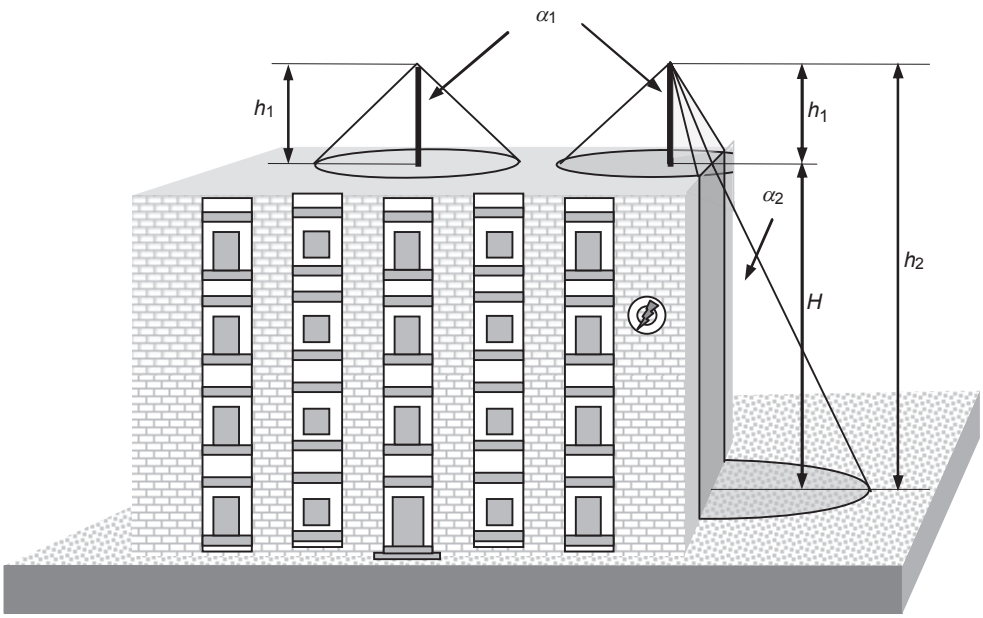
E.5.2.2.1 Protection angle method

Air-termination conductors, rods, masts and wires should be positioned so that all parts of the structure to be protected are inside the envelope surface generated by projecting points on the air-termination conductors to the reference plane, at an angle α to the vertical in all directions.

The protection angle α should conform to Table 2, with *h* being the height of the air-termination above the surface to be protected.

A single point generates a cone. Figures A.1 and A.2 show how the protected space is generated by the different air-termination conductors in the LPS.

According to Table 2, the protection angle α is different for different heights of air-termination above the surface to be protected (see Figures A.3 and E.12).



IEC 2679/10

Умовні позначення

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, яка вимірюється від поверхні покрівлі (опорна площина)
α_2	захисний кут, який відповідає висоті h_2

Key

H	height of the building over the ground reference plane
h_1	physical height of an air-termination rod
h_2	$h_1 + H$, being the height of the air-termination rod over the ground
α_1	the protection angle corresponding to the air-termination height $h = h_1$, being the height above the roof surface to be measured (reference plane)
α_2	the protection angle corresponds to the height h_2

Figure E.12 – Protection angle method air-termination design for different heights according to Table 2

Рисунок E.12 – Проектування системи перехоплення методом захисного кута для різних висот відповідно до Таблиці 2

Метод захисного кута має геометричні межі і не може бути застосований, якщо *H* більше, ніж радіус сфери, що котиться, *r*, як визначено у Таблиці 2.

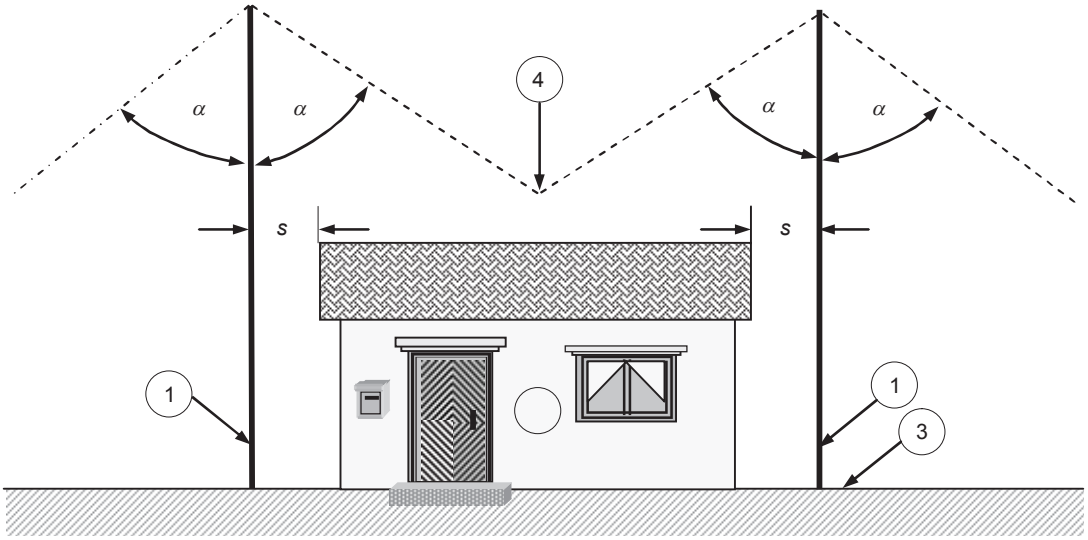
Якщо споруди на покрівлі має бути захищено разом зі скульптурними прикрасами, а об'єм захисту скульптурних прикрас знаходиться над рубом будинку, скульптурні прикраси має бути розміщено між спорудою та рубом. Якщо це не є можливим, належить застосовувати метод сфери, що котиться.

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

The protection angle method has geometrical limits and cannot be applied if *H* is larger than the rolling sphere radius, *r*, as defined in Table 2.

If structures on the roof are to be protected with finials and the protection volume of the finials is over the edge of the building, the finials should be placed between the structure and the edge. If this is not possible the rolling sphere method should be applied.

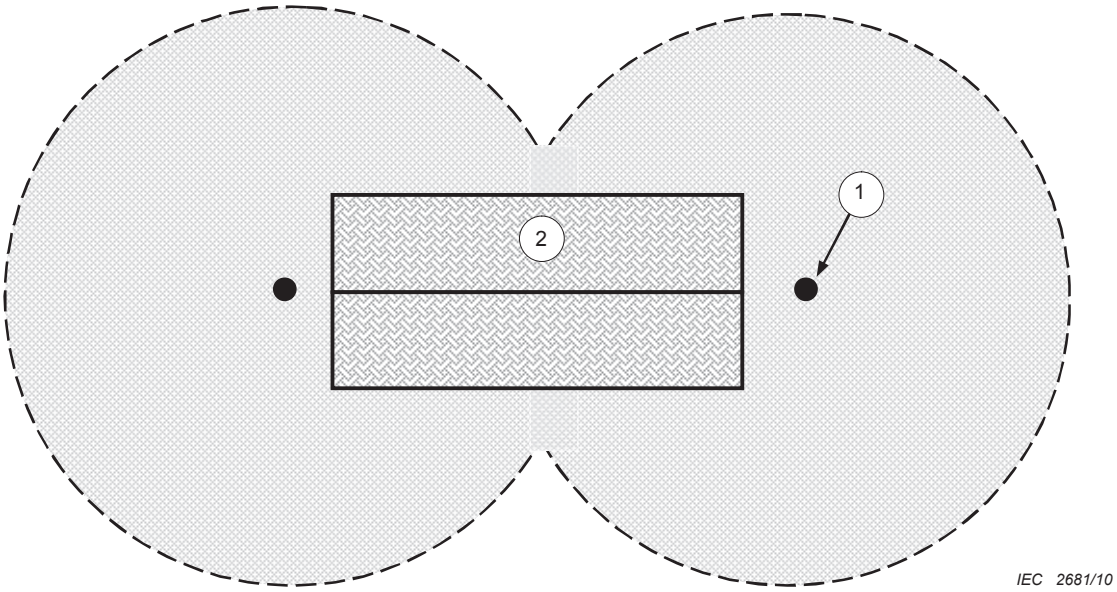
The design of air-termination using the protection angle air-termination design method is also shown in Figures E.13 and E.14 for an isolated LPS and in Figures E.15 and E.16 for a nonisolated LPS.



Умовні позначення		Key	
1	щогла перехоплювача	1	air-termination mast
2.	будівля (споруда), що захищається	2	protected structure
3.	земля, що є опорною площиною	3	ground being the reference plane
4.	перетин між конічними зонами блискавкозахисту	4	intersection between protection cones
s	роздільна відстань згідно з 6.3	*s*	separation distance according to 6.3
α	захисний кут відповідно до Таблиці 2	α	protection angle complying with Table 2

Figure E.13a – Projection on a vertical plane

Рисунок E.13a – Проекція на вертикальну площину



ПРИМІТКА Два круги показують захищену зона на землі, як опорній площині.

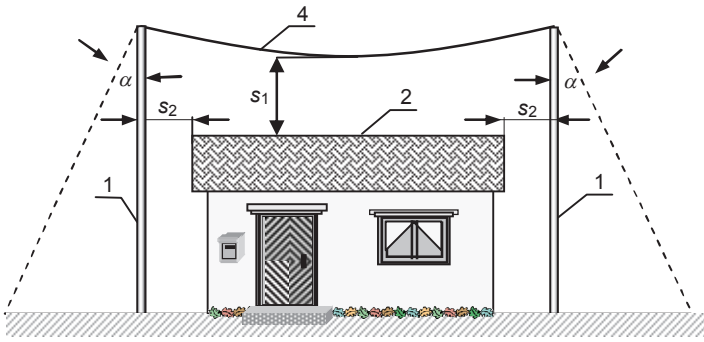
NOTE The two circles denote the protected area on the ground as the reference plane.

Figure E.13b – Projection on the horizontal reference plane

Рисунок E.13b - Проекція на горизонтальну опорну площину

Figure E.13 – Isolated external LPS using two isolated air-termination masts designed according to the protection angle air-termination design method

Рисунок E.13 - Ізольована зовнішня LPS з двома ізольованими щоглами перехоплення блискавки, спроектована за методом захисного кута



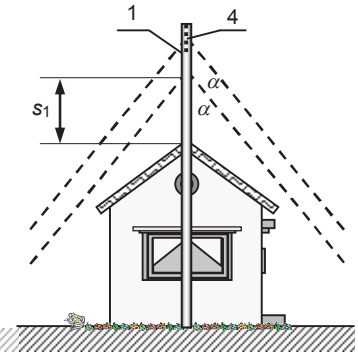


Figure E.14a – Projection on a vertical plane parallel to that containing two masts

Рисунок E.14a - Проекція на вертикальну площину, паралельну до площини, на якій розміщено дві щогли

Figure E.14b – Projection on a vertical plane perpendicular to the plane containing the two masts

Рисунок E.14b - Проекції на вертикальну площину, перпендикулярну до площини, на якій розміщено дві щогли

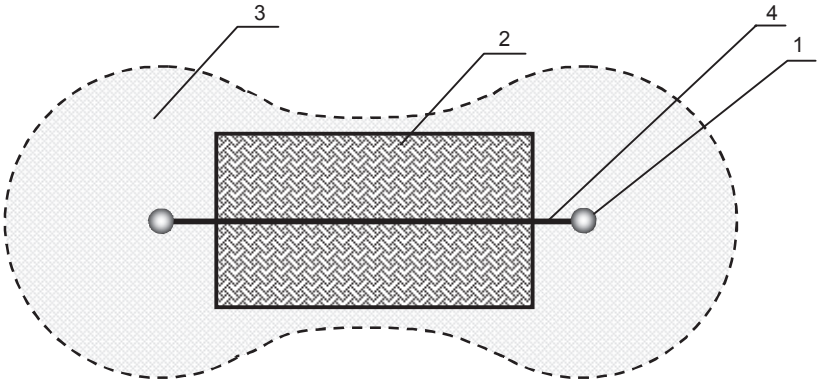


Figure E.14c – Projection on the horizontal reference plane

Рисунок E.14c - Проекція на горизонтальну опорну площину

Умовні позначення

1	щогла перехоплювача
2	споруда, що захищається
3	захищена зона на опорній площині
4	горизонтальний трос перехоплення блискавки
S_1, S_2	роздільна відстань згідно з 6.3
α	захисний кут відповідно до Таблиці 2

ПРИМІТКА система перехоплення, спроектована за методом захисного кута. Уся споруда має знаходитись всередині захищеного об'єму.

Key

1	air-termination mast
2	protected structure
3	protected area on the reference plane
4	horizontal wire air-termination
S_1, S_2	separation distances according to 6.3
α	protection angle complying with Table 2

NOTE The air-termination system is designed according to the protection angle air-termination design method. The whole structure should be inside the protected volume.

Figure E.14 – Isolated external LPS using two isolated air-termination masts, interconnected by horizontal catenary wire

Рисунок E.14 - Ізольована зовнішня LPS з двома ізольованими щоглами перехоплення блискавки, з'єднаними між собою горизонтальним натягненим тросом

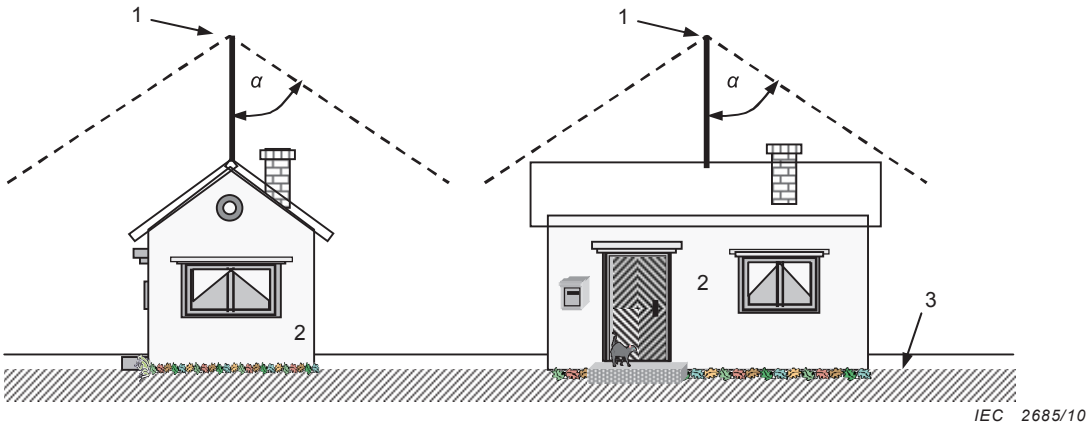


Figure E.15a – Example using one air-termination rod

Рисунок E.15a - Приклад з використанням одного стрижня перехоплення блискавки

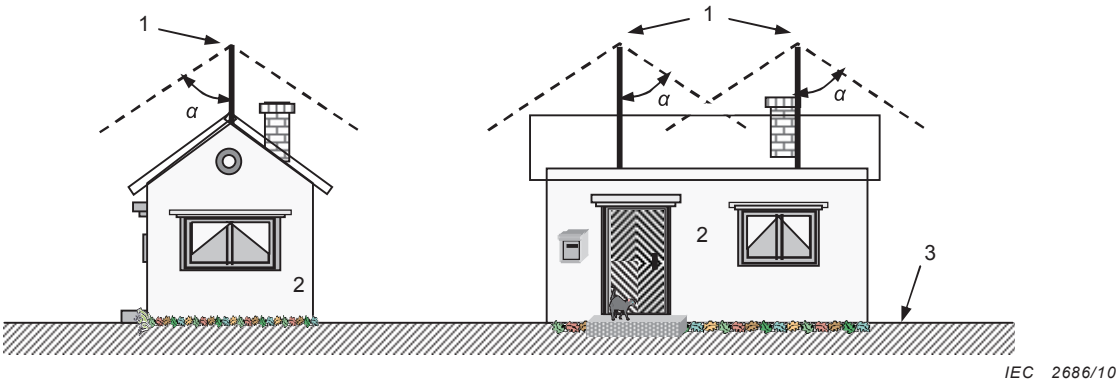


Figure E.15b – Example using two air-termination rods

Рисунок E.15b - Приклад з використанням двох стрижнів перехоплення блискавки

Умовні позначення

1 стрижень перехоплення блискавки

2 споруда, що захищається

3 прийнята опорна площина

α захисний кут відповідно до Таблиці 2

ПРИМІТКА Уся споруда має знаходитись всередині об’єму, що захищається стрижнями перехоплювачів

Key

1 air-termination rod

2 protected structure

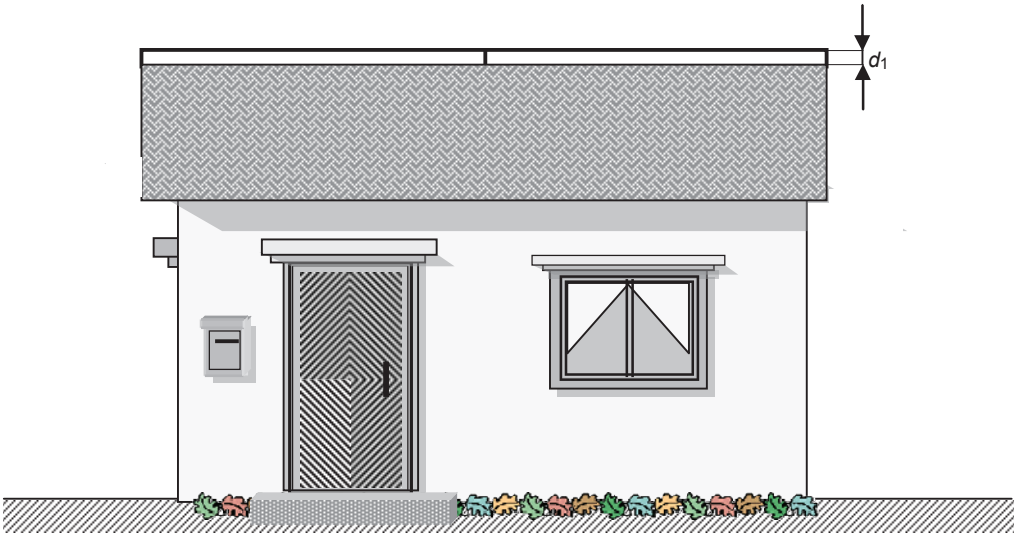
3 assumed reference plane

α protection angle complying with Table 2

NOTE The whole structure should be inside the protected volumes of the air-termination rods.

Figure E.15 – Example of design of an air-termination of a non-isolated LPS by air-termination rods

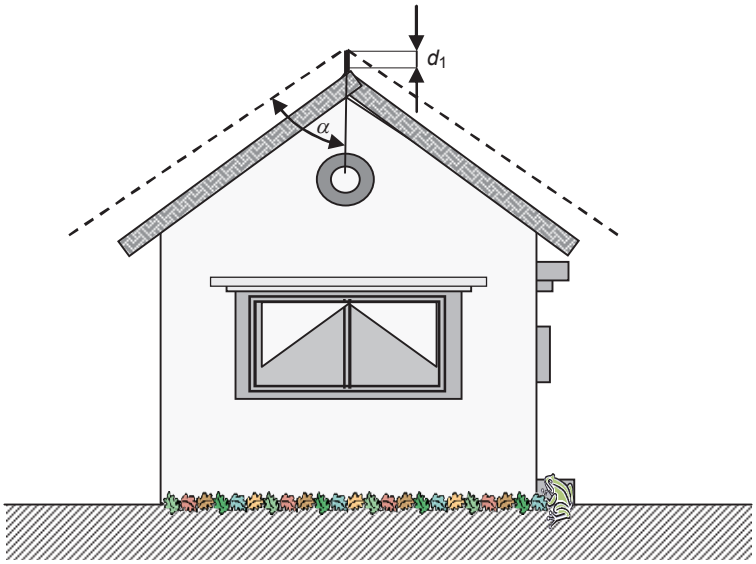
Рисунок E.15 - Приклад конструкції системи перехоплення блискавки неізольованої LPS стрижнями перехоплення блискавки



IEC 2687/10

Figure E.16a – Projection on a vertical plane containing the conductor

Рисунок E.16a - Проекція на вертикальну площину, на якій знаходиться провідник



IEC 2688/10

Figure E.16b – Projection on the vertical plane perpendicular to the plane containing the conductor

Рисунок E.16b - Проекція на вертикальну площину, перпендикулярну до площини, на якій знаходиться провідник

Умовні позначення

α захисний кут відповідно до Таблиці 2

d_1 відстань між горизонтальним тросом та покрівлею

ПРИМІТКА Уся споруда має знаходитись всередині захищеного об’єму.

Key

α protection angle complying with Table 2

d_1 distance of horizontal wire from the roof

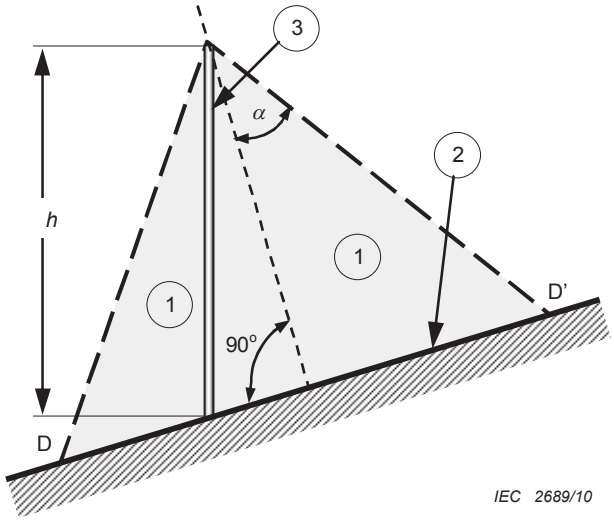
NOTE The whole structure should be inside the protected volume.

Figure E.16 – Example of design of an air-termination of a non isolated LPS by a horizontal wire according to the protection angle air-termination design method

Рисунок E.16 - Приклад конструкції системи перехоплення неізольованої LPS з горизонтальним тросом за проектування системи перехоплення 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 конусу, яка співпадає з вершечком стрижня перехоплювача (див. Рис. E.17).

If the surface on which the air-termination system is placed is inclined, the axis of the cone which forms the protected zone is not necessarily the air-termination rod, but is instead the perpendicular to the surface on which the air-termination rod is placed; with the top of the cone being equal to the top of the air-termination rod (see Figure E.17).



Умовні позначення		**Key**	
1	захищений об’єм	1	protected volume
2	опорна площина	2	reference plane
3	стрижень перехоплення блискавки	3	air-termination rod
h	відповідні висоти перехоплення блискавки відповідно до Таблиці 2	*h*	relevant heights of air-termination according to Table 2
α	захисний кут	*α*	protection angle
D, D’	межа захищеної зони	*D, D’*	limit of the protected area

Figure E.17 – Protected volume of an air- termination rod on a sloped surface using the protection angle design method

Рисунок E.17 – Захищений об'єм стрижня перехоплювача на похилій поверхні з використанням методу захисного кута

E.5.2.2.2 Метод сфери, що котиться

Метод сфери, що котиться, належить використовувати для визначення захищеного простору частин і зон будівлі (споруди), коли Таблиця 2 виключає використання методу захисного кута.

Застосовуючи цей метод, розставлення системи перехоплювачів вважається достатнім, якщо жодна точка захищеного об’єму не контактує зі сферою радіусом, *r*, що котиться по землі, навколо і поверх будівлі (споруди) в усіх можливих напрямках. Таким чином, сфера має торкатися лише ґрунту та/або системи перехоплювачів.

E.5.2.2.2 Rolling sphere method

The rolling sphere method should be used to identify the protected space of parts and areas of a structure when Table 2 excludes the use of the protection angle method.

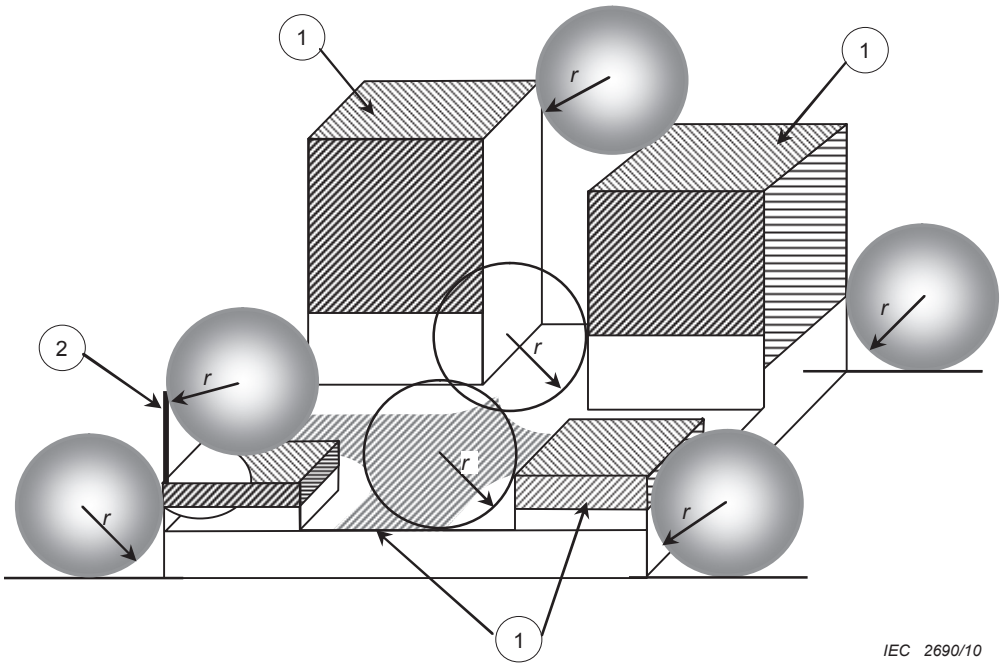
Applying this method, the positioning of an air-termination system is adequate if no point of the volume to be protected is in contact with a sphere of radius, *r*, rolling on the ground, around and on top of the structure in all possible directions. Therefore, the sphere should touch only the ground and/or the air-termination system.

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) $r = 10 \times I^{0,65}$, де *I* визначається у кА.

На Рисунку Е.18 показано застосування методу сфери, що котиться, до різних будівель (споруд). Сфера радіусом *r* котиться навколо і над усією будівлею (спорудою), доки вона не досягне площини ґрунту або будь-якої сталої будівлі (споруди) або об'єкту, що контактує з площиною ґрунту, яка здатна діяти як провідник блискавки. Точка удару може виникати у місцях, де сфера, що котиться, торкається будівлі (споруди) і у таких точках є необхідним захист за допомогою провідника перехоплення блискавки.

The radius *r* of the rolling sphere depends on the class of LPS (see Table 2). The radius of the rolling sphere is correlated with the peak value of the current in the lightning that strikes the structure: $r = 10 \times I^{0,65}$ where *I* is defined as kA.

Figure E.18 shows the application of the rolling sphere method to different structures. The sphere of radius *r* is rolled around and over all the structure until it meets the ground plane or any permanent structure or object in contact with the ground plane which is capable of acting as a conductor of lightning. A striking point could occur where the rolling sphere touches the structure and at such points protection by an air-termination conductor is required.



Умовні позначення

1	заштриховані зони піддаються перехопленню блискавки і потребують захисту відповідно до Таблиці 2
2	щогла на будівлі (споруді)
r	радіус сфери, що котиться, відповідно до Таблиці 2

ПРИМІТКА Захист від бокових ударів вимагається відповідно до 5.2.3 та А.2.

Key

1	shaded areas are exposed to lightning interception and need protection according Table 2
2	mast on the structure
r	radius of rolling sphere according to Table 2

NOTE Protection against side flashes is required according to 5.2.3 and A.2.

Figure E.18 – Design of an LPS air-termination conductor network on a structure with complicated shape

Рисунок Е.18 - Проектування мережі провідників перехоплення блискавки на будівлі (споруді) складної форми

Якщо метод сфери, що котиться, застосовується до креслень будівлі (споруди), таку будівлю (споруду) належить розглянути з усіх боків, аби переконатися, що жодна частина не виступає у незахищену зону – точку, яка може бути пропущена, якщо на кресленнях беруться до уваги лише проекції спереду, збоку і згори.

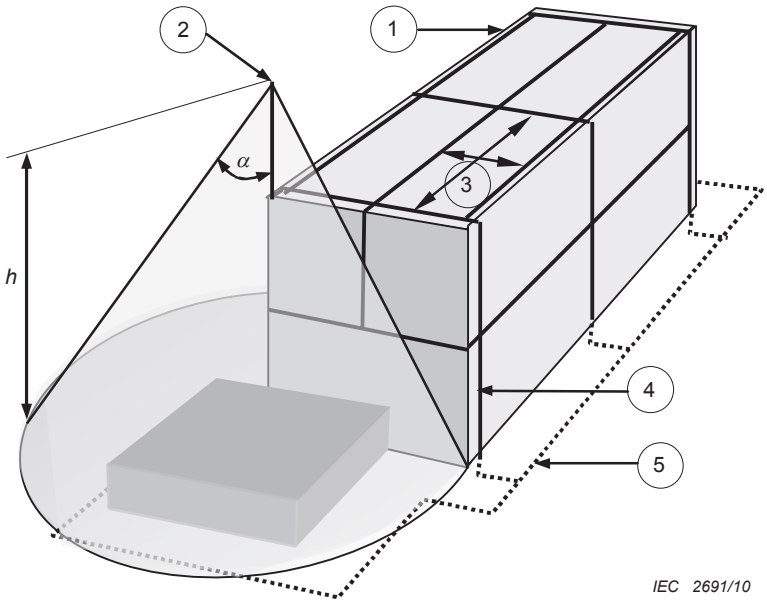
Захищений простір, утворений провідником LPS – це об'єм, у який не проникає сфера, що котиться, коли вона контактує з провідником і торкається будівлі (споруди).

На Рисунку E.19 показано захист, який забезпечується системою перехоплення блискавки LPS згідно з методом сітки, методом сфери, що котиться, та методом захисного кута із узагальненим розміщенням елементів перехоплення блискавки.

When the rolling sphere method is applied to drawings of the structure, the structure should be considered from all directions to ensure that no part protrudes into an unprotected zone – a point which might be overlooked if only front, side and plan views on drawings are considered.

The protected space generated by an LPS conductor is the volume not penetrated by the rolling sphere when it is in contact with the conductor and applied to the structure.

Figure E.19 shows the protection afforded by an LPS air-termination system according to the mesh method, rolling sphere method and protection angle method with a general arrangement of air-termination elements.



Умовні позначення		**Key**	
1	провідник перехоплення блискавки	1	air-termination conductor
2	стрижень перехоплення блискавки	2	air-termination rod
3	розмір комірки сітки	3	mesh size
4	доземний провідник	4	down-conductor
5	система уземлення з кільцевим провідником	5	earthing system with ring conductor
h	висота перехоплювача над рівнем ґрунту	*h*	height of the air-terminal above ground level
α	захисний кут	*α*	protection angle

Figure E.19 – Design of an LPS air-termination according to the protection angle method, mesh method and general arrangement of air-termination elements

Рисунок E.19 - Проектування LPS з використанням методу захисного кута, методу сітки та узагальнене розміщення елементів системи перехоплення блискавки

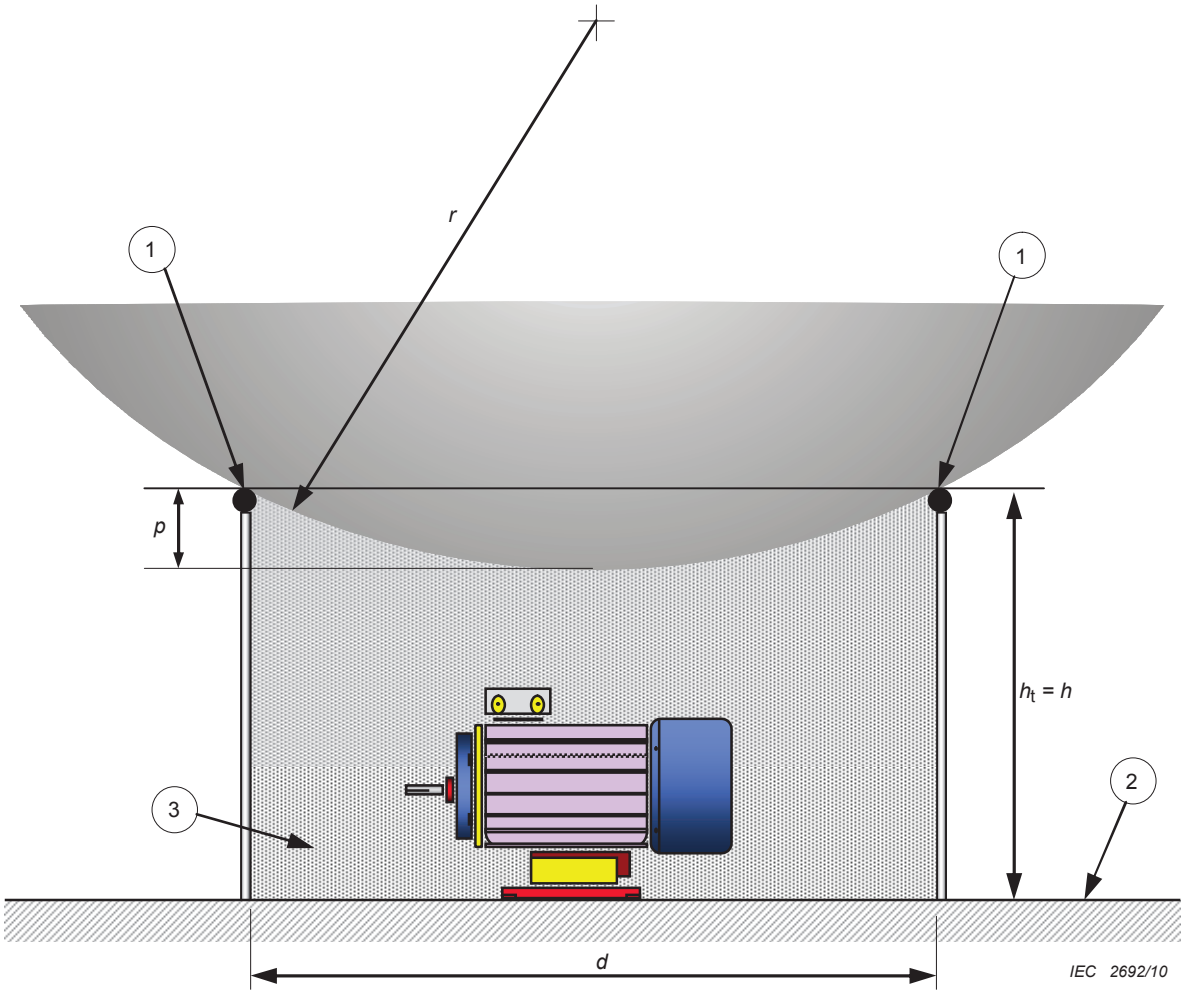
У випадку двох паралельних горизонтальних провідників системи перехоплення LPS, розташованих над горизонтальною опорною площиною на Рисунку E.20, глибину проникнення *p* сфери, що котиться, нижче рівня провідників у просторі між провідниками може бути обчислено за формулою:

In the case of two parallel horizontal LPS air-termination conductors placed above the horizontal reference plane in Figure E.20, the penetration distance *p* of the rolling sphere below the level of the conductors in the space between the conductors may be calculated:

$$p = r - [r^2 - (d / 2)^2]^{1/2} \qquad \text{(E.2)}$$

Глибина проникнення *p* має бути меншою ніж h_t мінус висота об'єктів, що захищаються (двигун на Рисунку E.20).

The penetration distance *p* should be less than h_t minus the height of objects to be protected (the motor in Figure E.20).



Умовні позначення

1	горизонтальні троси
2	опорна площина
3	простір, що захищається двома паралельними горизонтальними тросами або 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 або двома стрижнями системи перехоплення блискавки

ПРИМІТКА Глибина проникнення p сфери, що котиться має бути меншою, ніж висота h_t мінус найбільша висота об'єктів, які підлягають захисту, для захисту об'єктів у просторі між перехоплювачами.

Key

1	horizontal wires
2	reference plane
3	space protected by two parallel air-termination horizontal wires or two air-termination rods
h_t	physical height of the air-termination rods above the reference plane
p	penetration distance of the rolling sphere
h	height of the air-termination according to Table 2
r	radius of the rolling sphere
d	distance separating two parallel air-terminal horizontal wires or two air-terminal rods

NOTE The penetration distance p of the rolling sphere should be less than h_t minus the largest height of objectsto be protected, in order to protect objects in the space between the terminations.

Figure E.20 – Space protected by two parallel air-termination horizontal wires or two air-termination rods ($r > h_t$)

Рисунок E.20 - Простір, що захищається двома паралельними горизонтальними тросами або двома стрижнями системи перехоплення блискавки ($r > h_t$)

Приклад, показаний на рисунку E.20, також є дійсним для трьох або чотирьох стрижнів системи перехоплення блискавки; приміром, чотирьох вертикальних стрижнів, встановлених у кутах квадрата з прикладною висотою *h*. У цьому випадку *d* на рисунку E.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 у кожну точку будівлі (споруди).

Метод сітки

Для цілей захисту плоских поверхонь, вважається, що сітка захищає всю поверхню, за виконання таких умов.

a) Як вже згадувалося у Додатку A, 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);

b) Розміри сітки мережі системи перехоплення блискавки не перевищують величин, поданих у Таблиці 2;

c) Мережу системи перехоплення блискавки побудовано таким чином, 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 Більше число доземних провідників призводить до зменшення роздільної відстані та зменшує електромагнетне поле всередині будівлі (споруди) (див. 5.3).

d) Провідники системи перехоплення блискавки проходять, по можливості, найкоротшими і прямими шляхами.

Приклади неізольованих LPS, спроектованих за методом сітки перехоплення блискавки, показано на Рисунку E.21a для будівлі (споруди) з плоскою покрівлею та на рисунку E.21b для будівлі (споруди) з похилою покрівлею. На Рисунку E.21c показано приклад LPS на промисловій будівлі (споруді).

The example shown in Figure E.20 is also valid for three or four air-termination rods; for example, four vertical rods placed at the corners of a square with the same applied height *h*. In this case, *d* in Figure E.20 corresponds to the diagonals of the square formed by the four rods.

The points at which lightning will strike can be determined using the rolling sphere method. The rolling sphere method can also identify the probability of occurrence of a strike to each point of the building.

Mesh method

For the purpose of protecting flat surfaces, a mesh is considered to protect the whole surfaceif the following conditions are fulfilled.

a) As mentioned in Annex A, air-termination conductors are positioned on
   – roof edge lines,
   – roof overhangs,
   – roof ridge lines, if the roof slope exceeds 1/10,
   – the lateral surfaces of the structure higher than 60 m at levels higher than 80 % of the height of the structure;

b) the mesh dimensions of the air-termination network are not greater than the values given in Table 2;

c) the network of the air-termination system is accomplished in such a way that the lightning current will always encounter at least two distinct metallic routes to the earth and no metal installation protrudes outside the volume protected by air-termination systems;

   NOTE A larger number of down-conductors results in reduction of the separation distance and reduces the electromagnetic field within the building (see 5.3).

d) the air-termination conductors follow as far as possible short and direct routes.

Examples of non-isolated LPS using the air-termination mesh method design are shown in Figure E.21a for a flat-roof structure and in Figure E.21b for a sloped-roof structure. Figure E.21c shows an example of an LPS on a industrial building.

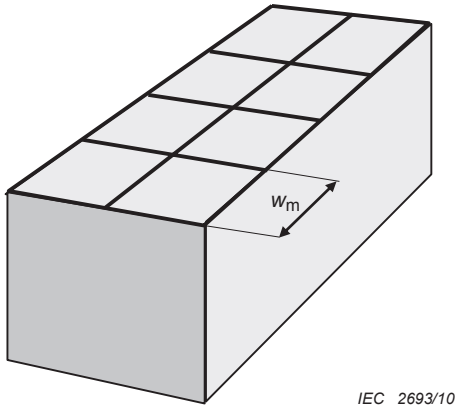
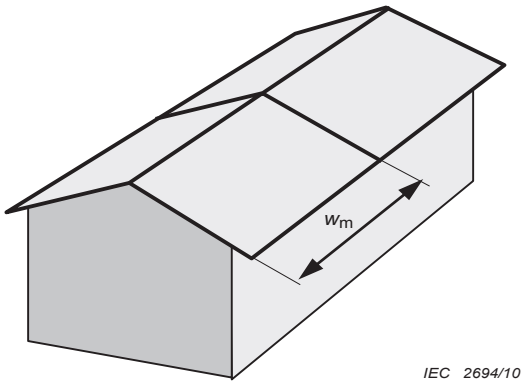


Figure E.21a – LPS air-termination on a flat-roof structure

Рисунок E.21a – Перехоплювачі LPS на будівлі (споруді) з плоскою покрівлею



Умовні позначення

w_m розмір комірки

ПРИМІТКА Розмір комірки сітки має відповідати Таблиці 2.

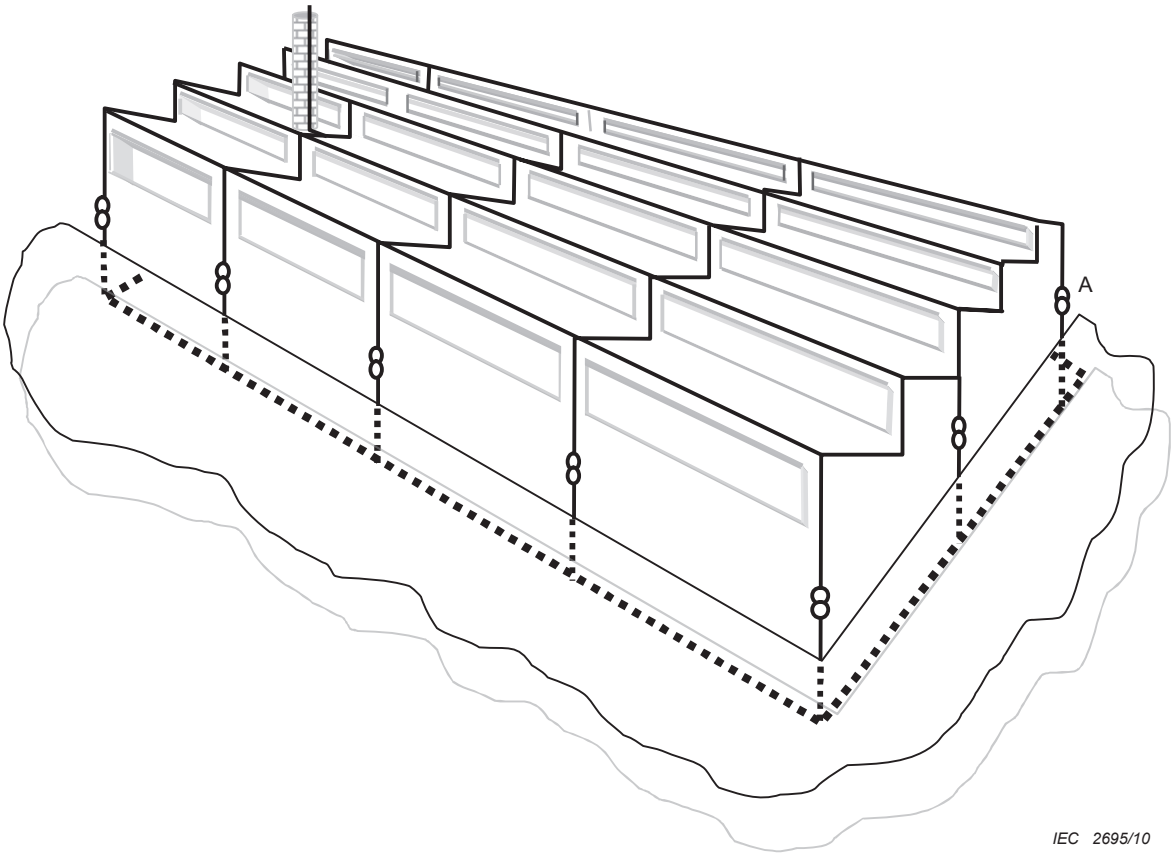
Key

w_m mesh size

NOTE The mesh size should comply with Table 2.

Figure E.21b – LPS air-termination on a sloped-roof structure

Рисунок E.21b - Перехоплювачі LPS на будівлі (споруді) з похилою покрівлею



Умовні позначення

A контрольний злучник

ПРИМІТКА Усі розміри мають відповідати обраному рівню захисту згідно з Таблицями 1 та 2.

Key

A test joint

NOTE All dimensions should comply with the selected protection level according to Tables 1 and 2.

Figure E.21c –LPS on a shed roof structure

Рисунок E.21c - LPS на будівлі (споруді) з односхилою покрівлею

Figure E.21 – Three examples of design of non-isolated LPS air-termination according to the mesh method air-termination design

Рисунок E.21 - Три приклади конструкції системи перехоплення неізольованої LPS відповідно до проектування системи перехоплення методом сітки

E.5.2.3 Система перехоплення від бічних ударів блискавки на високих будівлях (спорудах)

У будівлях (спорудах) понад 60 м заввишки верхні 20% бічної поверхні має бути оснащено перехоплювачами. Для цієї поверхні, що підлягає захисту, захист тієї частини, яка розташована нижче 60 м, можна не виконувати.

ПРИМІТКА 1 Для будівель (споруд) від 60 до 75 м заввишки, зона, що підлягає захисту, не простягається нижче 60 м.

ПРИМІТКА 2 Якщо на зовнішній стіні у верхній частині будинку наявні чутливі елементи (приміром, електронне обладнання), їх має бути захищено спеціальними засобами для перехоплення блискавки, такими як горизонтальні наконечники, сіткові провідники або рівнозначне.

E.5.2.3 Air-terminations against flashes to the side on tall structures

In structures higher than 60 m, the topmost 20% of lateral surfaces should be equipped with air terminals. For the part of this surface to be protected which is below 60 m the protectioncan be omitted.

NOTE 1 For structures between 60 m and 75 m in height, the area protected need not extend below 60 m.

NOTE 2 If sensitive parts (e.g. electronic equipment) are present on the outside of the wall in the upper part of the building, they should be protected by special air-termination measures, such as horizontal finials, mesh conductors or equivalent.

E.5.2.4 Конструкція

E.5.2.4.1 Загальні положення

Максимальну допустиму температуру для провідника не буде перевищено, якщо поперечний переріз провідника відповідає даним, наведеним у Таблиці 6.

Покрівлі або стіни, виготовлені з займистих матеріалів, має бути захищено від небезпечного впливу струму блискавки, що нагріває провідники LPS, шляхом застосування одного або більше з таких заходів:

- зниження температури провідників шляхом збільшення поперечного перерізу;
- збільшення відстані між провідниками і покриттям покрівлі (див. також 5.2.4);
- встановлення теплозахисного шару між провідниками та займистим матеріалом.

ПРИМІТКА Дослідження показують, що є корисним, аби стрижні перехоплювачів мали тупий вершечок.

E.5.2.4.2 Неізольована система перехоплювачів

Провідники перехоплювачів та доземні провідники має бути об'єднано провідниками на позначці покрівлі для забезпечення достатнього розтікання струму доземними провідниками.

Провідники на покрівлях та з'єднання стрижнів перехоплення блискавки можуть прикріплюватись до покрівлі за допомогою як струмопровідних, так і не струмопровідних розпірок та затискачів. Провідники може також бути розміщено на поверхні стіни, якщо стіна виготовлена з незаймистого матеріалу.

Рекомендовані центри фіксації для цих провідників представлено у Таблиці E.1.

E.5.2.4 Construction

E.5.2.4.1 General information

The maximum permissible temperature for a conductor will not be exceeded if the cross section of the conductor conforms to Table 6.

A roof or wall constructed from combustible material should be protected from the dangerous effect of lightning current heating the LPS conductors by using one or more of the following measures:

– reducing the temperature of the conductors by increasing the cross-section;
– increasing the distance between the conductors and the roof covering (see also 5.2.4);
– inserting a heat-protective layer between the conductors and the flammable material.

NOTE Research has shown that it is advantageous for air-termination rods to have a blunt tip.

E.5.2.4.2 Non-isolated air-termination

Air-termination conductors and down-conductors should be interconnected by means of conductors at the roof level to provide sufficient current distribution over the down-conductors.

Conductors on roofs and the connections of air-termination rods may be fixed to the roof using both conductive or non-conductive spacers and fixtures. The conductors may also be positioned on the surface of a wall if the wall is made of non-combustible material.

Recommended fixing centres for these conductors are shown in Table E.1.

Table E.1 – Suggested fixing centres

Таблиця E.1 - Рекомендовані центри фіксації

Arrangement **Розміщення**	**Fixing centres for tape, stranded and soft drawn round conductors,** mm **Центри фіксації для стрічкових, гнучких і круглих провідників дворазового волочіння,** мм	**Fixing centres for round solid conductors** , mm **Центри фіксації для круглих одножильних провідників,** мм
Horizontal conductors on horizontal surfaces Горизонтальні провідники на горизонтальних поверхнях	1 000	1 000
Horizontal conductors on vertical surfaces Горизонтальні провідники на вертикальних поверхнях	500	1 000
Vertical conductors from the ground to 20 m Вертикальні провідники від землі до 20 м	1 000	1 000
Vertical conductors from 20 m and thereafter Вертикальні провідники від 20 м і далі	500	1 000
NOTE 1 This table does not apply to built-in type fixings, which may require special considerations. ПРИМІТКА 1 Ця таблиця не застосовується до кріплень вбудованого типу, які можуть вимагати додаткового розгляду. NOTE 2 Assessment of environmental conditions (i.e. expected wind load) should be undertaken and fixing centres different from those recommended may be found to be necessary. ПРИМІТКА 2 Мають бути враховані умови довкілля (тобто очікуване вітрове обтяження) і може знадобитись використання центрів фіксації, які відрізняється від рекомендованих.		

На невеликих будинках і подібних спорудах з гребенем покрівлі, провідник покрівлі належить встановлювати на гребені. Якщо будівля (споруда) знаходиться повністю у межах захищеної зони, яка забезпечується провідником на гребені покрівлі, щонайменше два доземних провідники має бути прокладено рубами схилів покрівлі на протилежних кутах будівлі (споруди).

Ринштоки на рубах покрівлі можуть використовуватись як природні провідники за умови, що вони відповідають 5.2.5.

На Рисунках E.22a, E.22b та E.22c зображено приклад розміщення провідників на покрівлі і доземних провідників для будівлі (споруди) з похилою покрівлею.

On small houses and similar structures with a roof ridge, a roof conductor should be installed on the roof ridge. If the structure is completely within the protected area provided by the roof ridge conductor, at least two down-conductors should be routed over the gable edges at opposite corners of the structure.

The gutters at the edge of the roof may be used as natural conductors provided that they conform to 5.2.5.

Figures E.22a, E.22b and E.22c depict an example of the arrangement of the conductors on a roof and down-conductors for a sloped roof structure.

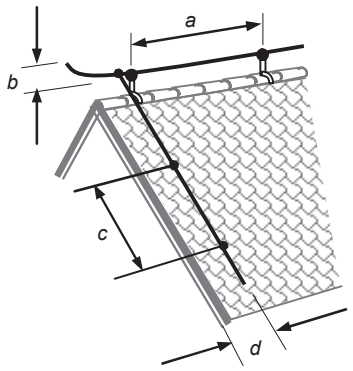


Figure E.22a – Installation of air-termination conductor on the ridge of a sloped roof and a roof down-conductor

Рисунок E.22a – Влаштування провідника перехоплення на гребені похилого покрівлі й доземного провідника покрівлі

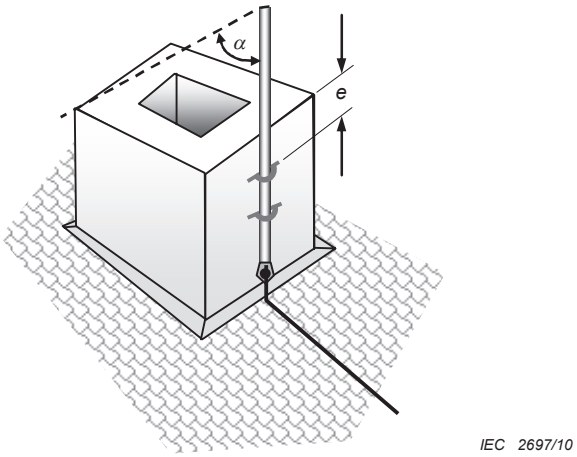


Figure E.22b – Installation of air-termination rod for protection of chimney using the protection angle air-termination design method

Рисунок E.22b – Влаштування стрижня перехоплення для захисту димаря за використання проектного методу захисного кута

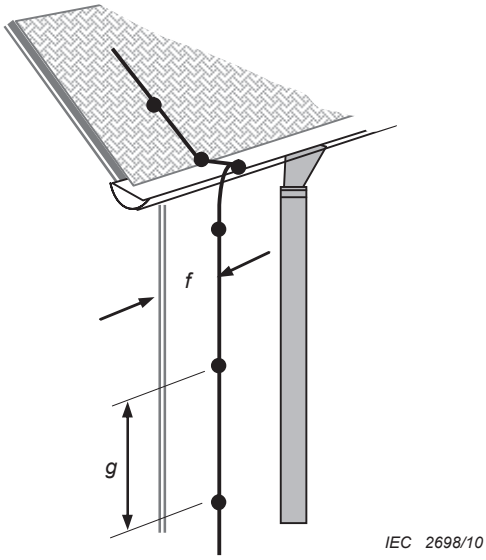


Figure E.22c – Installation of a down-conductor with connection to the gutter

Рисунок E.22c – Влаштування доземного провідника з приєднанням до ринштока

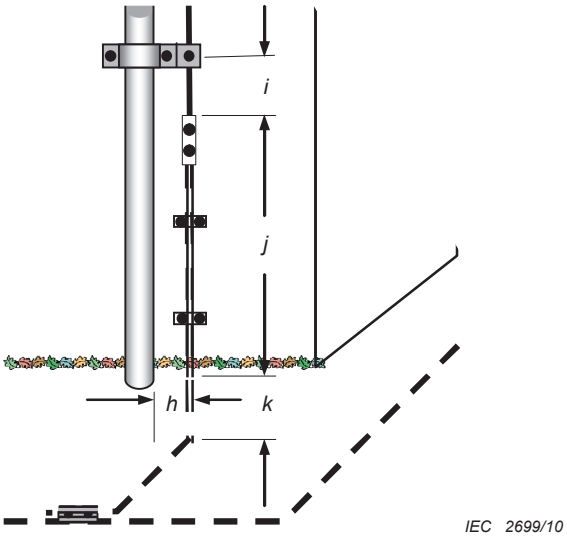


Figure E.22d – Installation of a test joint in a down-conductor and bonding to a drain-pipe

Рисунок E.22d – Влаштування перевірочного злучника у доземному провіднику та приєднання до ринви

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 згідно Таблиці 2

Examples of suitable dimensions:

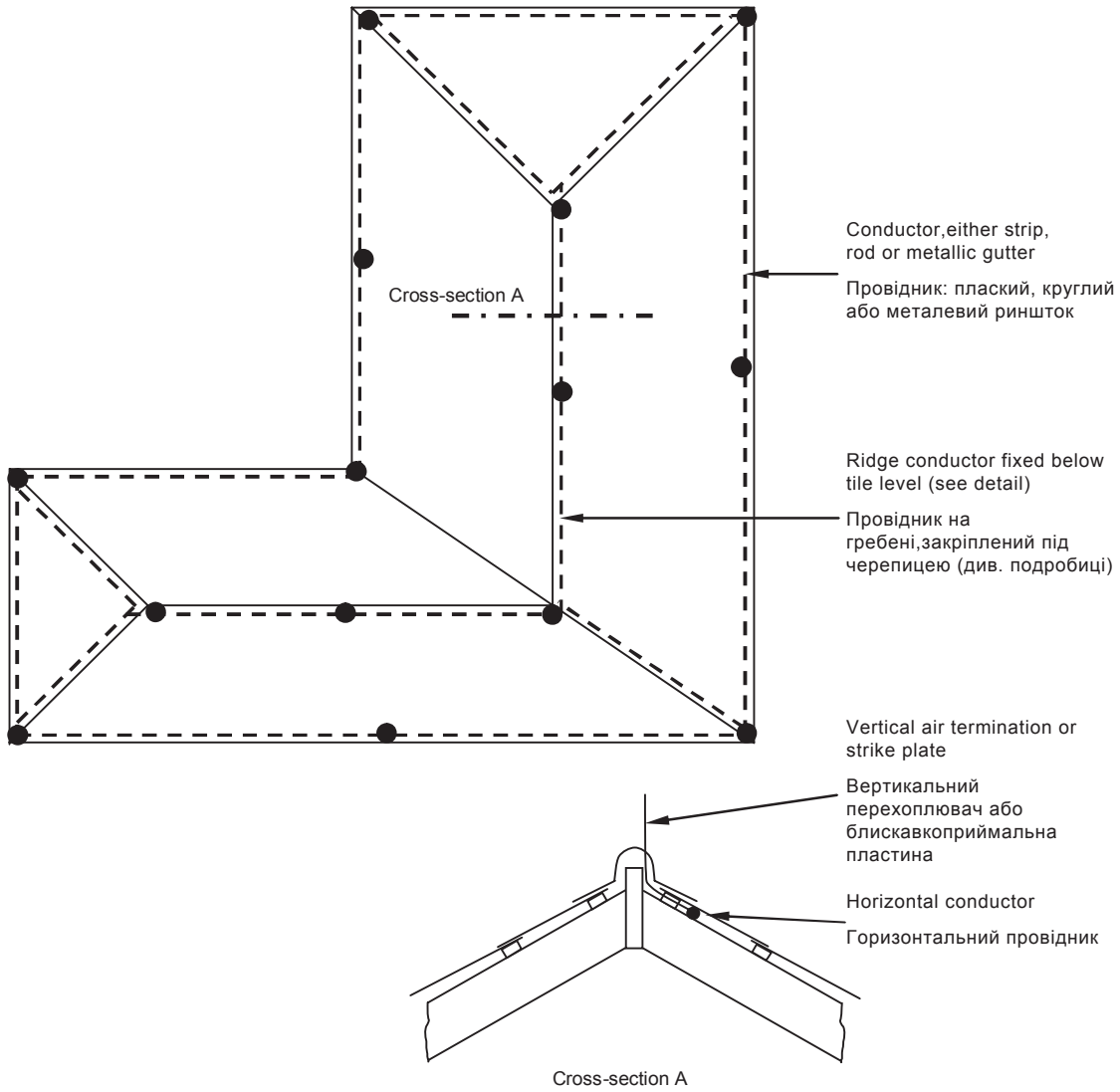
a	1 m
b	0,15 m (not mandatory)
c	1 m
d	as close to the edge as possible
e	0,2 m
f	0,3 m
g	1 m
h	0,05 m
i	0,3 m
j	1,5 m
k	0,5 m
α	protection angle according to Table 2

Figure E.22 – Four examples of details of an LPS on a structure with sloped tiled roofs

Рисунок E.22 - Чотири приклади розміщення LPS на будівлі (споруді) з похилою черепичною покрівлею

На Рисунку E.23 показано приклад LPS з прихованими провідниками.

Figure E.23 shows an example of an LPS with concealed conductors.



Умовні позначення

– – Прихований провідник

● Вертикальний перехоплювач (голий вертикальний стрижень 0,3 м заввишки) з коротким (<10 м) кроком або блискавкоприймальна пластина з кроком <5 м

Key

– – Concealed conductor

● Vertical air termination (0,3 m high bare vertical rod) at short (<10 m) intervals or strike plates at <5m intervals

Figure E.23 – Air-termination and visually concealed conductors for buildings less than 20 m high, with sloping roofs

Рисунок E.23 - Блискавкоприймачі та візуально приховані провідники для будівель заввишки до 20 м, з похилою покрівлею

У випадку довгих будівель (споруд), додаткові провідники відповідно до Таблиці 4 має бути приєднано до провідників перехоплення, встановлених на гребені покрівлі.

На будівлях з великими причілками, провідник на гребені покрівлі має бути подовжений до іверу гребеня. На краю фронтону покрівлі належить приєднати

In the case of long structures, additional conductors in accordance with Table 4 should be connected to the air-termination conductors mounted on the roof ridge.

On buildings with large roof overhangs, the roof-ridge conductor should be extended to the end of the ridge. On the gable edge of the roof a conductor should be connected from the

провідник від провідника на гребені покрівлі до доземного провідника.

Наскільки це практично можливо, провідники перехоплювачів, сполучні провідники та доземні провідники належить прокладати прямими шляхами. На не струмопровідних покрівлях, провідник може бути розміщений або під, або, бажано, над черепицею. Незважаючи на те, що встановлення провідника під черепицею має переваги у вигляді спрощення і меншого ризику корозії, буде краще, якщо існують придатні методи кріплення, встановлення його уздовж поверхні черепиці (тобто зовні), таким чином зменшуються ризик пошкодження черепиці коли провідник зазнає прямого удару блискавки. Встановлення провідника над черепицею також спрощує його перевірку. Рекомендується, що провідники, які розміщені під черепицею, були оснащені короткими вертикальними наконечниками, які виступають над рівнем покрівлі і які розміщено не далі, ніж 10 м один від одного. Також може бути застосовано відповідні висунені металеві пластини (див. Рис. E.23) за умови, що їх розміщено не далі, ніж 5 м одну від одної.

На будівлях (спорудах) з плоскою покрівлею провідники на периметрі має бути встановлено якомога ближче до зовнішніх рубів покрівлі.

Якщо поверхня покрівлі перевищує розміри сітки, передбачені Таблицею 2, належить встановити додаткові провідники перехоплення.

Рисунки E.22a, E.22b та E.22c показують приклади особливостей конструкції кріплень для провідників перехоплення на похилій покрівлі будівлі (споруди). Рисунок E.24 подає приклад особливостей конструкції кріплень на пласкій покрівлі.

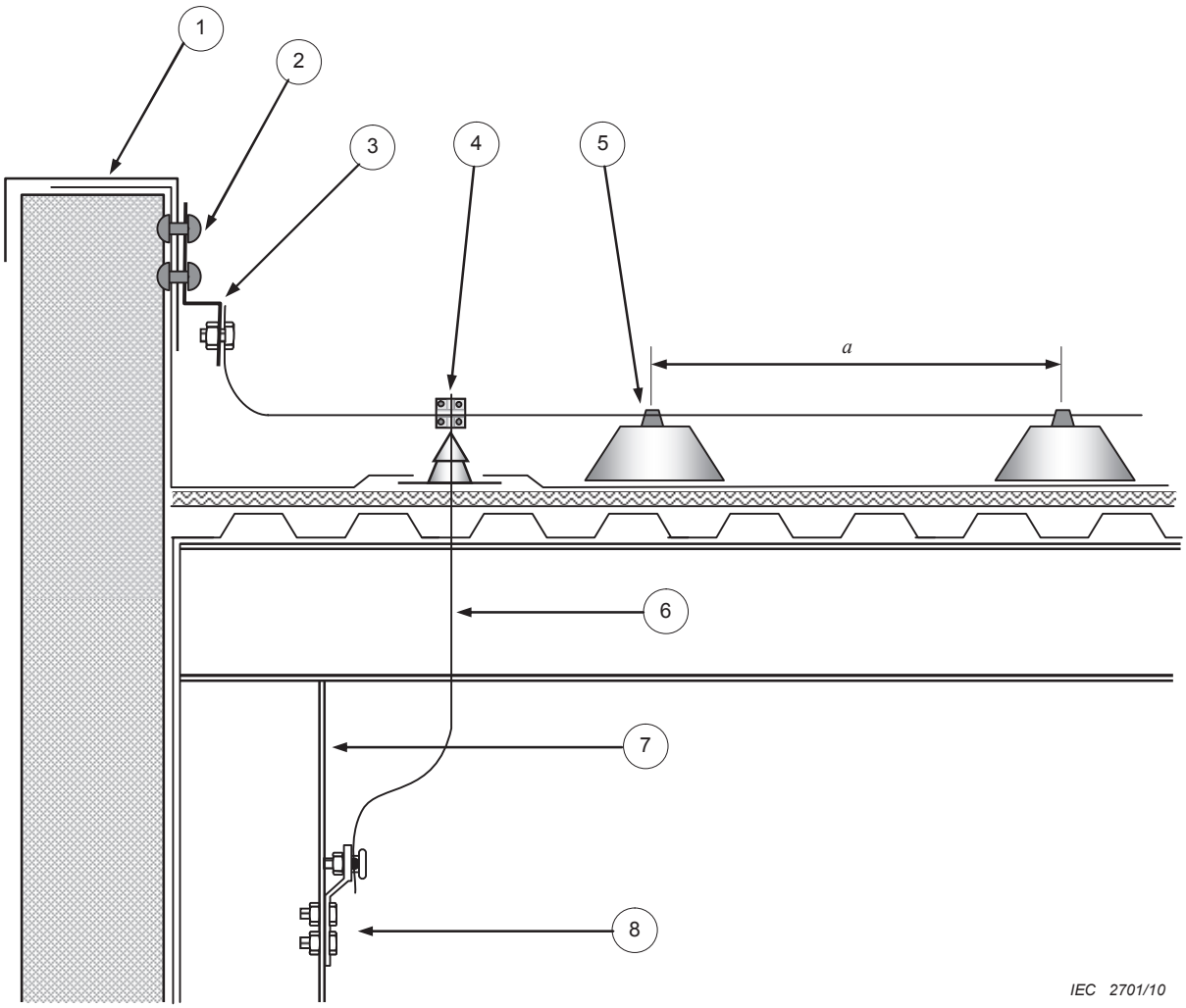
roof-ridge conductor to the down-conductor.

As far as is practicable, air-termination conductors, connecting conductors and down-conductors should be installed in a straight route. On non-conducting roofs, the conductor may be placed either under, or preferably over, the roof tiles. Although mounting it under the tiles has the advantage of simplicity and less risk of corrosion, it is better, where adequate fixing methods are available, to install it along the top of the tiles (i.e. externally) so reducing the risk of damage to the tiles should the conductor receive a direct flash. Installing the conductor above the tiles also simplifies inspection. Conductors placed below the tiles should preferably be provided with short vertical finials which protrude above roof level and are spaced not more than 10 m apart. Appropriate exposed metal plates may also be used (see Figure E.23) provided they are spaced not more than 5 m apart.

On structures with flat roofs, the perimeter conductors should be installed as close to the outer edges of the roof as practicable.

When the roof surface exceeds the mesh size stipulated in Table 2, additional air-termination conductors should be installed.

Figures E.22a, E.22b and E.22c show examples of the construction details of fixtures for air-termination conductors on the sloped roof of a structure. Figure E.24 provides an example of construction details for fixtures on a flat roof.



Умовні позначення

α	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 водонепроникним утулком
7	сталева балка
8	злучник

ПРИМІТКА Металеве покриття парапету покрівлі використовується як провідник перехоплення і є підключеним до сталевої балки, яка використовується як природний доземний провідник LPS.

Key

α	500 mm to 1 000 mm, see Table E.1
1	roof parapet
2	joint
3	flexible conductor
4	T-joints
5	air-termination conductor fixture
6	LPS passing through a watertight bushing
7	steel girder
8	joint

NOTE Metallic covering on the roof parapet is used as an air-termination conductor and is connected to the steel girder used as a natural down-conductor of the LPS.

Figure E.24 – Construction of an LPS using natural components on the roof of the structure

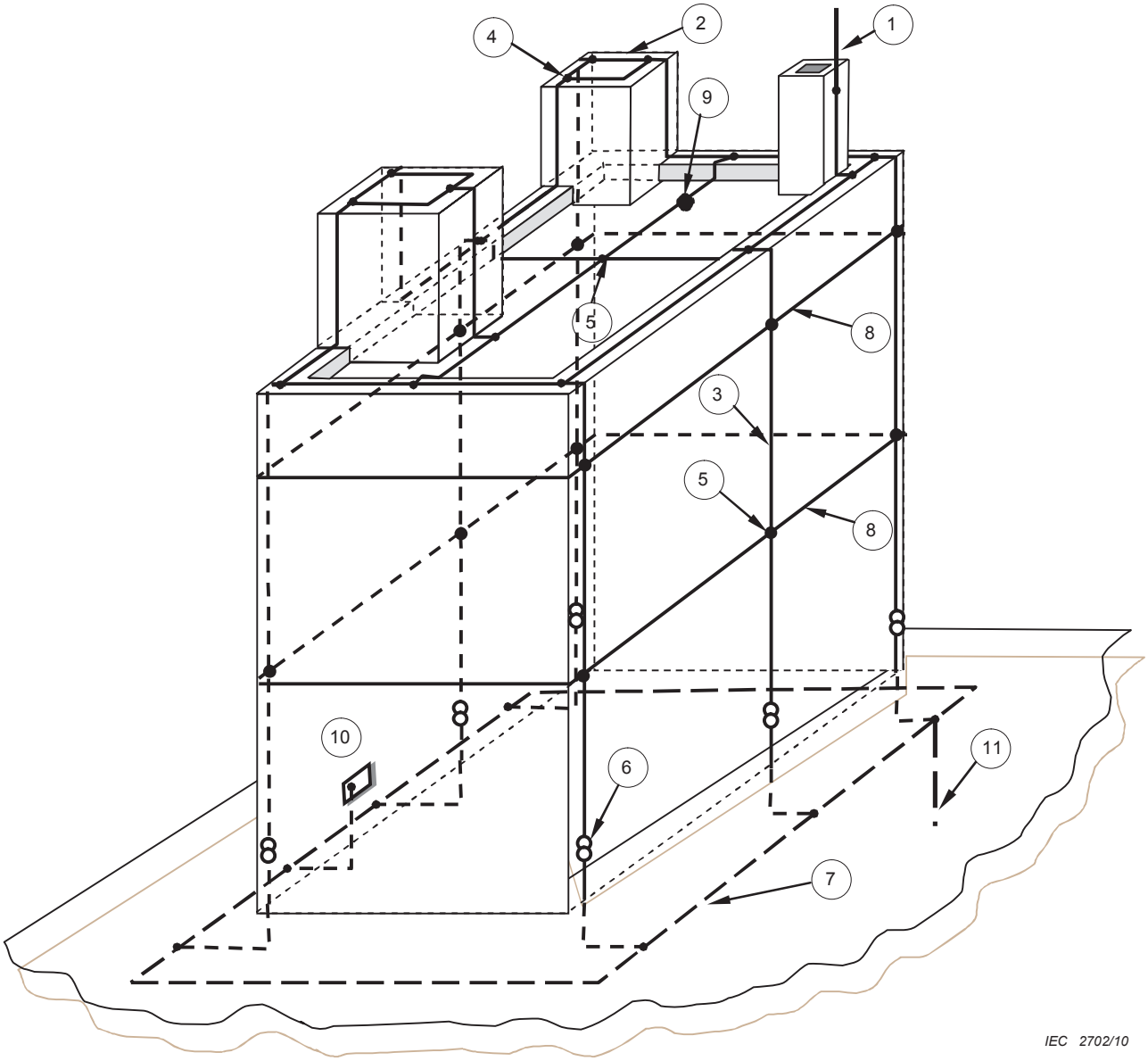
Рисунок Е.24 - Конструкція LPS з використанням природних компонентів на покрівлі будівлі (споруди)

Рисунок Е.25 показує розміщення зовнішньої LPS на будівлі (споруді) з плоскою покрівлею з ізоляційного матеріалу, приміром, дерева або цегли. Кріплення на покрівлі знаходяться у межах захищеного простору. На високих будівлях (спорудах) кільце, приєднане до усіх доземних провідників, встановлюється на фасаді.

Figure E.25 shows the positioning of the external LPS on a structure with a flat roof made of isolating material such as wood or bricks. The roof fixtures are within the space to be protected. On high structures, a ring connected to all down-conductors is installed on the facade. The distances between these ring conductors should comply with 5.3.1. Ring

Відстані між цими кільцевими провідниками мають відповідати 5.3.1. Кільцеві провідники нижче рівня радіусу сфери, що котиться, є необхідні як сполучні провідники.

conductors below the level of the rolling sphere radius are needed as equipotentialization conductors.



Умовні позначення

1	стрижень перехоплювача
2	горизонтальний провідник перехоплення
3	доземний провідник
4	Т- злучник
5	хрестоподібний злучник
6	КОНТРОЛЬНИЙ 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 підключення сполучної шини внутрішньої LPS
11	вертикальний уземлювальний електрод

ПРИМІТКА Застосовується кільце системи еквіпотенційних сполучень. Відстань між доземними провідниками відповідає вимогам Таблиці 4.

Key

1	air-termination rod
2	horizontal air-termination conductor
3	down-conductor
4	T-type joint
5	cross-type joint
6	TEST joint
7	B-type earthing arrangement, ring earth electrode
8	equipotentialization ring conductor
9	flat roof with roof fixture
10	terminal for connecting the equipotentialization bar of the internal LPS
11	vertical earth rod

NOTE An equipotentialization ring is applied. The distance between the down-conductors complies with the requirements in Table 4.

Figure E.25 – Positioning of the external LPS on a structure made of isolating material e.g. wood or bricks with a height up to 60 m with flat roof and with roof fixtures

Рисунок E.25 - Розміщення зовнішньої LPS на споруді з ізоляційного матеріалу, приміром, дерева або цегли, до 60 м заввишки з плоскою покрівлею і з покрівельними затискачами

Провідники та стрижні LPS має бути механічно закріплено таким чином, аби вони були здатні витримати обтяження, пов'язані з вітром або погодними чинниками та роботами, які проводяться на поверхні покрівлі.

LPS conductors and rods should be mechanically secured so that they are capable of withstanding stress due to wind or weather and work carried out on the roof surface.

Бляха, якою, для механічного захисту, накриваються парапети зовнішніх стін, може використовуватись як природний компонент системи перехоплення згідно з 5.2.5, за відсутності ризику займання від розтопленого металу. Ймовірність займання залежить від типу матеріалу під металевим покриттям. Займистість використовуваного матеріалу має бути підтверджена підрядником.

Metal covering provided for mechanical protection of outer walls parapet capping may be used as a natural component of the air-termination, according to 5.2.5, if there is no risk of fire ignition by melting metal. The combustibility depends on the type of material under the metal cladding. The combustibility of the material employed should be confirmed by the contractor.

Гідроізоляцію на металевих покрівлях, а також на покрівлях з інших матеріалів, може бути пробито ударом блискавки. У такому випадку вода може проникати і просочуватися через покрівлю у точці, віддаленій від місця удару блискавки. Для усунення такої ймовірності належить встановити систему перехоплювачів.

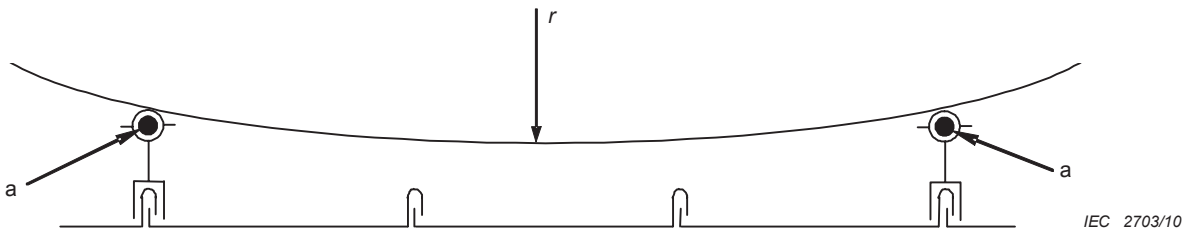
The roof sealing arrangement on metallic roofs, as with other types of roof, can be perforated by a lightning flash. In such a case, water can penetrate and leak through the roof at a point far from the striking point. If this possibility is to be avoided, an air-termination system should be installed.

Світлові бані та клапани відведення диму і тепла, зазвичай, є закритими. Конструкція для захисту таких клапанів має обговорюватись з покупцем/власником будівлі (споруди) для вирішення того, чи захист має застосовуватись для клапанів у відкритому, закритому або в усіх проміжних положеннях.

Light cupolas and smoke and heat outlet flaps are normally closed. The design for the protection of such flaps should be discussed with the purchaser/owner of the building to decide whether protection should be applicable for the flaps in the open, closed and all intermediate positions.

Покрівельні покриття зі струмопровідної бляхи, яка не відповідає 5.2.5, можуть використовуватись 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. Рис. E.20 та Рис. E.26).

Roof coverings of conductive sheet which do not conform to 5.2.5 may be used as air-terminations where melting at the striking point of lightning can be accepted. If this is not acceptable, the conductive roof sheeting should be protected by an air-termination system of sufficient height (see Figure E.20 and Figure E.26).



Умовні позначення

r радіус сфери, що котиться, Таблиця 2

a провідники перехоплювачів

ПРИМІТКА Сфера, що котиться, не має торкатися будь-якої частини металевої покрівлі, зі стоячими фалецями включно.

Key

r radius of the rolling sphere, Table 2

a air-termination conductors

NOTE The rolling sphere should not touch any part of the metallic roof including the standing seams.

Figure E.26 – Construction of air-termination network on a roof with conductive covering where puncturing of the covering is not acceptable

Рисунок E.26 - Конструкція мережі перехоплення на покрівлі зі струмопровідним покриттям, де проколювання покриття є неприйнятним

Дозволяються як не струмопровідні, так і струмопровідні опори.

За використання струмопровідних опор, з'єднання з бляхою покрівлі має витримувати частковий струм блискавки (див. Рис. E.26).

На Рисунку E.24 показано приклад природного перехоплювача з використанням парапету покрівлі, як провідника перехоплювача на рубі ділянки покрівлі.

Приховані та виступні елементи на поверхні покрівлі має бути захищено стрижнями перехоплювачів. Або сторонні металеві частини належить приєднати до LPS, доки вони відповідають 5.2.5.

Non-conductive as well as conductive supports are allowed.

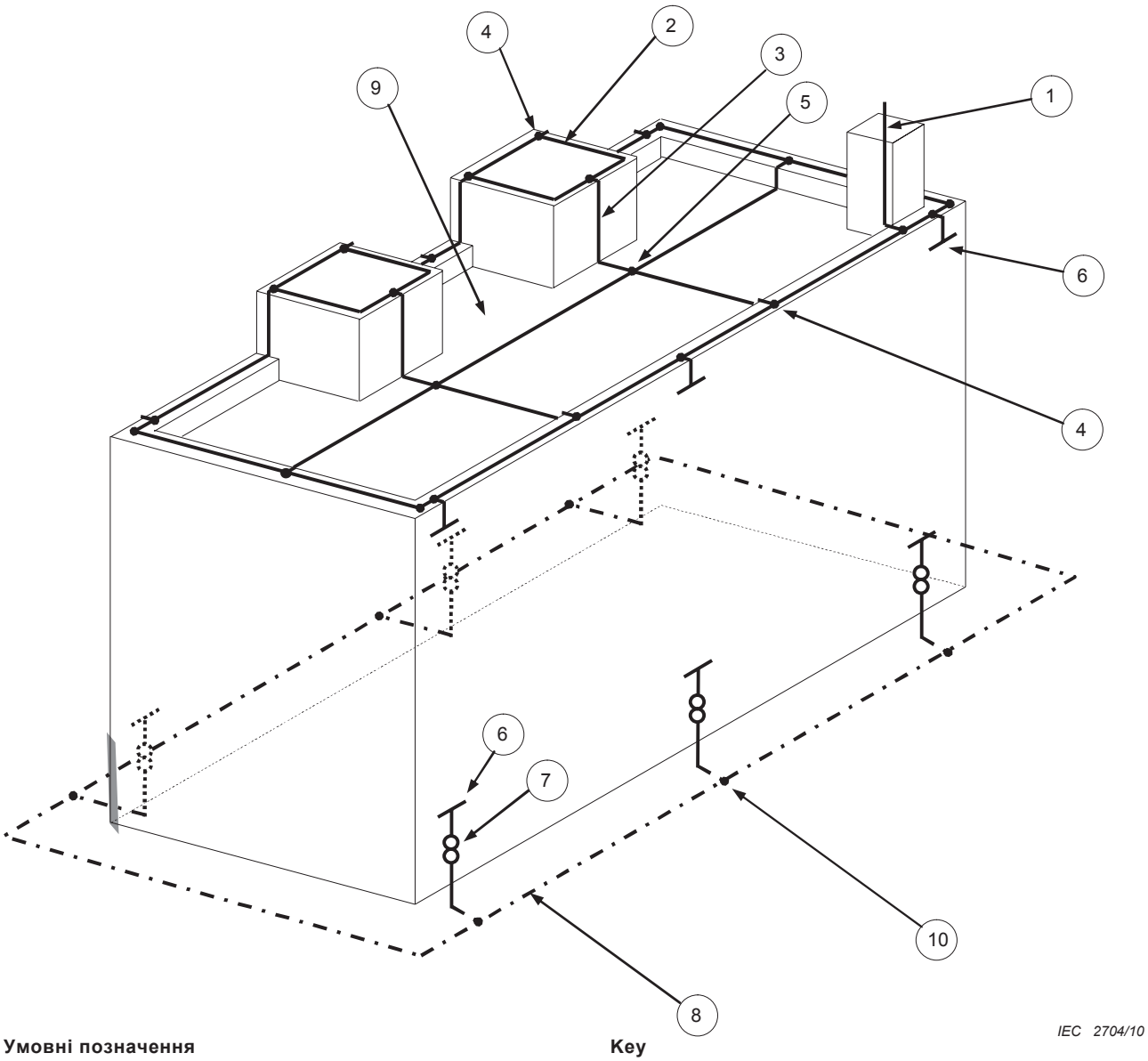
When conductive supports are used, the connection to the roof-sheet should withstand partial lightning current (see Figure E.26).

Figure E.24 shows an example of natural air-termination using a roof parapet as the air-termination conductor at the edge of the roof area.

Flush-mounted and protruding structures on the roof surface should be protected by means of air-termination rods. Alternatively, extraneous metalwork should be bonded to the LPS unless it conforms to 5.2.5.

На Рисунку E.27 показано приклад з'єднання перехоплювача з природним доземним провідником у бетоні.

Figure E.27 gives an example of the connection of the air-termination with the natural down-conductors in concrete.



Умовні позначення

1	стрижень перехоплювача
2	горизонтальний провідник перехоплювача
3	доземний провідник
4	Т-злучник
5	хрестоподібний злучник
6	приєднання до сталевих стрижнів риштунку (див. E.4.3.3 та E.4.3.6)
7	контрольний злучник
8	уземлення за схемою типу B, кільцевий уземлювальний електрод
9	плоска покрівля з покрівельними кріпленнями
10	Т-злучник – стійкий до корозії

ПРИМІТКА Сталевий риштунок будівлі (споруди) має відповідати 4.3. Усі розміри LPS мають відповідати обраному рівню захисту.

Key

1	air-termination rod
2	horizontal air-termination conductor
3	down-conductor
4	T-type joint
5	cross type joint
6	connection to steel reinforcing rods (see E.4.3.3 and E.4.3.6)
7	test joint
8	type B earthing arrangement, ring earth electrode
9	flat roof with roof fixtures
10	T-type joint – corrosion resistant

NOTE The steel reinforcement of the structure should comply with 4.3. All dimensions of the LPS should comply with the selected protection level.

Figure E.27 – Construction of external LPS on a structure of steel-reinforced concrete using the reinforcement of the outer walls as natural components

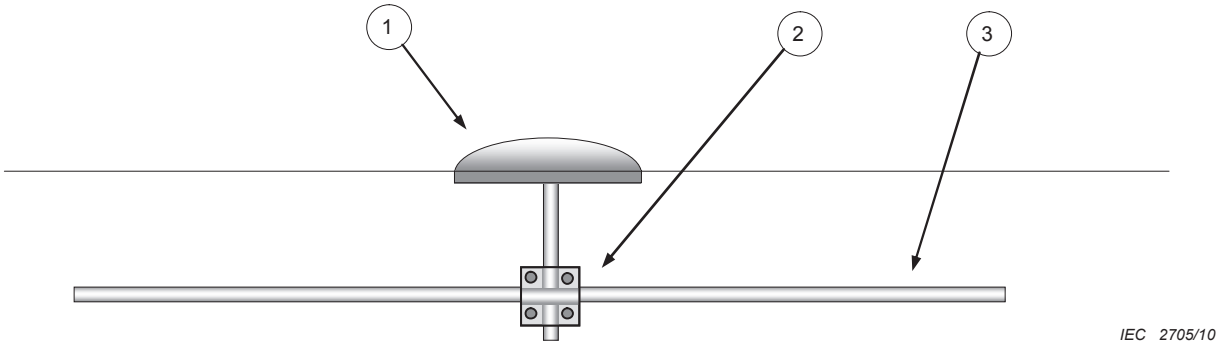
Рисунок E.27 - Конструкція зовнішньої LPS на залізобетонній споруді з використанням риштунку зовнішніх стін, як природних компонентів

E.5.2.4.2.1 Блискавкозахист покрівлі багаторівневого паркінгу

Для захисту такого типу споруд можуть використовуватись шапки перехоплювачів. Ці шапки можуть приєднуватись до сталевого риштунку бетонної покрівлі (див. рис. E.28). У випадку покрівель, де з'єднання з риштунком не може бути виконано, провідники покрівлі можуть укладатись у шви між плитами проїжджої частини, а шапки перехоплювачів може бути розташовано на вузлах сітки. Ширина сітки не має перевищувати величину, що відповідає класу захисту, поданому у Таблиці 2. У цьому випадку, люди і транспортні засоби на цій ділянці паркінгу не є захищеними від блискавки.

E.5.2.4.2.1 Lightning protection for multi-storey car park roofs

For the protection of this type of structure, air-termination studs may be used. These studs can be connected to the reinforcement steel of a concrete roof (see Figure E.28). In the case of roofs where a connection to the reinforcement cannot be made, the roof conductors can be laid in the seams of the carriageway slabs and air-termination studs can be located at the mesh joints. The mesh width shall not exceed the value corresponding to the protection class given in Table 2. In this case, the persons and vehicles on this parking area are not protected against lightning.



Умовні позначення

1 шапка перехоплювача

2 сталевий провідник, приєднаний до кількох стрижнів сталевого риштунку

3 сталевий риштунок бетону

Key

1 air-termination stud

2 steel conductor connecting to several bars of the reinforcement steel

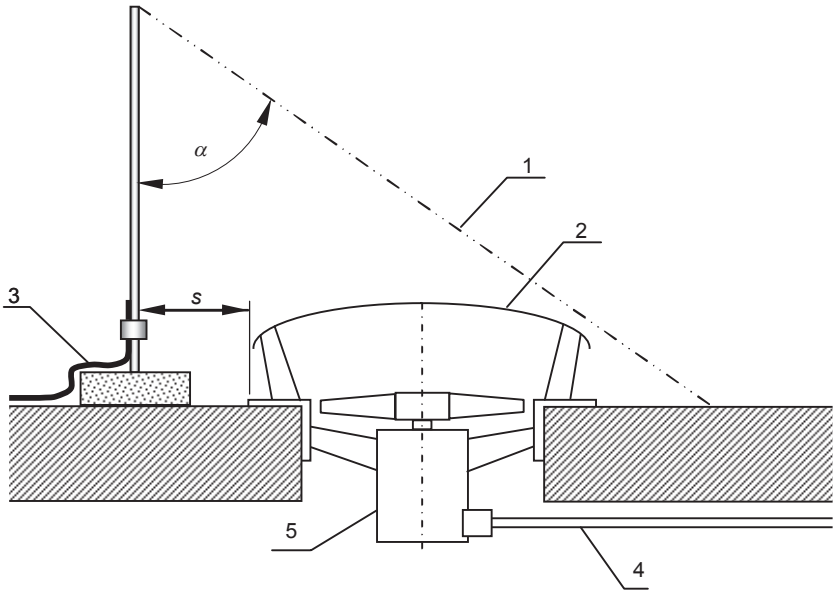
3 steel reinforcement to concrete

Figure E.28 – Example of an air-termination stud used on car park roofs

Рисунок E.28 - Приклад шапки перехоплювача, що використовується на покрівлях паркінгів

Якщо належить захистити верхню ділянку паркінгу від прямих ударів блискавки, має бути застосовано стрижні перехоплювачів та/або почеплені троси перехоплювачів.

If the topmost parking area is to be protected against direct lightning strikes, air-termination rods and/or overhead air-termination wires should be employed.



Умовні позначення

1	захисний конус
2	металевий конструкційний елемент покрівлі
3	горизонтальні троси перехоплювачів
4	силова лінія електропровідні, найкраще, як укладена до струмопровідного екрану
5	електроустаткування
s	роздільна відстань згідно 6.3
α	захисний кут, див. Таблицю 2

ПРИМІТКА Висота стрижня перехоплювача має відповідати Таблиці 2.

Key

1	protection cone
2	metallic roof fixture
3	horizontal air-termination conductor
4	electric power installation line, preferably enclosed in a conductive shield
5	electric equipment
s	separation distance according to 6.3
α	protection angle, see Table 2

NOTE The height of the air-termination rod should comply with Table 2.

Figure E.29 – Air-termination rod used for protection of a metallic roof fixture with electric power installations which are not bonded to the air-termination system

Рисунок E.29 - Стрижень перехоплювача, що використовується для захисту металевої конструкції на покрівлі з електричним силовим устаткованням, яке не є сполученим з системою перехоплення

У випадку вертикальних провідників належить брати до уваги ділянку, яка може бути досягнута рукою. Дотримання необхідної роздільної відстані може бути забезпечено встановленням бар'єрів або огороджувальних тросів.

На входах має бути встановлено знаки, які звертають увагу на небезпеку ударів блискавки під час гроз.

Напругами дотику і кроку можна знехтувати, якщо покрівлю вкрито шаром асфальту принаймні у 50 мм завтовшки. Напругою дотику можна також знехтувати, якщо покрівлю виготовлено із залізобетону з взаємопов'язаними сталевими стрижнями з безперервністю, яка відповідає 4.3.

In the case of vertical conductors, the area which is possible to reach by hand should be taken into account. The necessary separation distance can be achieved either by provision of barriers or by protective wiring.

Signs should be provided at the entrances drawing attention to the danger of lightning strikes during thunderstorms.

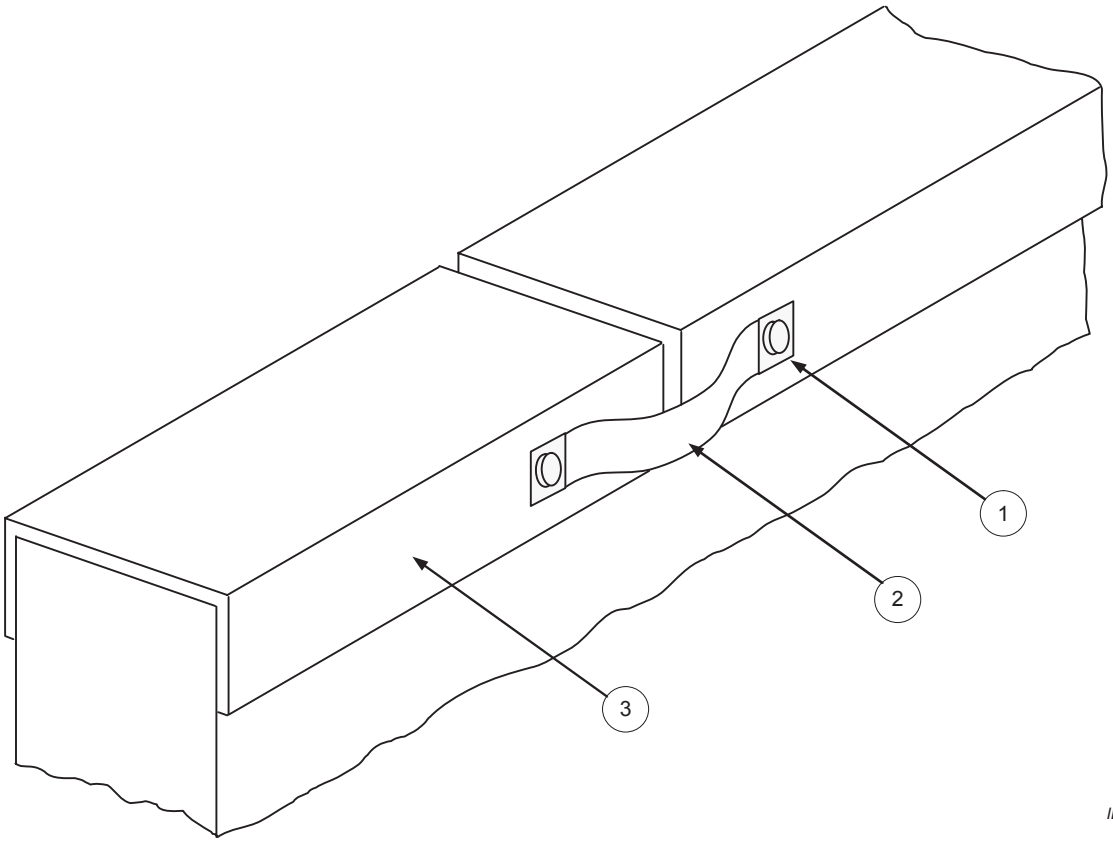
The touch and step voltages may be disregarded if the roof is covered by a layer of asphalt of at least 50 mm thickness. Additionally, the step voltages may be disregarded if the roof is constructed of reinforced concrete with interconnected reinforcement steel with continuity conforming to 4.3.

E.5.2.4.2.2 Залізобетонні споруди, пласкі покрівлі яких не є загальнодоступними

На пласкій покрівлі, яку закрито для загального відвідування, і яка включає в себе систему перехоплення, провідники перехоплювачів має бути встановлено як показано на Рисунку E.27. Для еквіпотенційного кільцевого провідника на покрівлі може використовуватись металеве покриття парапету покрівлі як показано на Рис. E.24 та Рис. E.30.

E.5.2.4.2.2 Flat-roofed, steel-reinforced concrete structures with roofs not accessible to the public

On a flat roof not accessible to the public that incorporates an external air-termination system,air-termination conductors should be installed as shown in Figure E.27. For the equipotentialring conductor on the roof, the metal cladding on the roof parapet may be used as shown in Figure E.24 and Figure E.30.



Умовні позначення

1 корозієстійкий злучник

2 гнучкий провідник

3 металеве покриття парапету

ПРИМІТКА Особлива увага має приділятись відповідному добору матеріалів і доброму проектуванню злучників та сполучних провідників для уникнення корозії.

Key

1 corrosion-resistant joint

2 flexible conductor

3 metallic covering of the parapet

NOTE Special attention should be paid to the proper selection of materials and good design of joints and bridging conductors to avoid corrosion.

Figure E.30 – Method of achieving electrical continuity on metallic parapet capping

Рисунок E.30 - Метод досягнення електричної безперервності металевого покриття парапету

На Рисунку E.27 показано метод встановлення сіткових провідників на покрівлі.

Figure E.27 shows a method of installing meshed conductors on a roof.

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 у бетоні згідно з 5.2.4. Прийнятною альтернативою є те, що провідники перехоплювачів LPS може бути закріплено безпосередньо на бетонній покрівлі.

When temporary mechanical damage of the waterproof layer on the roof of a structure is acceptable, the air-termination mesh covering the flat area of the roof may be replaced with natural air-termination conductors consisting of steel reinforcement bars in concrete according to 5.2.4. An acceptable alternative is that the LPS air-termination conductors may be fixed directly on the concrete roof.

У цілому, удар блискавки у риштунок бетонної покрівлі пошкодить водонепроникний шар. Згодом дощова вода може спричинити корозію стрижнів сталевого риштунку, призвівши до пошкодження. Якщо зниження механічної міцності бетону через корозію є неприйнятним, має бути встановлено систему перехоплення, найкраще, як з'єднану зі сталевим риштунком, запобігаючи прямому удару блискавки у бетонну покрівлю.

In general, a lightning flash to the reinforcement of a concrete roof will damage the waterproof layer. Rainwater may then cause corrosion of the steel-reinforcing rods leading to damage. If reduction in the mechanical strength of concrete due to the corrosion is not permitted, an airtermination system should be installed and preferably bonded to the reinforcement steel, preventing direct lightning flashes to the steel-reinforced concrete.

Металеве покриття, передбачене для механічного захисту зовнішніх стін (облямівки парапету), може бути використано як природний компонент перехоплювача згідно 5.2.5 за умови відсутності ризику займання через топлення металу.

Metal covering that is provided for mechanical protection of outer walls (parapet capping) may be used as a natural component of the air-termination according to 5.2.5 if there is no risk of fire ignition by melting metal.

Покрівельні покриття зі струмопровідної бляхи, які не відповідають Таблиці 3, можуть використовуватись як провідники перехоплювачів, якщо топлення у точці удару блискавки може бути прийнятним. Якщо ні, струмопровідне покрівельне покриття має бути захищено системою перехоплювачів достатньої висоти (див. Рис. E.20 та E.26). У цьому випадку належить застосувати метод сфери, що котиться. Аби вдовольнити вимоги цього методу, розмір сітки має бути меншим, а опори вищими, ніж ті, які використовуються для звичайної сіткової системи перехоплювачів.

Roof coverings of conductive sheets not conforming to Table 3 may be used as air-termination conductors where melting at the point of lightning flashes can be tolerated. If not, the conductive roof sheeting should be protected by an air-termination system of sufficient height (see Figures E.20 and E.26). In this case, the rolling sphere method should be applied. To conform to this method the mesh size has to be smaller and the supports higher than that for an ordinary mesh air-termination system.

За використання струмопровідних опор, з'єднання з бляхою покрівлі має витримувати частковий струм блискавки.

When conductive supports are used, the connection to the roof-sheet should withstand partial lightning current.

На Рисунку E.24 показано приклад природного перехоплювача з використанням парапету покрівлі, як провідника перехоплювача на рубі ділянки покрівлі.

Figure E.24 shows an example of a natural air-termination using a roof parapet as the air-termination conductor at the edge of the roof area.

Якщо є припустимим, щоб траплялося тимчасове пошкодження фасаду й падіння уламків до 100 мм розтрощеного бетону з будівлі (споруди), пункт 5.2 дозволяє заміну кільцевого провідника на покрівлі природним кільцевим провідником, який складається зі сталевого риштунку у бетоні.

Тим не менш, металеві деталі, які не відповідають вимогам до перехоплювачів, зазначених у 5.2.5, можуть використовуватися для приєднання різних частин, які проводять струм блискавки, у межах ділянки покрівлі.

E.5.2.4.2.3 Забезпечення достатнього екранування будівлі (споруди)

Зовнішні стіни та покрівля будівлі (споруди) можуть використовуватись як електромагнітний екран для захисту обладнання електроживлення та обробки даних, що знаходиться у будівлі (споруді) (див. Додаток B до IEC 62305-2:2010 та IEC 62305-4).

На Рисунку E.27 наведено приклад залізобетонної споруди з використанням взаємно сполучених сталевих стрижнів риштунку як природних провідників та як електромагнетного екрану замкненого простору. Подробиці дивись у IEC 62305-4.

У межах ділянки системи перехоплення на покрівлі, усі струмопровідні частини, у яких хоча б один розмір перевищує 1 м, мають бути сполучені між собою для утворення сітки. Сітковий екран належить приєднати до системи перехоплювачів на рубі покрівлі, а також в інших точках у межах ділянки покрівлі згідно з 6.2.

На Рисунках E.24 та E.30 показано конструкцію перехоплювачів на будівлях (спорудах) зі струмопровідними каркасами з використанням парапету покрівлі як природного перехоплювача, а сталевого каркасу як природних доземних провідників.

На Рисунку E.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, згідно 6.3, роздільні відстані зменшуються, та відпадає потреба у дотриманні роздільної відстані між устаткованням та LPS.

When it is acceptable for temporary damage to the facade to occur, and shattered parts of up to 100 mm of broken concrete to fall down from the structure, 5.2 permits the ring conductor on the roof to be replaced by a natural ring conductor consisting of steel reinforcement in concrete.

Metal parts which do not satisfy the conditions of air-terminations stipulated in 5.2.5 may, however, be used to connect the different lightning-current-carrying parts within the domain of the roof area.

E.5.2.4.2.3 Provision of adequate structure shielding

The outer walls and roof of a structure may be used as an electromagnetic shield in order to protect electrical and information-processing equipment within the structure (see Annex B of IEC 62305-2:2010 and IEC 62305-4).

Figure E.27 provides an example of a steel-reinforced concrete structure using the interconnected reinforcing steel as down-conductors and as electromagnetic shielding of the enclosed space. For more details see IEC 62305-4.

Within the domain of the air-termination system on the roof, all conductive parts with at least one dimension larger than 1 m should be interconnected to form a mesh. The meshed shield should be connected to the air-termination system at the roof edge and also at other points within the roof area in accordance with 6.2.

Figures E.24 and E.30 show the construction of air-terminations on structures with conductive skeletons using a roof parapet as a natural air-termination and the steel skeleton as natural down-conductors.

In Figure E.30 an example is given of how to provide electrical continuity of natural components in an LPS.

As a result of the reduced mesh size of steel structures compared with Table 2, the lightning current is distributed over several parallel conductors, resulting in a low electromagnetic impedance and consequently in accordance with 6.3, the separation distances are reduced and the necessary separation distances between the installations and the LPS are not required.

У більшості будівель (споруд) покрівля є наймеш екранованою частиною споруди. Тому особливу увагу належить приділити поліпшенню ефективності екранування конструкціями покрівлі.

Якщо відсутні струмопровідні елементи, вбудовані у покрівлю, екранування можна покращити за рахунок зменшення відстані між провідниками на покрівлі.

E.5.2.4.2.4 Захист прихованих або виступних конструкційних елементів покрівлі

Стрижні перехоплювачів для захисту металевих конструкційних елементів, які змонтовано врівні з покрівлею, або виступних конструкційних елементів покрівлі мають бути такої висоти, щоб елемент, який підлягає захисту, знаходився повністю у межах зони захисту сфери, що котиться, стрижня перехоплювача або повністю всередині конуса захисного кута згідно Таблиці 2. Роздільна відстань між стрижнями перехоплювачів та конструкційними елементами покрівлі має бути такою, щоби задовольнити вимоги 6.3 щодо зближення.

На Рисунку E.29 показано приклад захисту конструкційного елементу покрівлі стрижнями перехоплювачів з використанням проектного методу захисного кута. Величина захисного кута має відповідати рівню захисту LPS, передбаченому у Таблиці 2.

Металеві надбудови покрівлі, не захищені стрижнями перехоплювачів, не потребують додаткового захисту, якщо їхні розміри не перевищують усіх з наступних значень:

- висота над рівнем покрівлі 0,3 м;
- сумарна площа елементу покрівлі 1,0 м²;
- довжина елементу покрівлі 2,0 м.

Металеві конструкційні елементи які змонтовано врівні з покрівлею, та які не відповідають цим вимогам та вимогам щодо роздільної відстані згідно з 6.3, належить сполучити з системою перехоплювачів принаймні одним сполучним провідником.

Не струмопровідні надбудови покрівлі, які не знаходяться у межах зони захисту стрижнів перехоплювачів, і які не виступають понад 0,5 м над поверхнею, утвореною системою перехоплювачів, не вимагають додаткового захисту провідниками перехоплювачів.

Струмопровідні елементи, такі як електричні дроти або металеві труби, які простягаються від приховано змонтованих конструкційних елементів покрівлі досередини будівлі

In most structures the roof is the least shielded part of the structure. Therefore particular attention should be paid to improve the shielding efficiency of roof constructions.

When no conductive structural elements are incorporated in the roof, shielding may be improved by reducing the spacing of the roof conductors.

E.5.2.4.2.4 Protection of flush-mounted or protruding roof fixtures

Air-termination rods for the protection of metal, flush-mounted roof fixtures or protruding roof fixtures should be of such height that the fixture to be protected lies fully within the rolling sphere protection space of the air-termination rod or is fully within the cone of the protection angle in accordance with Table 2. The separation distance between the air-termination rods and the roof fixtures should be such that the proximity condition stipulated in 6.3 is satisfied.

Figure E.29 shows an example of roof fixture protection by air-termination rods using the protection angle air-termination design method. The value of the protection angle shall be consistent with the protection level of the LPS stipulated in Table 2.

Metal roof fixtures, not protected by air-termination rods, do not require additional protection if their dimensions do not exceed all of the following values:

– height above the roof level 0,3 m;
– the total area of the fixture 1,0 m²;
– the length of the fixture 2,0 m.

Metal flush mounted roof fixtures not fulfilling these requirements and not being within the requirements for the separation distance according to 6.3 should be bonded to the air-termination system with at least one bonding conductor.

Non-conductive roof fixtures which are not within the protected volume by air-termination rods and which do not protrude by more than 0,5 m above the surface formed by the airtermination system do not require additional protection from air-termination conductors.

Conductive installations, such as electrical conductors or metallic pipes, which lead from flush-mounted roof fixtures into the interior of the building, can conduct a considerable

(споруди), можуть проводити значну частину струму блискавки досередини будівлі. Там, де існують такі струмопровідні з'єднання, виступні елементи на поверхні покрівлі має бути захищено системою перехоплювачів. Якщо захист за допомогою системи перехоплювачів є неможливим або економічно недоцільним, у струмопровідних елементах може бути встановлено ізольовані частини, довжина яких щонайменше удвічі більша заданої роздільної відстані (приміром, трубопроводи стисненого повітря).

Димарі з не струмопровідного матеріалу має бути захищено за допомогою стрижнів або кілець перехоплювачів, якщо вони знаходяться поза зоною захисту системи перехоплювачів. Стрижень перехоплювача на димарі має бути такої висоти, щоби весь димар знаходився у зоні захисту стрижня.

Влучання блискавки у не струмопровідний димар є можливим, коли димохід не знаходиться у зоні захисту системи перехоплювачів, через те, що внутрішню поверхню димаря вкрито сажею, яка є струмопровідною, так що навіть за відсутності дощу, вона здатна проводити струм стримерної виснаги великої довжини.

На Рисунку E.22b показано конструкцію стрижня перехоплювача на димарі з ізоляційної цегли.

E.5.2.4.2.5 Захист конструкційних елементів покрівлі, які містять електричне устаткування або обладнання для обробки інформації

Усі надбудови покрівлі з не струмопровідного або струмопровідного матеріалу, які містять електричне устаткування та/або обладнання для оброблення інформації, мають знаходитись у зоні захисту системи перехоплювачів.

Пряме влучання блискавки у обладнання, встановлене у зоні захисту системи перехоплювачів, є малоймовірним.

Пряме влучання блискавки у надбудову покрівлі може призвести не лише до її руйнування, а й може також спричинити значні пошкодження приєднаного електричного та електронного устаткування не лише у надбудові покрівлі, але й всередині будинку.

Надбудови покрівлі на сталевих будівлях (спорудах) мають також знаходитись у зоні захисту системи перехоплювачів. У цьому

portion of the lightning current into the interior of the building. Where such conductive connections exist, the protruding fixtures on the roof surface should be protected by air-termination systems. If protection by means of an air-termination system is not possible or cost-effective, isolated parts, with lengths corresponding to at least twice the specified separation distance, can be installed in the conductive installations (e.g. compressed air pipes).

Chimneys of non-conductive material should be protected by means of air-termination rods or air-termination rings when they are not within the protection space of an air-termination system. The air-termination rod on a chimney should be of such height that the complete chimney lies within the protection space of the rod.

A lightning flash to a non-conductive chimney is possible when the chimney is not situated within the protection space of an air-termination system, due to the fact that the inner surface of the chimney is covered by a soot deposit possessing a conductivity such that, even in the absence of rain, it is capable of conducting the current of a streamer discharge of great length.

Figure E.22b shows the construction of an air-termination rod on a chimney made of isolating bricks.

E.5.2.4.2.5 Protection of roof fixtures enclosing electrical or information-processing equipment

All roof fixtures of non-conductive or conducting material, which contain electrical and/or information-processing equipment, should lie within the protection space of the air-termination system.

A direct flash into equipment installed inside the protection space of the air-termination system is improbable.

A direct flash into the roof fixture would lead not only to its destruction but would also cause extended damage to the connected electrical and electronic equipment not only in the roof fixtures, but also inside the building.

Roof fixtures on steel structures should also lie in the protection space of the air-termination system. In this case protruding air-termination

випадку виступні провідники перехоплювачів належить сполучити не лише з системою перехоплювачів, а й безпосередньо зі сталевою конструкцією, якщо це можливо. За сполучення зі сталевою конструкцією вони не конче мають забезпечувати роздільну відстань.

conductors should be bonded not only to the air-termination system but also to the steel structure directly, if possible. When bonded to the structure they need not conform to the separation distance.

Вимоги до надбудов покрівлі мають також застосовуватись до елементів, встановлених на вертикальних поверхнях, у які може вдарити блискавка, тобто тих, яких може торкатись сфера, що котиться.

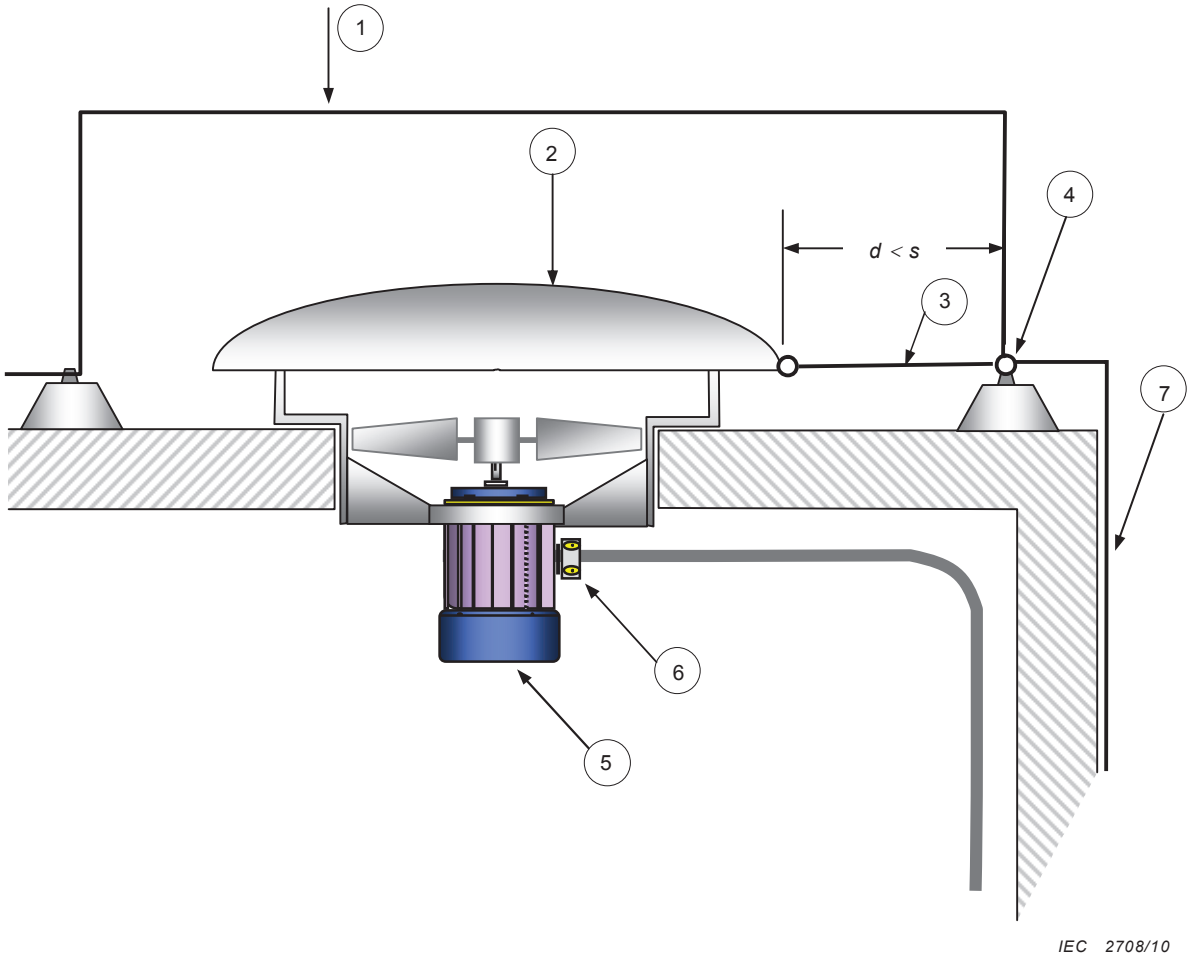
The requirements for roof fixtures should also apply to fixtures installed on vertical surfaces to which a lightning strike is possible, i.e. which can be touched by the rolling sphere.

Рисунки E.29 та E.31 містять приклади конструкцій системи перехоплювачів, які захищають надбудови покрівлі зі струмопровідного та ізоляційного матеріалів, які містять електричне устаткування.

Figure E.29 and Figure E.31 contain examples of air-termination constructions which protect the roof fixtures of conducting and isolating material enclosing electrical installations.

Рисунок E.31 є прийнятним лише за неможливості дотримання роздільної відстані *s*.

Figure E.31 is only suitable if the separation distance, *s*, cannot be maintained.



Умовні позначення

1 провідник перехоплювача

2 металева кришка

3 еквіпотенційний провідник

4 горизонтальний провідник перехоплювача

5 електроустаткування

6 розподільник електроживлення з SPD

7 доземний провідник

ПРИМІТКА Закрите електроустаткування сполучається з системою перехоплювачів згідно з E.5.2.4.2.6 металевим екраном кабелю, який є в змозі витримувати значну частину струму блискавки

Key

1 air-termination conductor

2 metallic cover

3 bonding conductor

4 horizontal air-termination conductor

5 electric equipment

6 electric power junction box with SPD

7 down-conductor

NOTE The enclosed electric equipment is bonded to the air-termination system complying with E.5.2.4.2.6, through the metallic cable shield withstanding a substantial part of the lightning current.

Figure E.31 – Metallic roof fixture protected against direct lightning interception, connected to air-termination system

Рисунок E.31 – Металева надбудова на покрівлі, захищена від прямого влучання блискавки та сполучена з системою перехоплювачів

ПРИМІТКА Якщо металеві конструкції потребують додаткового захисту, на позначці покрівлі може бути встановлено SPD на активних кабелях, підключених до них.

NOTE If the fixtures need extra protection, SPDs on the active cables connected to it can be provided at rooflevel.

Необхідна роздільна відстань має дотримуватись не лише у повітрі, а й на шляху крізь твердий матеріал (k_m = 0,5).

The required separation distance should be maintained not only in air but also for the path through solid material (k_m = 0,5).

E.5.2.4.2.6 Електроустаткування, що виходить за межі захищеної зони

Антену на покрівлі будівлі (споруди) має бути захищено від прямих спалахів блискавки шляхом встановлення антени у вже захищеному просторі.

Антенова система має бути вбудованою до LPS (див. також IEC 60728-11[6]).

Може бути використана ізольована зовнішня LPS (див. Рис. E.32a) або неізольована зовнішня LPS (див. Рис. E.32b)

У останньому випадку щогла антени має бути сполучена з системою перехоплювачів. Тоді часткові струми блискавок розглядатимуться як такі, що знаходяться усередині будівлі (споруди), що захищається. Бажано, аби кабель антени входив до будівлі (споруди) спільним вхідним отвором для всіх послуг або поруч з головною сполучною шиною LPS. Струмопровідну оболонку кабелю антени належить сполучити з системою перехоплювачів на позначці покрівлі та з головною сполучною шиною.

Надбудови покрівлі, що містять електричне обладнання, і для яких роздільну відстань не може бути забезпечено, належить сполучити з системою перехоплювачів та струмопровідними елементами покрівлі й струмопровідним екраном електричного обладнання згідно Таблиці 9.

Рисунок E.31 є прикладом сполучення конструкційного елементу покрівлі, який має струмопровідні частини, до електричного устаткування та до системи перехоплювачів будівлі (споруди).

E.5.2.4.2.6 Electrical installation protruding from the space to be protected

Antenna on the roof of a structure should be protected against direct lightning flashes by installing the antenna in an already protected volume.

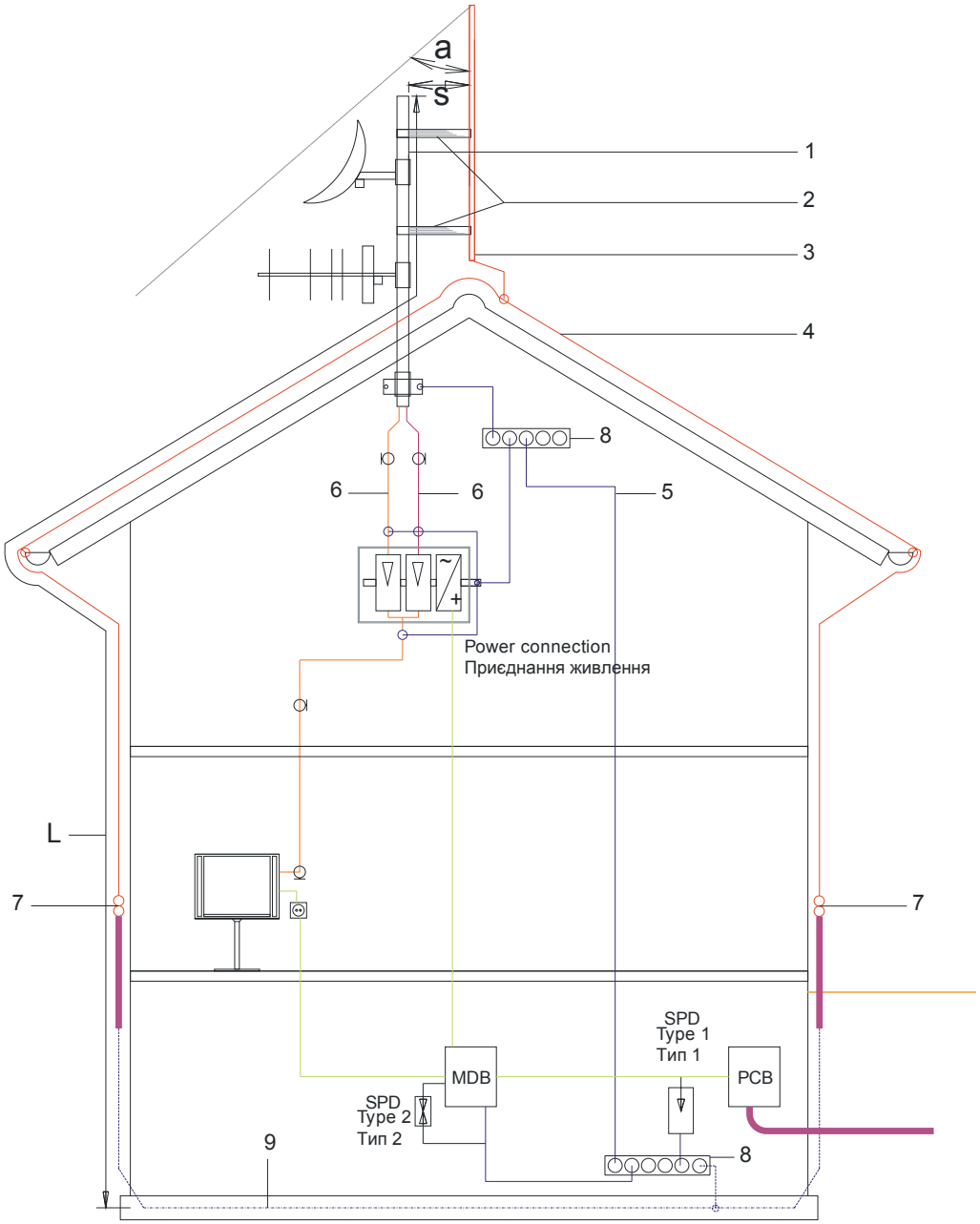
The antenna system should be integrated into the LPS (see also IEC 60728-11[6]).

An isolated external LPS (see Figure E.32a) or a non-isolated external LPS (see Figure E.32b) may be used.

In this latter case, the antenna mast should be bonded to the air-termination system. Then partial lightning currents will be treated as being inside the structure to be protected. The antenna cable should enter the structure preferably at the common entrance for all services or near the main LPS bonding bar. The antenna cable conductive sheath should be bonded to the air-termination system at roof level and to the main bonding bar.

Roof fixtures housing electrical equipment for which the separation distance cannot be maintained, should be bonded to the air-termination system and to the conductive elements of the roof fixtures and the conductive shield of its electrical equipment in accordance with Table 9.

Figure E.31 is an example of the method of bonding a roof fixture with conductive parts to an electrical installation and the air-termination of a structure.



Умовні позначення

1	металева щогла
2	ізолятор
3	стрижень перехоплювача
4	провідник перехоплювача
5	сполучний провідник
6	кабель антени
7	контрольний злучник
8	сполучна шина
9	фундаментний уземлювальний електрод
α	захисний кут
s	роздільна відстань
L	довжина для оцінювання роздільної відстані

MDB – ГРЩ
PCB - РЩ

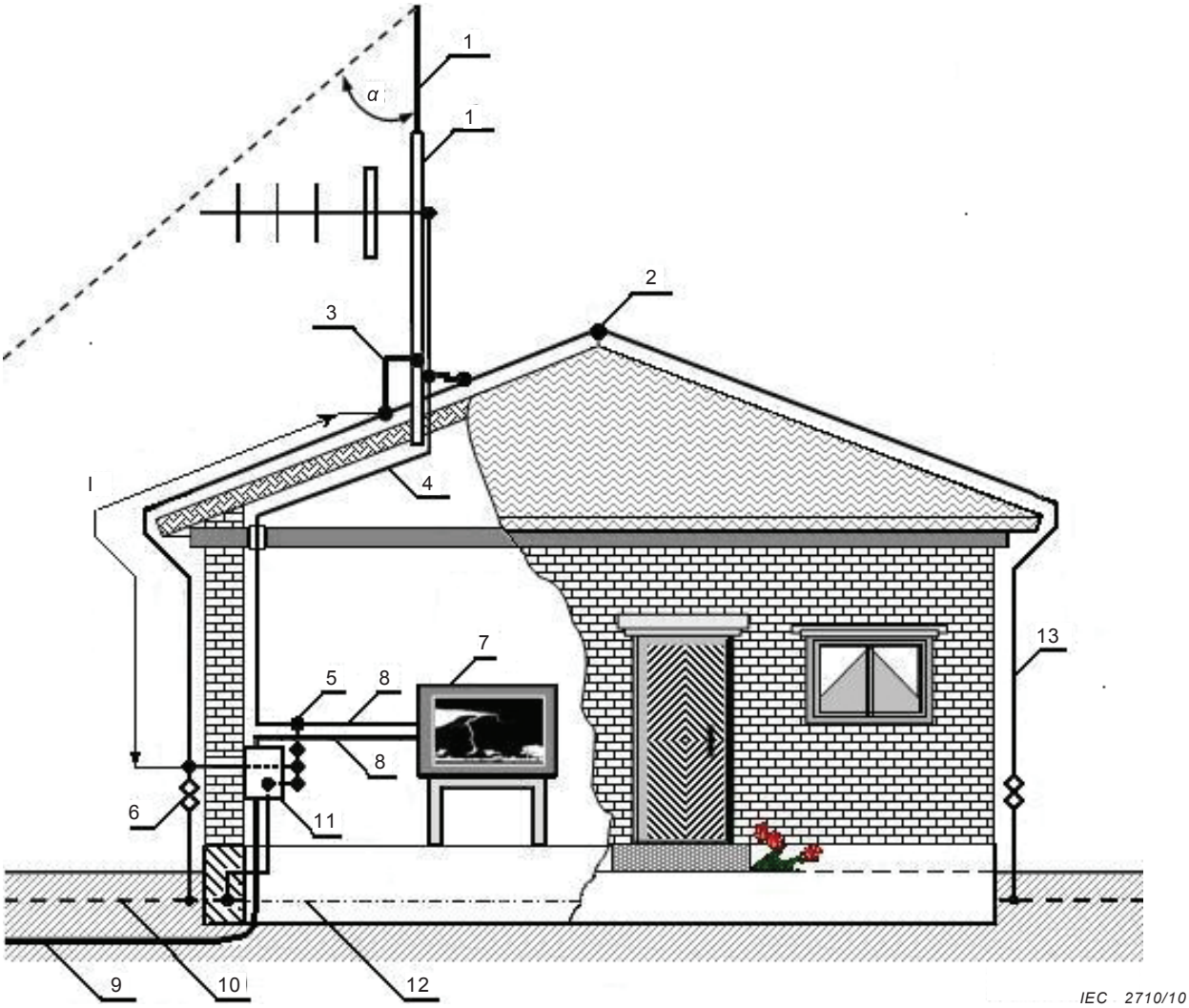
Key

1	metallic mast
2	isolator
3	air-termination rod
4	air-termination conductor
5	bonding conductor
6	antenna cable
7	test joint
8	equipotential bonding bar
9	foundation earth electrode
α	protection angle
s	separation distance
L	length to be considered for separation distance calculation

MDB main distribution box
PCB power connection box

Figure E.32a –TV antenna mast and antennas protected with isolated air-terminations planned according to the protection angle method

Рисунок E.32a – Захист щогли телевізійної антени та самої антени ізольованими перехоплювачами, спроектованими за методом захисного кута



Умовні позначення		Key	
1	металева щогла	1	metallic mast
2	горизонтальний провідник перехоплювача на конику покрівлі	2	horizontal air-termination conductor on the ridge of the roof
3	сполучення між покрівельним доземним провідником й металевою щоглою антени	3	joint between the roof down-conductor and the metallic antenna mast
4	кабель антени	4	antenna cable
5	головна сполучна шина; металевий екран антени приєднано до головної сполучної шини	5	the main bonding bar; metallic shield on the antenna cable is connected to the bonding bar
6	контрольний злучник	6	test joint
7	телевізор	7	TV
8	паралельне прокладення кабелю антени та живильного кабелю	8	parallel routing of the antenna cable and the electric power cable
9	кабель живлення	9	electric power cable
10	система земляного закінчення	10	earth-termination system
11	головний розподільник з SPD	11	the main electric power distribution box with SPD
12	фундаментний уземлювальний електрод	12	foundation earth electrode
13	провідник LPS	13	LPS conductor
α	захисний кут	*α*	protection angle
l	довжина для оцінювання роздільної відстані	*l*	length to be considered for separation distance calculation

ПРИМІТКА Для невеликих будівель (споруд) може бути достатньо лише два доземних провідники згідно 5.3.3.

NOTE For small structures only two down-conductors may be sufficient, according to 5.3.3.

Figure E.32b –TV antenna using the mast as an air-termination rod

Рисунок E.32b – Телевізійна антена, щогла якої править за стрижень перехоплювача

Figure E.32 – Examples of lightning protection of a house with a TV antenna

Рисунок E.32 - Приклади блискавкозахисту будинку з телевізійною антеною

E.5.2.4.2.7 Захист струмопровідних частин на покрівлі

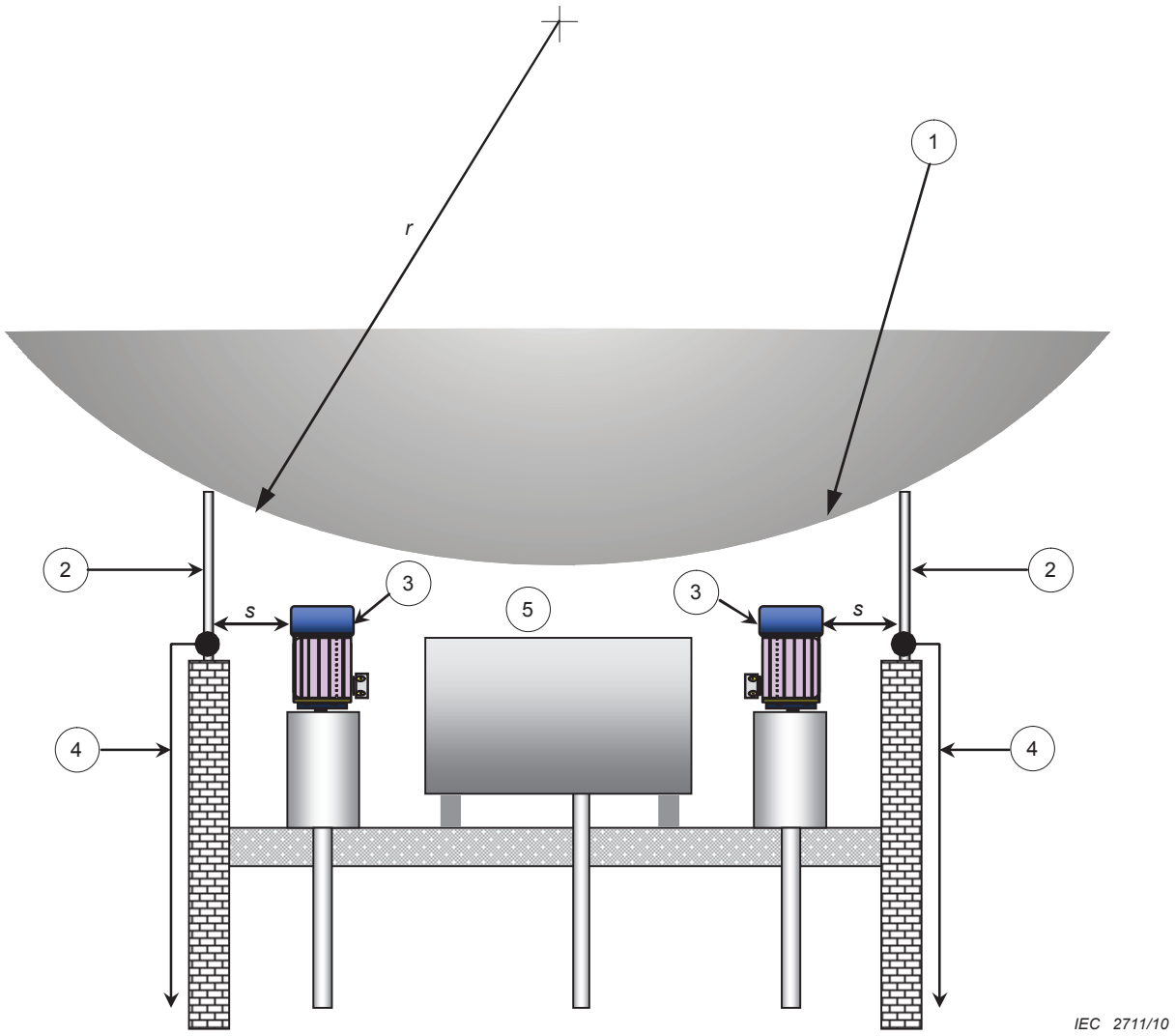
Струмопровідні елементи, приміром ті, що мають недостатню товщину стінок, і які не здатні витримувати удар блискавки, і що встановлені на покрівлях, а також струмопровідні покрівельні матеріали або інші частини на будівлях (спорудах), які не відповідають вимогам до природних систем перехоплення згідно 5.2.5 й Таблиці 3, та для яких спалах блискавки є неприйнятним, має бути захищено за допомогою провідників перехоплювачів.

Для проектування захисту від блискавки струмопровідних частин на покрівлі належить застосовувати метод сфери, що котиться (див. Рис. E.33).

E.5.2.4.2.7 Protection of conductive parts on the roof

Conductive items, such as those with insufficient wall thickness, which cannot withstand lightning strikes and which are installed on roofs, and also conductive roof coverings or other parts on structures which do not meet the requirements for natural air-termination systems according to 5.2.5 and Table 3, and in which a lightning flash cannot be tolerated, should be protected by air-termination conductors.

For the design of the lightning protection for conductive parts on the roof the rolling sphere air-termination design method should be applied (see Figure E.33).



Умовні позначення		**Key**	
1	сфера, що котиться	1	rolling sphere
2	стрижень перехоплювача	2	air-termination rod
3	електроустаткування	3	electric equipment
4	доземний провідник	4	down-conductor
5	металевий резервуар	5	metallic vessel
r	радіус сфери, що котиться, див. Таблицю 2	*r*	radius of the rolling sphere, see Table 2
s	роздільна відстань згідно 6.3	*s*	separation distance according to 6.3

Figure E.33 – Installation of lightning protection of metallic equipment on a roof against a direct lightning flash

Рисунок E.33 - Влаштування блискавкозахисту металевого обладнання на покрівлі для захисту від прямого спалаху блискавки

Рисунок E.31 є прикладом конструкції системи перехоплювачів, що забезпечує захист струмопровідної конструкції на покрівлі від прямого спалаху блискавки за неможливості дотримання роздільної відстані *s*.

Figure E.31 is an example of the design of an air-termination system protecting a conductive roof fixture against a direct lightning flash when the separation distance, *s*, cannot be maintained.

E.5.2.4.2.8 Захист будівель (споруд), вкритих ґрунтом

Для будівель (споруд), заглиблених у шар ґрунту на покрівлі, та у яких люди перебувають вряди-годи, може використовуватись звичайна LPS. Система перехоплення має бути сіткового типу й бути розміщеною поверх ґрунту, або може використовуватись певне число стрижнів перехоплювачів, згідно методу сфери, що котиться, або 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, має використовуватись сіткова система перехоплення з розміром комірок 5 м x 5 м з метою запобігання небезпечним кроковим напругам. Для захисту людей на землі від прямих ударів блискавки також можуть бути необхідні стрижні перехоплювачів згідно методу сфери, що котиться. Ці стрижні можна замінити природними компонентами перехоплювачів, такими як паркани, щогли освітлення і т. ін. Висота систем перехоплення має брати до уваги допущення зросту людини у 2,5 м разом з необхідними роздільними відстанями (див. також Рис. E.3).

Якщо жодне із зазначеного не є можливим, належить повідомити людей про те, що під час грози вони можуть потрапити під спалах блискавки.

Для підземних будівель (споруд) з шаром ґрунту на покрівлі понад 0,5 м завтовшки, запобіжні заходи знаходяться на стадії розгляду. До виконання досліджень, рекомендовано використовувати ті ж заходи, що й для шарів ґрунту до 0,5 м завтовшки.

Для підземних будівель (споруд), які містять вибухові матеріали, вимагається встановлення додаткової LPS. Така додаткова LPS може бути ізольованою LPS над будівлею (спорудою). Системи уземлення земляного закінчення обох цих заходів захисту мають бути взаємопов'язаними.

E.5.2.4.2.8 Protection of structures covered by soil

For structures incorporating a layer of soil on the roof and where people are not regularly present, a normal LPS may be utilized. The air-termination system should be a meshed air-termination system on top of the soil, or a number of air-termination rods, connected by a buried mesh, conforming to the rolling sphere or protection angle method. If this is not possible, it should be recognized that a buried meshed air-termination system without rods or finials will offer a reduced interception efficiency.

Structures with a roof layer of soil up to 0,5 m where people are regularly present, will need a meshed air-termination system with meshes of 5 m x 5 m to prevent dangerous step voltages. To protect the people on the ground from direct lightning flashes, air-termination rods conforming to the rolling sphere method, may also be necessary. These rods can be replaced by natural air-termination components, such as fences, lighting masts, etc. The height of the air-termination systems shall take into account people’s height allowance of 2,5 m along with the necessary separation distances (see also Figure E.3).

If nothing of the kind is available, people should be made aware that during a thunderstorm they may be exposed to a direct lightning flash.

For underground structures with a layer of soil over 0,5 m, measures are under consideration. As long as there is no research available, it is advisable to use the same measures as for layers of soil up to 0,5 m.

For underground structures containing explosives materials, an additional LPS shall be required. Such an additional LPS may be an isolated LPS over the structure. The earthing systems of both protection measures should be interconnected.

E.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 або гнутих частин з алюмінію, поцинкованої сталі або міді U-подібної форми, які захищають верхню поверхню парапету покрівлі від впливу погодних умов. Для такого застосування має використовуватись мінімальна товщина, наведена у Таблиці 3.

Провідники перехоплювачів, провідники на поверхні покрівлі та доземні провідники має бути сполучено з покриттям парапету покрівлі.

На стиках між секціями покриття парапету має бути встановлено струмопровідні сполучники, якщо між ними немає доброї, надійної безперервності.

Рисунок E.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 або виступають над поверхнею покрівлі, можуть розглядатися як природні компоненти системи перехоплювачів за умови, що товщина їхніх стінок відповідає Таблиці 3.

Посудини й системи трубопроводів, які містять гази чи рідини під високим тиском або займисті гази чи рідини, не можуть використовуватись як природні перехоплювачі. 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 устаткованням, встановленим всередині будівлі (споруди). Аби запобігти проведенню повного струму блискавки будівлею (спорудою), належить забезпечити добре з'єднання між такими природними компонентами LPS та сіткою перехоплювачів.

Рисунок E.34 є прикладом з’єднання струмопровідних елементів на покрівлі будівлі (споруди) з провідниками перехоплювачів.

E.5.2.5 Natural components

On structures with flat roofs, the metal covering of a roof parapet represents a typical natural component of an LPS air-termination network. Such covering comprises extruded or bent parts of aluminium, galvanized steel or copper in U-form which protect the upper surface of the roof parapet against the influence of weather. The minimum thickness given in Table 3 shall be applied for such an application.

The air-termination conductors, conductors on the roof surface and the down-conductors should be connected to the roof parapet covering.

Conductive bridging should be provided at the joints between sections of parapet covering plates, unless there is good, reliable continuity between them.

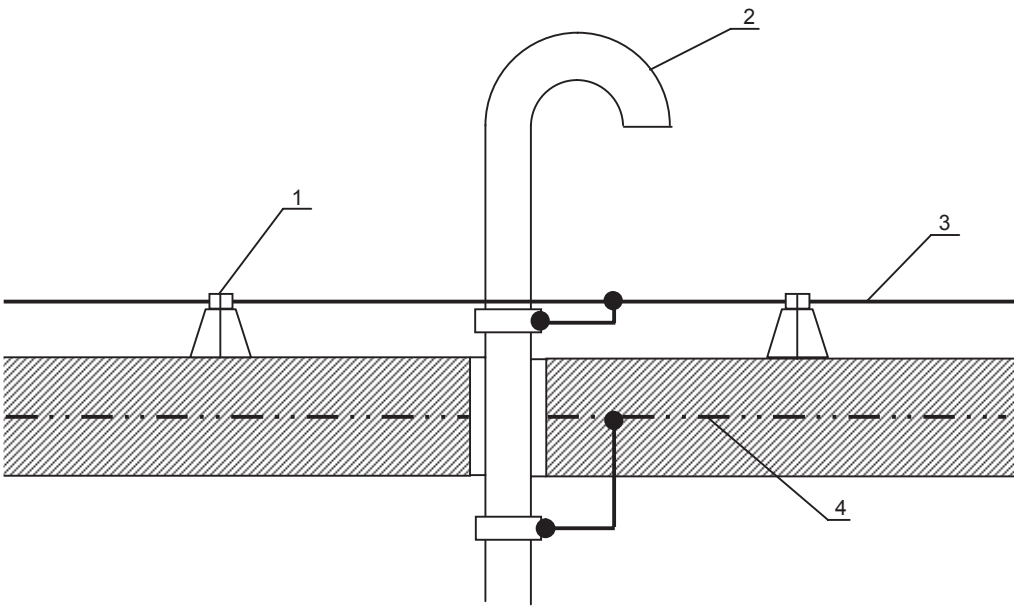
Figure E.24 is an example of an air-termination construction using the conductive covering of parapets as a natural air-termination conductor of the LPS.

Conductive parts, such as metal tanks, metal pipework and railings mounted on or extending above a roof surface may be treated as natural components of an air-termination system provided their wall thickness conforms to Table 3.

Vessels and pipework, which contain gas or liquids under high pressure or flammable gas or liquids, should not be used as natural air-terminations. Where this cannot be avoided, the heating effects of lightning current should be taken into account when designing the pipework.

Conductive parts above the roof surface such as metal tanks are often naturally connected to equipment installed within the structure. In order to prevent conduction of the full lightning current through the structure, it is necessary to provide a good connection between such natural components of the LPS and the air-termination mesh.

Figure E.34 is an example which shows details of the bonding of conductive roof fixtures to air-termination conductors.



Умовні позначення

1 тримач провідника перехоплювача

2 металева труба

3 горизонтальний провідник перехоплювача

4 сталевий риштунок у бетоні

ПРИМІТКА 1 Сталева труба має відповідати 5.2.5 й Таблиці 6, сполучний провідник має відповідати Таблиці 6, а риштунок має відповідати 4.3. З'єднання на покрівлі мають бути водонепроникними.

ПРИМІТКА 2 У цьому окремому випадку сполучення забезпечується з риштунком залізобетонної будівлі (споруди).

Key

1 air-termination conductor fixing

2 metallic pipe

3 horizontal air-termination conductor

4 steel reinforcement within concrete

NOTE 1 The steel pipe should comply with 5.2.5 and Table 6, the bonding conductor should comply with Table 6 and the reinforcement should comply with 4.3. The roof bonding should be watertight.

NOTE 2 In this particular case bonding is provided to the reinforcement of the reinforced concrete structure.

Figure E.34 – Connection of natural air-termination rod to air-termination conductor

Рисунок E.34 - Сполучення природного стрижня перехоплювача з провідником перехоплювача

Струмопровідні частини над поверхнею покрівлі, як от металеві посудини й сталеві стрижні риштунку у бетоні, належить сполучити з мережею перехоплювачів.

Якщо прямий удар блискавки у струмопровідну частину на покрівлі є неприйнятним, така струмопровідна частина має бути встановлена у межах зони захисту системи перехоплювачів.

Струмопровідні покриття на фасадах та подібні до них частини будівлі (споруди), де ризик пожежі є незначним, належить розглядати згідно 5.2.5.

Рисунок E.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.

Conductive parts above the roof surface such as metal tanks and steel reinforcing rods of concrete should be connected to the air-termination network.

When a direct lightning strike into the conductive part on the roof is not acceptable, the conductive part shall be installed inside the protection space of an air-termination system.

Conductive coverings on facades and equivalent parts of structures where the risk of fire is negligible should be treated in accordance with 5.2.5.

Figure E.35 shows an example of conductive bridging between metal facade plates acceptable in those applications where the plates are to be used as natural down-conductors.

Two methods are presented: bridging by flexible metal strapping and bridging by means of self-threading screws.

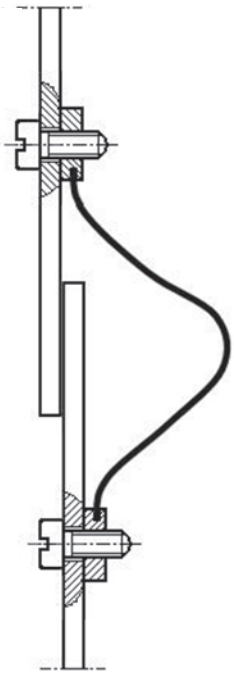
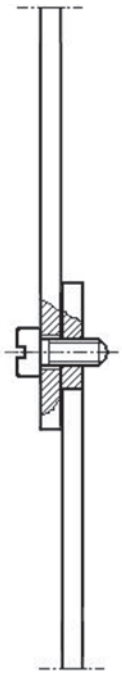


Figure E.35a – Flexible metal strapping bridging

Рисунок E.35a - Сполучення гнучкою металевою стрічкою

ПРИМІТКА Електропровідне сполучення поліпшує, зокрема, захист від LEMP. Детальнішу інформацію щодо захисту від LEMP можна знайти у IEC 62305-4.



IEC 2713/10

Figure E.35b – Self-tapping screw bridging

Рисунок E.35b - Сполучення саморізами

NOTE Electrically conducting bridging improves, in particular, the protection against LEMP. More information concerning protection against LEMP can be found in IEC 62305-4.

Figure E.35 – Construction of the bridging between the segments of the metallic facade plates

Рисунок E.35 – Конструкція сполучень між сегментами металевих фасадних плит

E.5.2.6 Ізольована система перехоплювачів

Щогли перехоплювачів по сусідству з будівлями (спорудами) або з устаткованням, які підлягають захисту, призначені для того, щоб мінімізувати удари блискавки у будівлі (споруди) у межах їхньої зони захисту, коли встановлено ізольовану LPS.

Якщо встановлено понад одну щоглу, їх можна сполучити між собою за допомогою повітряних провідників, а наближення устаткування до LPS має відповідати 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 захищуваній зоні є, таким чином, нижчими, ніж у випадку, коли повітряні провідники відсутні.

E.5.2.6 Isolated air-termination

Air-termination masts adjacent to structures or equipment to be protected are intended to minimize the possibility of lightning strikes to structures within their zone of protection when an isolated LPS is installed.

When more than one mast is installed, they may be interconnected by means of overhead conductors and the proximity of the installations to the LPS should be in accordance with 6.3.

Overhead conductor connections between the masts extend the protected volume and also distribute the lightning current between several down-conductor paths. The voltage drop along the LPS and the electromagnetic interference in the space to be protected are therefore lower than in the case when the overhead conductors are not present.

Напруженість електромагнетного поля у будівлі (споруді) знижується завдяки збільшенню відстані між устаткованням у будівлі (споруді) та LPS. Ізольована LPS може також бути застосована до будівлі (споруди) із залізобетону, що дозволить додатково поліпшити електромагнетне екранування. Одначе, для високих будівель (споруд) встановлення ізольованої LPS не є практичним.

Ізольовані системи перехоплювачів з натягнених проводів на ізоляційних опорах можуть бути придатними, якщо має бути захищено значне число виступних елементів на поверхні покрівлі. Ізоляція опор має бути достатньою для напруги, вирахуваної з роздільної відстані згідно 6.3.

ПРИМІТКА Умови довкілля (забруднення) можуть зменшити пробивну напругу повітря; це належить брати до уваги, визначаючи необхідну роздільну відстань між ізольованою системою перехоплювачів й будівлею (спорудою).

E.5.3 Система доземних провідників

E. 5.3.1 Загальні положення

Вибір числа та розміщення доземних провідників має провадитися із врахуванням того факту, що, за умови розподілення струму блискавки кількома доземними провідниками, ризик бічного іскріння та електромагнетних завад всередині будівлі (споруди) зменшується. Звідси випливає, що, наскільки це можливо, належить розміщувати доземні провідники рівномірно периметром будівлі (споруди) та з симетричною конфігурацією.

Розподілення струму поліпшується не лише збільшенням числа доземних провідників, а й еквіпотенційними сполучними кільцями.

Доземні провідники належить розміщувати якнайдалі від внутрішньої електропровідні й 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 у Таблиці 4,
- геометрія доземних провідників та еквіпотенційних сполучних кілець мають вплив на величину роздільної відстані (див. 6.3),

The strength of the electromagnetic field in the structure is reduced because of the greater distance between the installations within the structure and the LPS. An isolated LPS may also be applied to a structure of reinforced concrete, which will improve the electromagnetic shielding even more. However, for tall structures the construction of an isolated LPS is not practical.

Isolating air-termination systems made of stretched wires on isolating supports could be suitable where a large number of extensive protruding fixtures on the roof surface are to be protected. The isolation of the supports should be adequate for a voltage calculated from the separation distance in accordance with 6.3.

NOTE Environmental conditions (pollution) can lower the voltage breakdown of the air; this should be taken into account when determining the required separation between the isolated air-termination system and the structure.

E.5.3 Down-conductor systems

E.5.3.1 General

The choice of number and position of down-conductors should take into account the fact that, if the lightning current is shared in several down-conductors, the risk of side flash and electromagnetic disturbances inside the structure is reduced. It follows that, as far as possible, the down-conductors should be uniformly placed along the perimeter of the structure and with a symmetrical configuration.

The current sharing is improved not only by increasing the number of down-conductors but also by equipotential interconnecting rings.

Down-conductors should be placed as far as possible away from internal circuits and metallic parts in order to avoid the need for equipotential bonding with the LPS.

It should be remembered that

– the down-conductors should be as short as possible (to keep inductance as small as possible),
– the typical distance between down-conductors is shown in Table 4,
– the geometry of down-conductors and equipotential interconnecting rings has an influence on the value of the separation distance (see 6.3),

- у консольних будівлях (спорудах) роздільну відстань також належить оцінити на предмет ризику бічного спалаху у людей (див. E.4.2.4.2).

Якщо неможливо розмістити доземні провідники на фасаді або частині фасаду будинку через практичні або архітектурні обмеження, доземні провідники, які мали міститися на тому фасаді, належить розмістити як додаткові компенсаційні доземні провідники на інших фасадах. Відстань між цими доземними провідниками має бути не меншою, ніж третина відстані у Таблиці 4.

Варіація кроку доземних провідників у ± 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 у Таблиці 4.

E. 5.3.2 Число доземних провідників для ізольованої LPS

Додаткова інформація відсутня.

E.5.3.3 Число доземних провідників для неізольованої LPS

Як зазначено у 5.3.3, доземний провідник має бути встановлено на кожному відкритому куті будівлі (споруди), де це є можливим. Однак, відкритий кут може не вимагати 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 згідно з Таблицями 4 або є меншою; або
- відстань до одного суміжного доземного провідника становить одну чверть відстані згідно з Таблицями 4 або менше.

Внутрішніми кутами можна знехтувати.

E. 5.3.4 Спорудження

E.5.3.4.1 Загальна інформація

Зовнішні доземні провідники належить встановити між системою перехоплювачів й системою земляного закінчення. За наявності природних компонентів, вони можуть правити за доземний провідник.

– in cantilevered structures the separation distance should also be evaluated with reference to the risk of side-flashing to persons (see E.4.2.4.2).

If it is not possible to place down-conductors at a side, or part of a side, of the building because of practical or architectural constraints, the down-conductors that ought to be on that side should be placed as extra compensating down-conductors at the other sides. The distances between these down-conductors should not be less than one-third of the distances in Table 4.

A variation in spacing of the down-conductors of ±20 % is acceptable as long as the mean spacing conforms to Table 4.

In closed courtyards with more than 30 m perimeter, down-conductors have to be installed. Typical values of the distance between down-conductors are given in Table 4.

E.5.3.2 Number of down-conductors for isolated LPS

No additional information.

E.5.3.3 Number of down-conductors for non-isolated LPS

As stated in 5.3.3, a down-conductor should be installed at each exposed corner of the structure, where this is possible. However an exposed corner does not need a down-conductor if the distance between this exposed corner to the nearest down-conductors complies with the following conditions:

- the distance to both adjacent down-conductors is half the distance according to Tables 4 or smaller; or
- the distance to one adjacent down-conductor is one-quarter of the distance according to Tables 4 or smaller.

Inside corners can be disregarded.

E.5.3.4 Construction

E.5.3.4.1 General information

External down-conductors should be installed between the air-termination system and the earth-termination system. Wherever natural components are available they can be used as down-conductor.

Якщо роздільна відстань між доземними провідниками й внутрішнім устаткованням, вирахувана на основі кроку доземних провідників, який відповідає Таблиці 4, є завеликою, число доземних провідників належить збільшити для отримання необхідної роздільної відстані.

Системи перехоплення, системи доземних провідників та системи земляного закінчення має бути узгоджено між собою для створення найкоротшого можливого шляху проходження струму блискавки.

Бажано, щоб доземні провідники було приєднано до злучників мережі системи перехоплювачів та щоб вони проходили вертикально до злучників мережі системи земляного закінчення.

Якщо неможливо виконати пряме з'єднання через великі звиси покрівлі, тощо, належить зробити спеціальне з'єднання з системою перехоплення і доземними провідниками та не вести його природними компонентами, такими як ринштоки й т. ін.

Дозволяється, якщо належить брати до уваги естетичний вигляд, використовувати тонкий шар захисної фарби або ПВХ для покриття зовнішніх доземних провідників.

Рисунок E.36 є прикладом зовнішньої LPS для будівлі (споруди) з різними рівнями покрівлі, а Рисунок E.25 є прикладом зовнішньої LPS на будівлі (споруді) 60 метрів заввишки з плоскою покрівлею й з конструкціями на покрівлі.

If the separation distance between down-conductors and the internal installations, calculated on the basis of the down-conductor spacing according to Table 4, is too large, the number of down-conductors should be increased to meet the required separation distance.

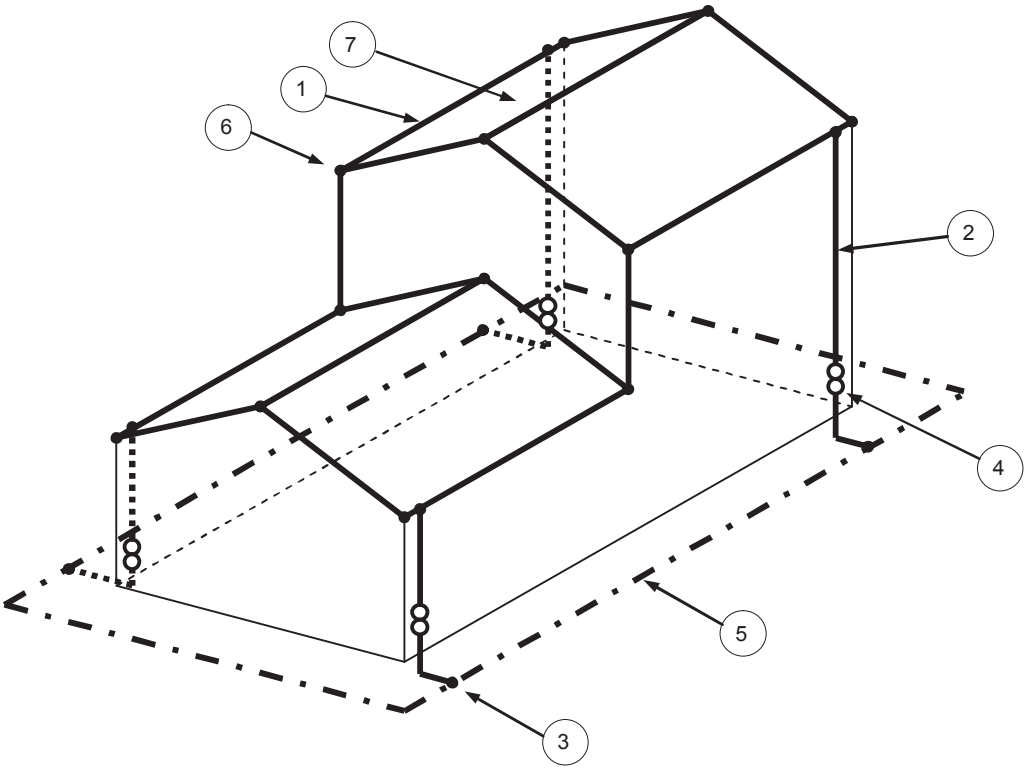
Air-termination systems, down-conductor systems and earth-termination systems should be harmonized to produce the shortest possible path for the lightning current.

Down-conductors should preferably be connected to junctions of the air-termination system network and routed vertically to the junctions of the earth-termination system network.

If it is not possible to make a straight connection because of large roof overhangs, etc. the connection of the air-termination system and the down-conductor should be a dedicated one and not through natural components like rain gutters, etc.

It is permitted, where aesthetic consideration need to be taken into account, to use a thin coating of protective paint or PVC covering over the external down-conductors.

Figure E.36 is an example of an external LPS for a structure with different levels of roof construction and Figure E.25 is an example of the external LPS design for a 60 m high structure with a flat roof with roof fixtures.



Умовні позначення

1	горизонтальний провідник перехоплювача
2	доземний провідник
3	Т-злучник – стійкий до корозії
4	контрольний злучник
5	уземлення типу розміщення В, кільцевий уземлювальний електрод
6	Т-злучник на конику покрівлі
7	розмір комірки сітки

ПРИМІТКА Крок доземних провідників має відповідати 5.2, 5.3 й Таблиці 4.

Key

1	horizontal air-termination conductor
2	down-conductor
3	T-type joint – corrosion resistant
4	test joint
5	type B earthing arrangement, ring earth electrode
6	T-type joint on the ridge of the roof
7	mesh size

NOTE The distance between the down-conductors should comply with 5.2, 5.3 and Table 4.

Figure E.36 – Installation of external LPS on a structure of insulating material with different roof levels

Рисунок E.36 - Влаштування зовнішньої LPS на споруді з ізоляційного матеріалу з різними рівнями покрівлі

У тих будівлях (спорудах), де відсутні безперервні струмопровідні частини, струм блискавки проходить лише звичайною системою доземних провідників LPS. З цієї причини геометрія доземних провідників визначає електромагнетні поля всередині будівлі (споруди) (див. Рис. E.37).

In structures without extensive continuous conductive parts, the lightning current only flows through the ordinary down-conductor system of the LPS. For this reason the geometry of down-conductors determines the electromagnetic fields within the interior of the structure (see Figure E.37).

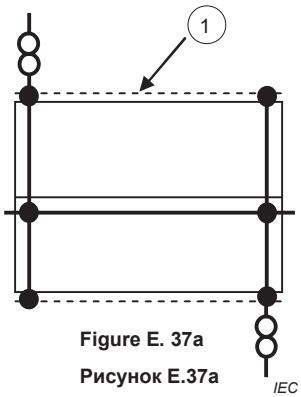


Figure E. 37a

Рисунок E.37a

IEC 2715/10

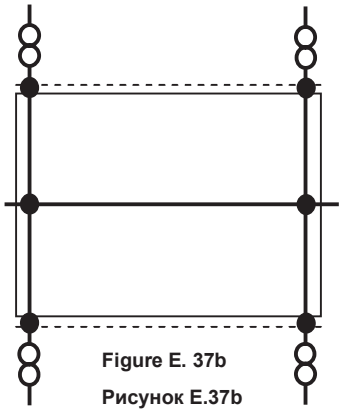


Figure E. 37b

Рисунок E.37b

IEC 2716/10

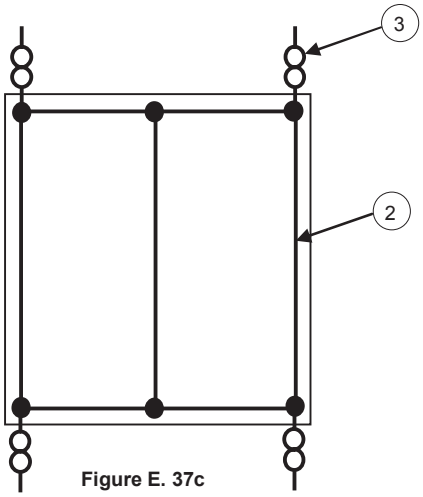


Figure E. 37c

Рисунок E.37c

IEC 2717/10

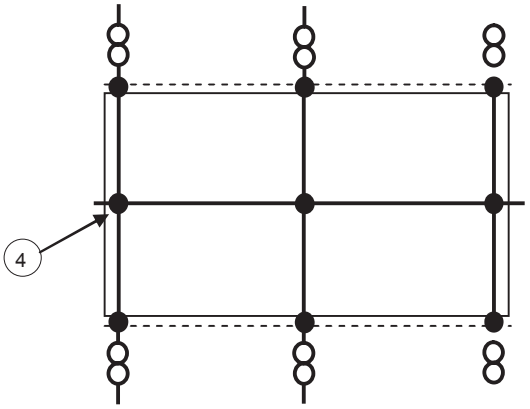


Figure E. 37d

Рисунок E.37d

IEC 2718/10

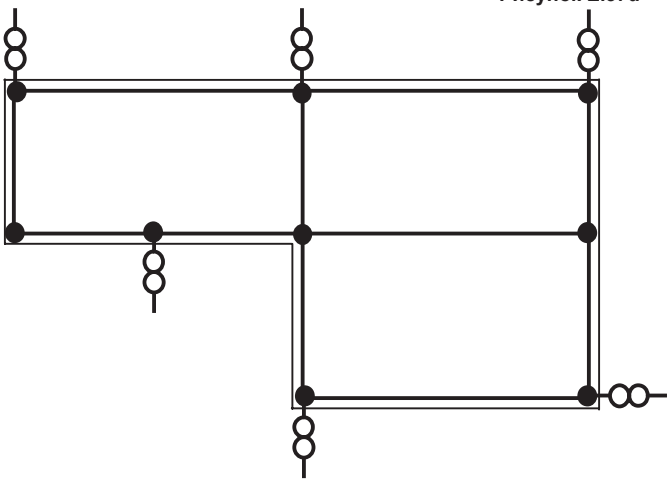


Figure E. 37e

Рисунок E.37e

IEC 2719/10

Умовні позначення

1	природні компоненти LPS, приміром, ринштоки
2	провідники LPS
3	контрольний злучник
4	злучник

ПРИМІТКА Крок доземних провідників та розмір комірки сітки мають відповідати обраному рівню блискавкозахисту згідно Таблиць 2 й 4.

Key

1	natural components of the LPS, e.g. gutters
2	LPS conductors
3	test joint
4	joint

NOTE The distance between the down-conductors and the mesh size should comply with the selected lightning protection level according to Tables 2 and 4.nd Table 4.

Figure E.37 – Five examples of geometry of LPS conductors

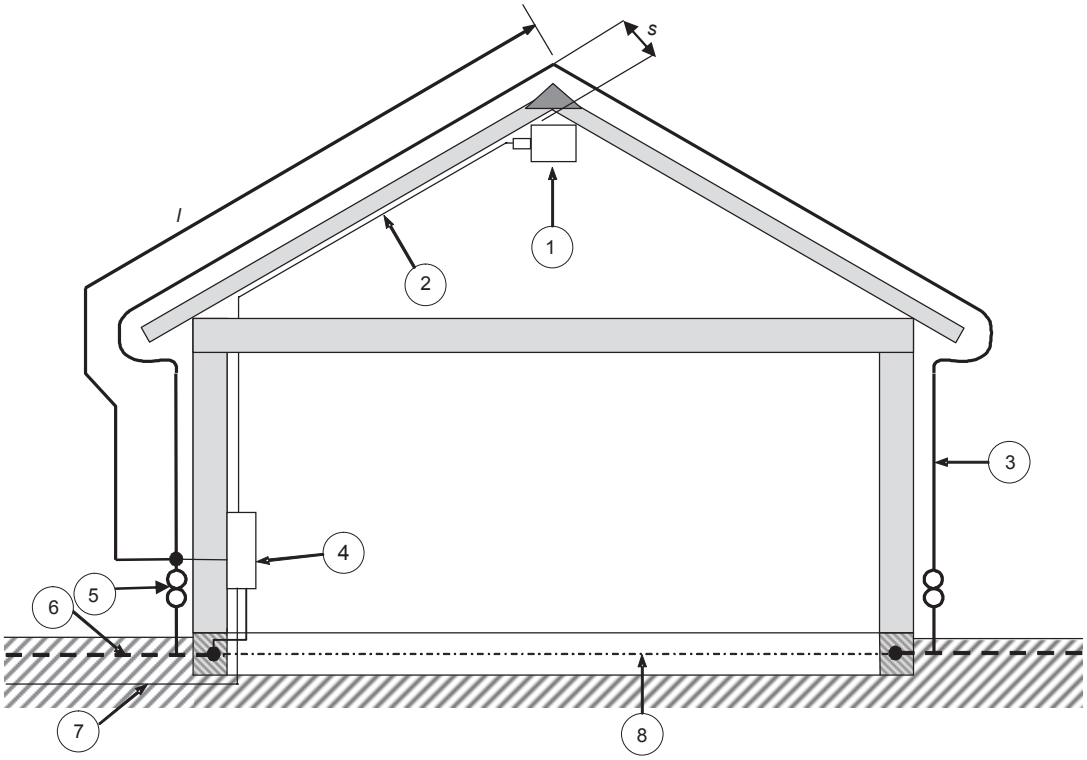
Рисунок E.37 - П'ять прикладів геометрії провідників LPS

Коли число доземних провідників збільшено, роздільну відстань може бути зменшено відповідно до коефіцієнту k_c (див. 6.3).

Згідно 5.3.3 на будівлі (споруді) має бути щонайменше два доземних провідники.

When the number of down-conductors is increased, the separation distance can be reduced according to the coefficient k_c (see 6.3).

According to 5.3.3, at least two down-conductors should be used on a structure.



Умовні позначення

1	електроустаткування
2	електропровідня
3	провідники LPS
4	головний розподільник з SPD
5	контрольний злучник
6	система земляного закінчення
7	електричний силовий кабель
8	фундаментний уземлювальний електрод
s	роздільна відстань згідно з 6.3
l	довжина для оцінювання роздільної відстані *s*

ПРИМІТКА Приклад ілюструє проблеми, які заподіюються електроенергетичному або іншому струмопровідному устаткованню у просторі під покрівлею будинку.

Key

1	electric equipment
2	electric conductors
3	LPS conductors
4	main electric power distribution box with SPD
5	test joint
6	earth-termination system
7	electric power cable
8	foundation earth electrode
s	separation distance according to 6.3
l	length for the evaluation of the separation distance *s*

NOTE The example illustrates the problems introduced by electric power or other conductive installations in the roof space of a building.

Figure E.38 – Construction of an LPS using only two down-conductors and foundation earth electrodes

Рисунок E.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 проектуються як сталеві каркаси або сталеві та залізобетонні

For large structures, such as high-rise apartment buildings and, in particular, industrial and administrative structures, which are often designed as steel skeletons or steel and concrete skeleton structures, or which use

каркасні конструкції, або в яких використовується залізобетон, струмопровідні компоненти будівлі (споруди) може бути використано у ролі природних доземних провідників.

steel-reinforced concrete, the conductive structure components may be used as natural down-conductors.

Повний комплексний опір LPS для таких будівель (споруд) є досить низьким, й вони дають дуже ефективний захист від блискавки для внутрішнього устаткування. Особливо доцільним є використання струмопровідних поверхонь стін у ролі 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 згідно з 5.3.5.

The total impedance of the LPS for such structures is fairly low and they afford a very efficient lightning protection for inner installations. It is particularly advantageous to use conductive wall surfaces as down-conductors. Such conductive wall surfaces might be: reinforced concrete walls, metallic sheet facade surfaces and facades of prefabricated concrete elements, provided they are connected and interlinked according to 5.3.5.

Рисунок E.4 подає докладний опис належного виконання LPS з використанням природних компонентів LPS, таких як взаємопов'язана сталь.

Figure E.4 provides a detailed description of the proper construction of an LPS using natural LPS components such as interconnected steel.

Використання природних компонентів, що містять конструкційну сталь, зменшує падіння напруги між системою перехоплення і системою земляного закінчення, та електромагнетні завади, спричинені струмом блискавки всередині будівлі (споруди).

Use of natural components containing structural steel reduces the voltage drop between the air-termination system and the earth-termination system and the electromagnetic interference caused by lightning current within the structure.

Якщо систему перехоплення сполучено зі струмопровідними частинами колон у комплексі будівлі (споруди) та з системою еквіпотенційних сполучень на рівні землі, частина струму блискавки проходить цими внутрішніми доземними провідниками. Магнетне поле цього часткового струму блискавки впливає на прилегле обладнання і має враховуватися під час проектування внутрішньої LPS та електричного й електронного устаткування. Величина цих часткових струмів залежить від розмірів будівлі (споруди) й від числа колон, за припущення, що форма хвилі струму відповідає формі хвилі струму блискавки.

If the air-termination system is connected to the conductive parts of the columns within the structure complex and to the equipotential bonding at ground level, a portion of the lightning current flows through these internal down-conductors. The magnetic field of this partial lightning current influences neighbouring equipment and has to be considered in the design of the internal LPS and electrical and electronic installations. The magnitude of these partial currents depends on the dimensions of the structure and on the number of columns, assuming the current waveform follows the waveform of the lightning current.

Якщо система перехоплення є ізольованою від внутрішніх колон, тоді струм не проходитиме колонами у комплексу будівлі (споруди), якщо тільки ізоляцію не буде пробито. Якщо ізоляцію буде пробито у непередбаченому місці, більший частковий струм може проходити певною колоною або групою колон. Крутизна струму може збільшуватись завдяки зменшенню уявної тривалості фронту хвилі, спричиненого пробиттям, й прилегле обладнання наражається на небезпеку більшою мірою, ніж це було б у випадку контрольованого сполучення колон з системою LPS будівлі (споруди).

If the air-termination system is isolated from the internal columns no current flows through the columns within the structure complex, provided the isolation does not break down. If the isolation breaks down at an unpredicted point, a larger partial current may flow through a particular column or group of columns. The current steepness may increase due to the reduced virtual duration of the wave front caused by the breakdown and the neighbouring equipment is affected to a greater extent than it would be in the case of controlled bonding of columns to the LPS of the structure.

Рисунок E.10 є прикладом встановлення внутрішніх доземних провідників у великій залізобетонній будівлі (споруді) промислового призначення. За планування внутрішньої LPS належить враховувати електромагнетне середовище поруч із внутрішніми колонами.

E.5.3.4.2 Неізольовані доземні провідники

У будівлях (спорудах) зі значним числом струмопровідних частин у зовнішніх стінах, провідники перехоплювачів й систему земляного закінчення належить сполучити зі струмопровідними частинами будівлі (споруди) у кількох точках. Це дозволить зменшити роздільну відстань згідно 6.3.

Завдяки таким з'єднанням струмопровідні частини будівлі (споруди) використовуються як доземні провідники, а також як сполучні шини.

У великих плоских будівлях (промислові споруди, виставкові зали і т. ін.) з розмірами, які вчетверо перевищують крок доземних провідників, належить встановити додаткові внутрішні доземні провідники, де це можливо, приблизно що кожні 40 м, аби зменшити роздільну відстань, коли струм блискавки долатиме великі відстані плоскою покрівлею.

Усі внутрішні колони й усі внутрішні стіни перегородок зі струмопровідними частинами належить сполучити з системою перехоплювачів та з системою земляного закінчення у придатних місцях.

Рисунок E.10 показує LPS великої будівлі (споруди) з внутрішніми колонами із залізобетону. Щоб уникнути небезпечного іскріння між різними струмопровідними частинами будівлі (споруди), риштунок колон сполучено з системою перехоплювачів і системою уземлення. Як наслідок, частина струму блискавки плинутиме внутрішніми доземними провідниками. Проте, струм розподіляється між численними доземними провідниками і має приблизно таку ж форму хвилі, що й струм імпульсу блискавки. Тим не менш, крутизна фронту хвилі зменшується. Якщо цих з'єднань не зроблено й відбувається перекриття ізоляції, лише один або декілька з цих внутрішніх доземних провідників можуть нести струм.

Форма хвилі струму перекриття ізоляції буде суттєво крутішою за струм блискавки, тому напруга, наведена у прилеглих петлях електропровідні буде значно збільшеною.

Для таких будівель (споруд) є особливо

Figure E.10 is an example of the construction of internal down-conductors in a large steel reinforced concrete structure used for industrial purposes. The electromagnetic environment near to the inner columns shall be considered when planning the internal LPS.

E.5.3.4.2 Non-isolated down-conductors

In structures with extensive conductive parts in the outer walls, the air-termination conductors and the earth-termination system should be connected to the conductive parts of the structure at a number of points. This will reduce the separation distance according to 6.3.

As a result of these connections the conductive parts of a structure are used as down-conductors and also as equipotential bonding bars.

In large, flat structures (typically industrial structures, exhibition halls, etc.) with dimensions over four times the spacing of the down-conductors, extra internal down-conductors should be provided, wherever possible, approximately every 40 m to minimize the separation distance when the lightning current is flowing long distances over a flat roof.

All internal columns and all internal partition walls with conductive parts should be connected with the air-termination system and with the earth-termination system at suitable points.

Figure E.10 shows the LPS of a large structure with internal columns made of steel-reinforced concrete. To avoid dangerous sparking between different conductive parts of the structure, the reinforcement of the columns is connected to the air-termination system and to the earth termination system. As a result, a portion of the lightning current will flow through these internal down-conductors. However, the current is divided among numerous down-conductors and has approximately the same waveform as the current in the lightning stroke. The steepness of the wavefront, however, is reduced. If these connections are not made and a flashover occurs, only one or a few of these internal down-conductors may carry the current.

The waveform of the flashover current will be considerably steeper than the lightning current, so the voltage induced in neighbouring circuit loops will be considerably increased.

For such structures, it is particularly important

важливим, щоб перед початком проектування будівлі (споруди), проект будівлі (споруди) і проект LPS були узгоджені між собою так, щоб струмопровідні частини будівлі (споруди) могли використовуватись для блискавкозахисту. Завдяки добре узгодженому проектуванню досягається створення високоефективної LPS за мінімальних витрат.

that before commencing the design of the structure, the structure's design as well as the design of the LPS should be harmonized so that conductive parts of the structure can be utilized for lightning protection. By means of wellcoordinated design, a highly effective LPS is achieved at minimum cost.

Блискавкозахист простору та людей під навислими верхніми поверхами, такими як консольний вищий поверх, має бути виконано згідно 4.2.4.2 й Рис. E.3.

Lightning protection of space and persons below an overhanging upper storey, such as a cantilevered upper floor, should be designed according to 4.2.4.2 and Figure E.3.

Встановлення доземних провідників безпосередньо у зовнішньому тиньку не рекомендується, оскільки тиньк може бути пошкоджено унаслідок теплового розширення. Крім того, тиньк може набувати забарвлення унаслідок хімічних реакцій. Пошкодження тиньку є особливо ймовірним за підвищення температури та прикладенні механічних сил, що виникають через дію струму блискавки; провідники з покриттям із ПВХ запобігають забарвленню.

Direct installation of down-conductors within the external plaster is not recommended since the plaster may be damaged as a result of thermal expansion. Moreover, the plaster may be discoloured as a result of chemical reaction. Damage to the plaster is particularly likely as a result of temperature rise and mechanical forces exerted by lightning current; PVC-covered conductors prevent staining.

E.5.3.5 Природні компоненти

E.5.3.5 Natural components

Використання природних доземних провідників для максимального збільшення загального числа паралельних провідників струму є рекомендованим, оскільки це мінімізує падіння напруги у системах доземних провідників й зменшує електромагнетні завади всередині будівлі (споруди). Проте, належить забезпечити, щоб такі доземні провідники були електрично нерозривними уздовж всього шляху між системою перехоплювачів й системою земляного закінчення.

The use of natural down-conductors to maximize the total number of parallel current conductors is recommended as this minimizes the voltage drop in down-conductor systems and reduces the electromagnetic interference within the structure. However, it should be ensured that such down-conductors are electrically continuous along the entire path between the air-termination system and the earth-termination system.

Сталевий риштунок у бетонних стінах має використовуватись у ролі природного компоненту LPS, як це показано на Рисунку E.27.

The steel reinforcement in concrete walls should be used as a natural component of the LPS as illustrated in Figure E.27.

Сталевий риштунок новобудов має бути специфіковано згідно E.4.3. Якщо електричну безперервність природних доземних провідників не може бути гарантовано, належить встановити звичайні доземні провідники.

Steel reinforcement of newly erected structures should be specified in accordance with E.4.3. If electrical continuity of the natural down-conductors cannot be guaranteed, conventional down-conductors should be installed.

Металева ринва, яка відповідає вимогам до природних доземних провідників згідно з 5.3.5, може правити за доземний провідник.

A metallic rain-pipe which satisfies the conditions for natural down-conductors according to 5.3.5 may be used as a down-conductor.

Рисунки E.22a, E.22b та E.22c показують приклади закріплення провідників на покрівлі й доземних провідників, з відповідними геометричними розмірами

Figures E.22a, E.22b and E.22c show examples of fixing the conductors on the roof and the down-conductors including appropriate geometrical dimensions, and Figures E.22c

включно, а Рисунки E.22c та E.22d показують схему з'єднань доземного провідника з металевою ринвою, струмопровідними ринштоками та провідником земляного закінчення.

and E.22d show the connections of the down-conductor to the metallic rain-pipe, the conductive gutters and the earth-termination conductor.

Стрижні риштунку стін або бетонних колон й сталеві конструкційні каркаси можуть правити за природні доземні провідники.

The reinforcing rods of walls or concrete columns and steel structural frames may be used as natural down-conductors.

Металевий фасад або фасадне покриття будівлі (споруди) може правити за природний доземний провідник згідно з 5.3.5.

A metal facade or a facade covering on a structure may be used as a natural down-conductor conforming to 5.3.5.

Рисунок E.8 показує конструкцію системи природних доземних провідників з використанням металевих елементів фасаду й сталевого риштунку бетонних стін, як еквіпотенційної опорної площини, до якої приєднуються сполучні шини внутрішньої LPS.

Figure E.8 shows construction of a natural down-conductor system using metal facade elements and steel reinforcing in the concrete walls as the equipotentialization reference plane to which the equipotentialization bars of the internal LPS are connected.

Ці підключення має бути виконано у верхній частині облямівки стіни - до системи перехоплювачів та у нижній частині - до системи земляного закінчення й до стрижнів риштунку бетонних стін, якщо це є можливим.

Connections should be provided at the top of the wallcovering, to the air-termination system and at the bottom of the earth-termination system and to the reinforcing rods of the concrete walls, if applicable.

Розподіл струму у 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 випадку висотних будівель (споруд), довжина панелі не відповідає висоті будівлі (споруди) у зв'язку з проблемами транспортування. Тоді увесь фасад складається з декількох секцій, закріплених одна над одною.

The distribution of current in such metal facades is more consistent than in reinforced concrete walls. Sheet metal facades comprise individual panels generally of trapezoidal cross-section with a width between 0,6 m and 1,0 m and a length corresponding to the height of the structure. In the case of high-rise structures, the panel length does not correspond to the structure height due to transport problems. The whole facade then comprises a number of sections mounted one above the other.

Для металевого фасаду максимальне теплове розширення належить обчислювати як різницю довжин, яка утворюється на основі максимальної температури металевого фасаду під сонячними променями у +80 °C й мінімальної температури у-20 °C.

For a metal facade, the maximum thermal expansion should be calculated as the difference in length produced by a maximum temperature of the metal facade in sunlight of approximately +80 °C and a minimum temperature of –20 °C.

Різниця температур у 100 °C відповідає тепловому розширенню у 0,24% для алюмінію й у 0,11% для сталі.

The temperature difference of 100 °C corresponds to a thermal expansion of 0,24 % for aluminium and 0,11 % for steel.

Теплове розширення панелей призводить до зміщення панелей щодо наступної секції або тримачів.

Thermal expansion of the panels results in movement of the panels with respect to the next section or to the fixtures.

Металеві сполучення, такі, як показано на Рисунку E.35, сприяють рівномірному розподілу струму у металевих фасадах, чим зменшують вплив електромагнетного поля всередині будівлі (споруди).

Metal connections, such as those depicted in Figure E.35, encourage uniform current distribution in metal facades and thus reduce the influence of the electromagnetic field inside the structure.

Металевий фасад створює максимальне електромагнетне екранування за умови, що його електрично з'єднано по усій площі.

Висока ефективність електромагнетного екранування будівлі (споруди) досягається за умови постійного сполучення, з достатньо малими інтервалами, прилеглих металевих фасадів.

Симетрія розподілу струму безпосередньо пов'язана з числом з'єднань.

За наявності суворих вимог до здатності екрану ослаблювати завади, та якщо у фасаді є вікна з суцільним стрічковим склінням, такі вікна належить сполучити за допомогою провідників з невеликими інтервалами між ними. Це може бути виконано за допомогою металевих віконних рам. Сполучення металевого фасаду з віконними рамами належить встановлювати з короткими проміжками. Зазвичай, кожен край сполучається з горизонтальною анкерною балкою віконної рами з проміжками, які не перевищують відстані між вертикальними елементами конструкції вікна. Завжди слід уникати згинів та обводів (див. Рис. E.9).

Металеві фасади, що складаються з відносно невеликих елементів, які не з'єднано між собою, не можуть правити за систему природних доземних провідників або за електромагнетний екран.

Більше відомостей про захист електроустаткування та електроніки у будівлях (спорудах) наведено у IEC 62305-4.

E.5.3.6 Перевірочний злучник

Перевірочні злучники полегшують вимірювання опору землі системи земляного закінчення.

Перевірочні злучники відповідно до 5.3.6 належить встановлювати на з'єднанні доземних провідників із системою земляного закінчення. Ці злучники полегшують визначення, шляхом вимірювання, наявності достатнього числа сполучень з системою земляного закінчення. Таким чином, можна перевірити наявність нерозривних сполучень між перевірочним злучником й системою перехоплювачів або наступною сполучною шиною. На високих будівлях (спорудах), кільцеві провідники сполучаються з доземними провідниками, які може бути встановлено у стіні й вони можуть бути недосяжними для огляду; їхнє існування може бути підтверджено лише електричними вимірюваннями.

A metal facade produces maximum electromagnetic shielding when it is electrically interconnected over its whole area.

High electromagnetic shielding efficiency of a structure is obtained when permanent bonding of adjacent metal facades is carried out at sufficiently small intervals.

Symmetry of current distribution relates directly to the number of connections.

If stringent requirements with respect to shield attenuation exist and continuous strip windows are incorporated in such a facade, the continuous strip windows should be bridged by means of conductors at small intervals. This may be done by means of metal window frames. The metal facade should be connected to the window frame at short intervals. Generally, each ridge is connected to the horizontal tie-beam of the window frame at intervals not exceeding the spacing of the vertical members of the window construction. Bends and detours should always be avoided (see Figure E.9).

Metal facades comprised of relatively small elements which are not interconnected cannot be used as a natural down-conductor system or for electromagnetic shielding.

More information on the protection of electrical installations and electronics in structures is available in IEC 62305-4.

E.5.3.6 Test joint

Test joints facilitate measurements of the earth resistance of earth-termination system.

Test joints conforming to 5.3.6, should be installed in the connection of the down-conductors to the earth-termination system. These joints facilitate the determination by measurement that an adequate number of connections to the earth-termination system still exist. It is thus possible to validate the existence of continuous connections between the test joint and the air-termination system or the next bonding bar. On tall structures, ring-conductors are connected to the down-conductors, which may be installed in the wall and invisible to the eye; their existence may only be confirmed by electric measurement.

На Рисунках від E.39a до E.39d показано приклади перевірочних злучників, які може бути встановлено на внутрішній або зовнішній стіні будівлі (споруди) або у контрольній коробці у землі поза межами будівлі (споруди) (див. Рис. E.39b). Для забезпечення вимірювання безперервності, деякі провідники можуть мати ізоляційні оболонки у критичних ділянках.

Figure E.39a through Figure E.39d show examples of test joint designs, which may be installed on the inner or outer wall of a structure or in a test box in the earth outside the structure (see Figure E.39b). To make the continuity measurements possible, some conductors may have to have isolating sheaths on critical sections.

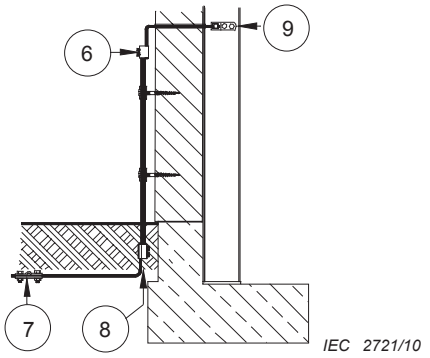


Figure E.39a
Рисунок E.39a

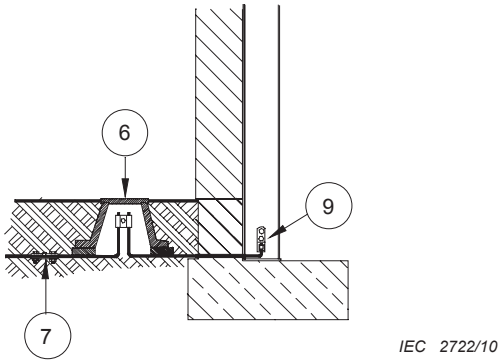


Figure E.39b
Рисунок E.39b

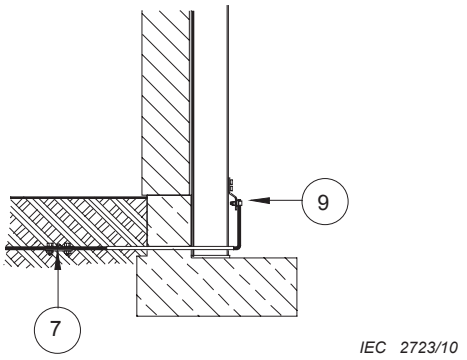


Figure E.39c
Рисунок E.39c

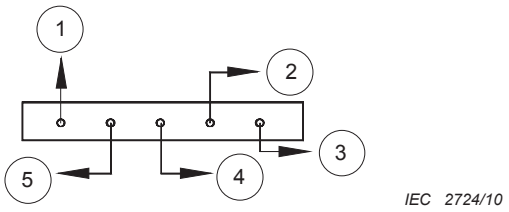


Figure E.39d
Рисунок E.39d

Варіант 1 – Перевірочний злучник на стіні

1 доземний провідник
2 уземлювальний електрод типу B, якщо є придатним
3 уземлювальний електрод типу A, якщо є придатним
4 фундаментний уземлювальний електрод
5 сполучення з внутрішньою LPS
6 перевірочний злучник на стіні
7 корозійностійкий T-злучник у ґрунті
8 корозійностійкий злучник у ґрунті
9 злучник між провідником блискавкозахисту та сталевою колоною

Варіант 2 – Перевірочний злучник у підлозі

1 доземний провідник
2 уземлювальний електрод типу A, якщо є придатним
3 сполучна шина внутрішньої LPS
4 кільцевий уземлювальний електрод типу B
5 кільцевий уземлювальний електрод типу B
6 перевірочний злучник у підлозі
7 корозійностійкий T-злучник у ґрунті
8 корозійностійкий злучник у ґрунті
9 злучник між провідником блискавкозахисту та сталевою колоною

ПРИМІТКА 1 Перевірочний злучник, який деталізовано на рисунку E.39d, належить встановлювати на внутрішній або зовнішній стіні будівлі (споруди) або у контрольній коробці у ґрунті за межами будівлі (споруди).

ПРИМІТКА 2 Аби зробити вимірювання опору петлі можливим, деяким провідникам належить мати ізоляційні оболонки уздовж критичних ділянок.

Alternative 1 – Test joint on wall

1 down-conductor
2 type B earth electrode, if applicable
3 type A earth electrode, if applicable
4 foundation earth electrode
5 bonding to the internal LPS
6 test joint on the wall
7 corrosion-resistant T-joint in soil
8 corrosion-resistant joint in soil
9 joint between lightning conductor and a steel girder

Alternative 2 – Test joint in the floor

1 down-conductor
2 type A earth electrode, if applicable
3 bonding bar of the internal LPS
4 type B – Ring earth electrode
5 type B – Ring earth electrode
6 test joint in the floor
7 corrosion-resistant, T-joint in soil
8 corrosion-resistant joint in soil
9 joint between lightning conductor and a steel girder

NOTE 1 The test joint detailed in Figure E.39d should be installed on the inner or outer wall of a structure or in a test box in the earth outside the structure.

NOTE 2 To make the loop resistance measurements possible, some of the connecting conductors should have isolating sheaths along critical sections.

Figure E.39 – Four examples of connection of earth-termination to the LPS of structures using natural down-conductors (girders) and detail of a test joint

Рисунок E.39 - Чотири приклади підключення земляного закінчення до LPS споруд з використанням природних доземних провідників (колон) та подробиці перевірочних злучників

Якщо це має сенс (приміром, за підключення уземлення до сталевих колон за допомогою сполучних провідників), сполучення природних доземних провідників з уземлювальними електродами може бути здійснено ізольованими сегментами провідників та перевірочних злучників. Належить встановити спеціяльні опорні уземлювальні електроди, аби полегшити контроль системи земляного закінчення LPS.

E.5.4 Система земляного закінчення

E. 5.4.1 Загальні положення

Проектувальнику LPS та монтажнику LPS належить вибрати відповідні типи уземлювальних електродів та належить розмістити їх на безпечній відстані від входів і виходів будівлі (споруди) та від зовнішніх струмопровідних частин у ґрунті, таких як кабелі, металеві канали і т. ін. Тому проектувальнику LPS та монтажнику LPS належить вжити заходів для захисту від небезпечної крокової напруги поблизу мереж земляного закінчення, якщо їх встановлено у місцях, доступних для людей (див. Розділ 8).

Рекомендована величина загального опору уземлення у 10 Ом є достатньо консервативною для будівель (споруд), у яких застосовуються безпосередні еквіпотенційні сполучення. Величина опору має бути якнайнижчою у кожному випадку, але особливо у випадку будівель (споруд), з загрозою від вибухових речовин. Проте, найважливішим заходом є влаштування еквіпотенційних сполучень.

Глибина прокладення й тип уземлювачів мають бути такими, щоб мінімізувати вплив корозії, висихання і замерзання ґрунту й тим самим стабілізувати еквівалентний опір землі.

Рекомендується, щоб перших півметра вертикального уземлювача не розглядалися як ефективні в умовах морозу.

Глибоко закопані уземлювачі можуть бути ефективним в особливих випадках, коли опір ґрунту зменшується з глибиною і коли нижні шари ґрунту з низьким питомим опором залягають на глибині більшій, ніж та, якої зазвичай сягають стрижневі електроди.

Коли металевий риштунок бетону використовується як уземлювальний електрод, особлива увагу належить приділяти з'єднанням для запобігання механічному розколюванню бетону.

Якщо металевий риштунок використовується також у якості захисної землі, належить

If it makes sense (e.g. in the case of earthing connections to steel columns via connecting conductors), connections from natural down-conductors to earth-termination electrodes may be provided with isolated conductor segments and testing joints. Special reference earth electrodes should be installed to facilitate monitoring of the earth-termination system of an LPS.

E.5.4 Earth-termination system

E.5.4.1 General

The LPS designer and the LPS installer should select suitable types of earth electrodes and should locate them at safe distances from entrances and exits of a structure and from the external conductive parts in the soil, such as cables, metal ducts, etc. Hence the LPS designer and the LPS installer should make special provisions for protection against dangerous step voltages in the vicinity of the earth-termination networks if they are installedin areas accessible to the public (see Clause 8).

The recommended value of the overall earth resistance of 10 Ω is fairly conservative in the case of structures in which direct equipotential bonding is applied. The resistance value should be as low as possible in every case but especially in the case of structures endangered by explosive material. Still the most important measure is equipotential bonding.

The embedded depth and the type of the earth electrodes should be such as to minimize the effects of corrosion, soil drying and freezing and thereby stabilize the equivalent earth resistance.

It is recommended that the first half metre of a vertical earth electrode should not be regarded as being effective under frost conditions.

Deep-driven earth electrodes can be effective in special cases where soil resistivity decreases with depth and where substrata of low resistivity occur at depths greater than those to which rod electrodes are normally driven.

When the metallic reinforcement of concrete is used as an earth electrode, special care should be exercised at the interconnections to prevent mechanical splitting of the concrete.

If the metal reinforcement is also used for the protective earth, the most severe measure in respect of thickness of the rods and the

обрати суворіші заходи щодо товщини стрижнів і сполучень. У цьому випадку належить розглянути застосування стрижнів риштунку збільшених розмірів. Повсякчас належить бути визнаною потреба у коротких та прямих з'єднаннях для уземлення блискавкозахисту.

ПРИМІТКА У випадку попередньо напруженого бетону належить враховувати наслідки проходження струму виснаги блискавки, який може споводувати неприйнятні механічні зусилля.

E.5.4.2 Типи розміщення уземлювальних електродів

E.5.4.2.1 Розміщення типу A

Система земляного закінчення типу A є придатною для низьких споруд (приміром, для будинків на одну родину), існуючих споруд або LPS зі стрижнями або натягненими тросами, або для ізольованої LPS.

Така система включає у себе горизонтальні чи вертикальні уземлювальні електроди, з'єднані з кожним доземним провідником.

За наявності кільцевого провідника, який об'єднує доземні провідники, і який контактує з ґрунтом, розміщення уземлювальних електродів все одно класифікується як тип A, якщо кільцевий провідник є у контакті з ґрунтом менше ніж на 80 % його довжини.

У розміщенні типу A мінімальне число уземлювальних електродів має становити по одному для кожного доземного провідника й щонайменше два для LPS у цілому.

E.5.4.2.2 Розміщення типу B

Система земляного закінчення типу B є переважною для сіткових систем перехоплювачів та для LPS з кількома доземними провідниками.

Така система включає у себе або кільцевий уземлювальний електрод зовні будівлі (споруди), який є у контакті з ґрунтом принаймні на 80% від його загальної довжини, або фундаментний уземлювальний електрод.

Для голої твердої скелі рекомендується лише схема розміщення уземлення типу B.

E .5.4.3 Спорудження

E .5.4.3.1 Загальні положення

Системи земляного закінчення мають виконувати такі задачі:

- проведення струму блискавки у землю;

respect of thickness of the rods and the connection should be chosen. In this case, larger sizes of reinforcement bars could be considered. The need for short and straight connections for the lightning protection earthing should be recognized at all times.

NOTE In the case of pre-stressed concrete, consideration should be given to the consequences of the passage of lightning discharge currents, which may produce unacceptable mechanical stresses.

E.5.4.2 Types of earth electrode arrangements

E.5.4.2.1 Type A arrangement

The type A earth-termination system is suitable for low structures (for example family houses), existing structures or an LPS with rods or stretched wires or for an isolated LPS.

This type of arrangement comprises horizontal or vertical earth electrodes connected to each down-conductor.

Where there is a ring conductor, which interconnects the down-conductors, in contact with the soil the earth electrode arrangement is still classified as type A if the ring conductor is in contact with the soil for less than 80 % of its length.

In a type A arrangement the minimum number of earth electrodes should be one for each down-conductor and at least two for the whole LPS.

E.5.4.2.2 Type B arrangement

The type B earth-termination system is preferred for meshed air-termination systems and for LPS with several down-conductors.

This type of arrangement comprises either a ring earth electrode external to the structure, in contact with the soil for at least 80 % of its total length, or a foundation earth electrode.

For bare solid rock, only the type B earthing arrangement is recommended.

E.5.4.3 Construction

E.5.4.3.1 General

Earth-termination systems should perform the following tasks:

– conduction of the lightning current into the earth;

- еквіпотенційні сполучення між доземними провідниками;
- регулювання потенціалів поблизу струмопровідних стін будівлі (споруди).

Фундаментні уземлювальні електроди та кільцеві уземлювальні електроди типу B відповідають усім цим вимогам. Радіальні уземлювальні електроди типу A або глибинні вертикальні не відповідають цим вимогам стосовно еквіпотенційних сполучень й регулювання потенціалів.

Фундаменти будівель (споруд) із взаємозв'язаного залізобетону належить використовувати як фундаментні уземлювальні електроди. Вони показують дуже низький опір землі та створюють чудове еквіпотенційне сполучення. Якщо це неможливо, навколо будівлі (споруди) має бути встановлено систему земляного закінчення, переважно кільцевий уземлювальний електрод типу B.

E.5.4.3.2 Фундаментні уземлювальні електроди

Фундаментний уземлювальний електрод, який відповідає 5.4.4, включає у себе провідники, встановлених у фундаменті будівлі (споруди) під землею. Довжина додаткових уземлювальних електродів визначається за діаграмою на Рисунку 3.

Фундаментні уземлювальні електроди встановлено у бетоні. Їхня перевага полягає у тому, що, якщо бетон має відповідну структуру й вкриває фундаментний уземлювальний електрод щонайменше на 50 мм, вони є ґрунтовно захищеними від корозії. Належить також пам'ятати, що стрижні риштунку у бетоні генерують таку ж величину гальванічного потенціалу як і мідні провідники у ґрунті. Це забезпечує добре інженерне рішення у проектуванні систем земляного закінчення для залізобетонних конструкцій (див. E.4.3).

Метали, які використовуються для уземлювальних електродів, мають відповідати 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, має бути з'ясовано досвід щодо систем земляного закінчення на суміжних ділянках, з ґрунтом, який має схожі хімічні властивості та консистенцію. Закопуючи траншеї уземлювальних електродів, належить пильнувати, аби золовий пил, грудки вугілля

– equipotential bonding between the down-conductors;
– potential control in the vicinity of conductive building walls.

The foundation earth electrodes and the type B ring-type earth electrodes meet all these requirements. Type A radial earth electrodes or deep-driven vertical earth electrodes do not meet these requirements with respect to equipotential bonding and potential control.

The structure foundations of interconnected steel-reinforced concrete should be used as foundation earth electrodes. They exhibit very low earthing resistance and perform an excellent equipotentialization reference. When this is not possible, an earth-termination system, preferably a type B ring earth electrode, should be installed around the structure.

E.5.4.3.2 Foundation earth electrodes

A foundation earth electrode, which conforms to 5.4.4, comprises conductors, which areinstalled in the foundation of the structure below ground. The length of additional earthelectrodes should be determined using the diagram in Figure 3.

Foundation earth electrodes are installed in concrete. They have the advantage that, if theconcrete is of adequate construction and covers the foundation earth electrode by at least 50 mm, they are reasonably protected against corrosion. It should also be remembered that reinforcing steel rods in concrete generate the same magnitude of galvanic potential as copper conductors in soil. This offers a good engineering solution to the design of earthtermination systems for reinforced concrete structures (see E.4.3).

Metals used for earth electrodes should conform to the materials listed in Table 7, and the behaviour of the metal with respect to corrosion in the soil should always be taken into account. Some guidance is given in 5.6. When guidance for particular soils is not available, the experience with earth-termination systems in neighbouring plants, with soil exhibiting similar chemical properties and consistency, should be ascertained. When the trenches for earth electrodes are refilled, care should be taken that no fly ash, lumps of coal or building rubble is in direct contact with the earth electrode.

або будівельне сміття не мали контакту із уземлювальними електродами.

Додаткова проблема повстає через електрохімічну корозію, спричинену гальванічними струмами. Сталь у бетоні має приблизно такий самий гальванічний потенціал у електрохімічному ряду, як мідь у ґрунті. Тому, коли сталь у бетоні з’єднано зі сталлю у ґрунті, рушійна гальванічна напруга близько 1 В спричиняє проходження корозійного струму ґрунтом й вологим бетоном та розкладає сталь у ґрунті.

Уземлювальні електроди у ґрунті мають використовувати провідники з міді, помідненої сталі або з нержавної сталі, якщо їх з'єднано зі сталлю у бетоні.

Периметром будівлі (споруди), у стрічковому фундаменті, належить прокласти металевий провідник, відповідно до Таблиці 7, або поцинковану штабу і вивести догори з'єднувальні провідники, що ведуть у визначені кінцеві точки перевірочних злучників доземних провідників.

Прокладення спрямованих догори провідників, з’єднаних із доземними провідниками, може бути здійснено муром, у тиньку або у стіні. Сталеві сполучні дроти, встановлені у стіні, може бути пропущено крізь руберойд, який зазвичай використовується між фундаментом і муром. Проколювання бар’єру вологи у цьому місці зазвичай не становить проблеми.

Гідроізоляційний шар, який часто вставляється під фундамент будівлі (споруди) аби зменшити вологість у підвальних поверхах, становить постійну електричну ізоляцію. Уземлювальний електрод встановлюється під фундаментом у бетонній підготовці. Проект системи земляного закінчення належить узгодити із забудовником.

За високого рівня ґрунтових вод, фундамент будівлі (споруди) належить ізолювати від підземних вод. На зовнішню поверхню фундаменту належить нанести ущільний водонепроникний шар, який також забезпечує електричну ізоляцію. Звичайною практикою у створенні такого водонепроникного фундаменту є залити чистий шар бетону близько 10-15 см завтовшки на дні копані, на який вкладеться ізоляція, а тоді вже бетонний фундамент.

Фундаментний уземлювальний електрод, що складається з мережі з розміром комірки не більше, ніж 10 м, належить встановити у чистому шарі бетону на дні фундаментної

A further problem arises from electrochemical corrosion due to galvanic currents. Steel in concrete has approximately the same galvanic potential in the electrochemical series as copper in soil. Therefore, when steel in concrete is connected to steel in soil, a driving galvanic voltage of approximately 1 V causes a corrosion current to flow through the soil and the wet concrete and dissolve steel in soil.

Earth electrodes in soil should use copper, copper coated steel or stainless steel conductors where these are connected to steel in concrete.

At the perimeter of a structure, a metal conductor, in accordance with Table 7, or a galvanized steel strip, should be installed in the strip foundation and be taken upwards with connection leads to the designated terminal points of the lightning down-conductor test joints.

Upward routing of the conductors connected to the down-conductors can be performed on the brickwork, within the plaster or within the wall. The steel connection leads installed within the wall may penetrate the asphalt-saturated paper normally used between the foundation and the brick wall. Piercing of the humidity barrier at this point generally presents no problem.

The water-insulating layer often inserted below the structure foundation to reduce the humidity in basement floors provides consistent electrical isolation. The earth electrode should be installed under the foundation in the sub-concrete. An agreement should be obtained with the builder for the design of the earth-termination system.

Where the groundwater level is high, the foundation of the structure should be isolated from subsoil water. A sealing waterproof layer should be applied to the outer surface of the foundation, which also provides electrical isolation. The usual practice in establishing such a waterproof foundation is to pour a clean layer of concrete approximately 10 cm to 15 cm in depth on the bottom of the foundation pit, onto which the isolation, and later the concrete foundation, is laid.

A foundation earth electrode consisting of a network of mesh size not exceeding 10 m shall be installed in the clean concrete layer at the bottom of the foundation pit.

копані.

Провідник, відповідно до Таблиці 7, має з'єднувати сіткове земляне закінчення з риштунком у фундаменті, кільцевими уземлювальними електродами й доземними провідниками зовні гідроізоляційної мембрани. Якщо дозволено, герметичні водонепроникні впуски може бути застосовано для проходу крізь ізоляцію.

Якщо проникнення провідника крізь ізоляційний шар не допускається будівельним підрядником, сполучення із земляним закінченням належить виконати за межами будівлі (споруди).

Рисунок E.40 показує три різних приклади того, як встановлювати фундаментні уземлювальні електроди у будівлі (споруді) з водонепроникним фундаментом.

A conductor in accordance with Table 7 shall connect the meshed earth-termination with the reinforcement in the foundation, the ring earth electrodes, and the down-conductors external to the damp-proof membrane. Where permitted, pressure-waterproof bushings may be used to penetrate the insulation.

When penetration of the conductor through the isolation layer is not permitted by the building contractor, connections should be made to the earth-termination outside the structure.

Figure E.40 shows three different examples of how to install foundation earth electrodes on a structure with waterproofed foundations.

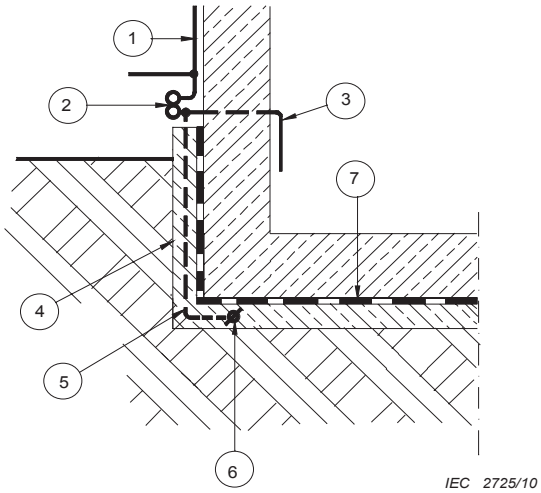


Figure E.40a – Isolated foundation with foundation earth electrode in the non-reinforced concrete layer below the bitumen insulation

Рисунок E.40a – Ізольований фундамент з фундаментним уземлювальним електродом у шарі бетону без риштунку під бітумною ізоляцією

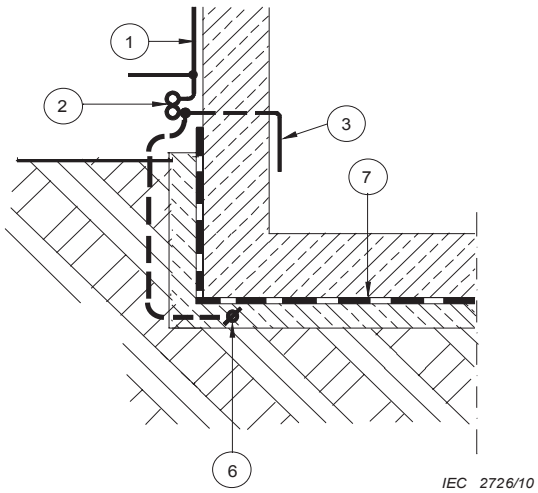


Figure E.40b – Isolated foundation with earth termination conductor partly passing through the soil

Рисунок E.40b – Ізольований фундамент із провідником земляного закінчення, який частково проходить крізь ґрунт

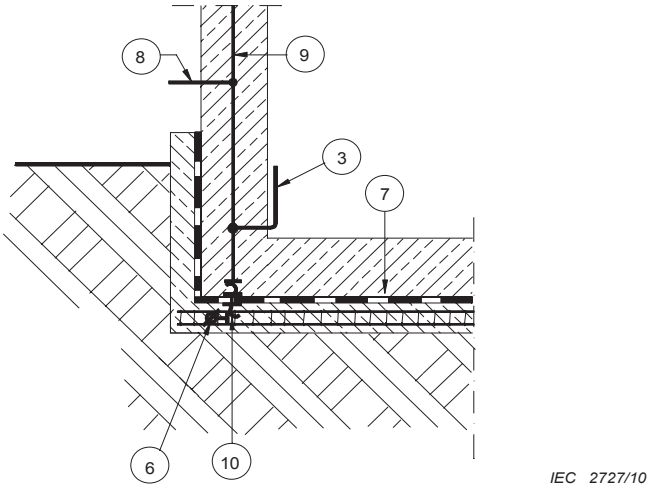


Figure E.40c – Connection from the foundation earth electrode to the steel reinforcement passing through the damp proof membrane

Рисунок E.40c – Сполучення фундаментного уземлювального електроду зі сталевим риштунком, яке проходить крізь водонепроникну мембрану

Умовні позначення

1	доземний провідник
2	перевірочний 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 перевірочним злучником
9	сталевий риштунок у бетоні
10	водонепроникний впуск крізь гідроізолювальну мембрану

ПРИМІТКА Потрібен дозвіл від будівельного підрядника.

Key

1	down-conductor
2	test joint
3	bonding conductor to the internal LPS
4	non-reinforced layer of concrete
5	connecting conductor of the LPS
6	foundation earth electrode
7	damp proof membrane, watertight insulating layer
8	connecting conductor between steel reinforcement and the test joint
9	steel reinforcement in concrete
10	watertight bushing through the damp proof membrane

NOTE Permission from the structure constructor is necessary.

Figure E.40 – Construction of foundation earth ring for structures of different foundation design

Рисунок E.40 - Конструкція фундаментного кільцевого уземлювача для будівель (споруд) з різними конструкціями фундаменту

Також показано кілька прийнятних рішень щодо сполучення земляного закінчення у будівлях (спорудах) з ізольованим фундаментом.

Рисунки E.40a та E.40b показують сполучення, які є зовнішніми відносно ізоляції, таким чином ізоляція не пошкоджується; Рисунок E.40c показує водонепроникний впуск крізь ізоляцію для уникнення порушення цілісності вологонепроникної мембрани.

E.5.4.3.3 Тип A – Радіальні та вертикальні уземлювальні електроди

Радіальні уземлювальні електроди мають бути підключені до нижніх кінців доземних провідників за допомогою контрольних злучників. Радіальні уземлювальні електроди може бути приєднано за допомогою вертикальних вземлювальних електродів якщо це є прийнятним.

Кожен доземний провідник має бути забезпечений уземлювальним електродом.

Рисунок E.41 показує приклади уземлювальних електродів типу A, тоді як Рисунок E.41a показує, як провідник блискавки, який відповідає Таблиці 7, занурюється у ґрунт за допомогою спеціальних тягових стрижнів. Ця технологія уземлення має ряд практичних переваг та не вимагає використання затискачів і злучників у ґрунті. Похилі або вертикальні уземлювальні електроди у ґрунт, зазвичай, забивають.

Several solutions of an adequate connection of the earth-termination on structures with isolated foundation are also illustrated.

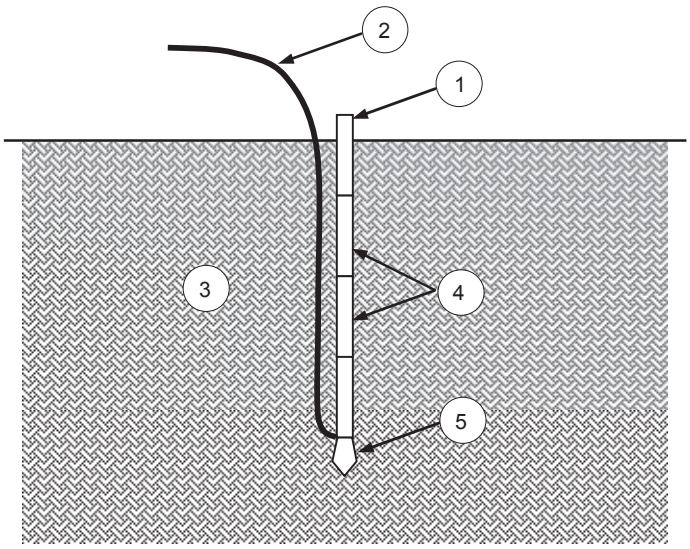
Figures E.40a and E.40b show connections external to the insulation, so that the insulation is not damaged; Figure E.40c shows a watertight bushing through the insulation to avoid compromising the integrity of the damp-proof membrane.

E.5.4.3.3 Type A – Radial and vertical earth electrodes

Radial earth electrodes should be connected to the lower ends of the down-conductors by using test joints. Radial earth electrodes may be terminated by vertical earth electrodes if appropriate.

Each down-conductor should be provided with an earth electrode.

Figure E.41 shows examples of type A earth electrodes where Figure E.41a shows how a lightning conductor in accordance with Table 7 is pushed into the soil using special driving rods. This earthing technique has several practical advantages and avoids the use of clamps and joints in the soil. Sloped or vertical earth electrodes are generally hammered in.



Умовні позначення

1 верхній елемент тягового стрижня

2 уземлювальний провідник

3 ґрунт

4 елементи тягового стрижня

5 тягове сталеве вістря

ПРИМІТКА 1 Нерозривний провідник занурюється у ґрунт за допомогою коротких елементів тягового стрижня. Електрична безперервність уземлювального провідника є значною перевагою; за використання цього методу, не вноситься жодних з'єднань в уземлювальний провідник. Короткі елементи тягового стрижня є також простими у використанні.

ПРИМІТКА 2 Короткий верхній елемент тягового стрижня може бути видалений.

ПРИМІТКА 3 Верхня частина уземлювального провідника може мати ізолювальну оболонку.

Key

1 short upper-most driving rod

2 earthing conductor

3 soil

4 short driving rods

5 driving steel dart

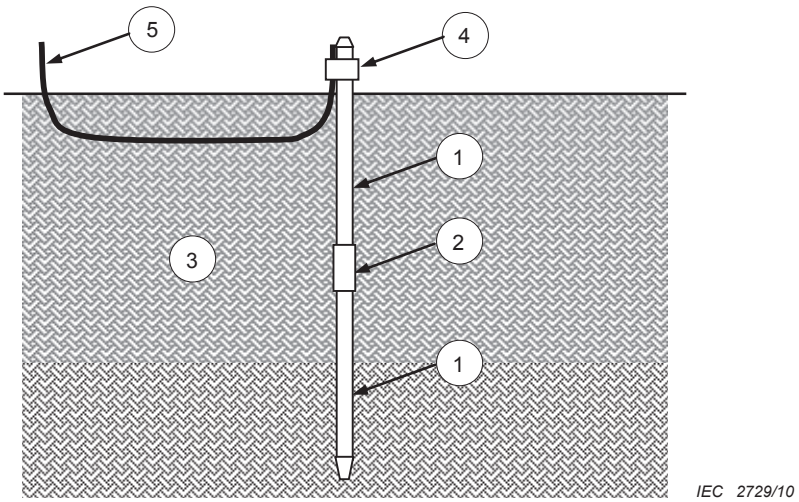
NOTE 1 A continuous wire conductor is driven into the soil by means of short driving rods. The electrical continuity of the earth electrode conductor is of great advantage; using this technique, no joints are introduced into the earth electrode conductor. Short driving rod segments are also easy to handle.

NOTE 2 The short upper-most driving rod may be removed.

NOTE 3 The uppermost part of the earthing conductor may have an insulating jacket.

Figure E.41a – Example of a type A earthing arrangement with a vertical conductor type electrode

Рисунок E.41a – Приклад розміщення уземлювача типу A з електродом типу вертикального провідника



Умовні позначення		Key	
1	нарощуваний уземлювальний стрижень	1	extensible earth rod
2	сполучник стрижнів	2	rod coupling
3	ґрунт	3	soil
4	провідник до злучника стрижня	4	conductor to rod clamp
5	уземлювальний провідник	5	earthing conductor

Figure E.41b – Example of a type A earthing arrangement with a vertical rod type electrode

Рисунок E.41b – Приклад розміщення уземлювача типу А з електродом типу вертикального стрижня

Figure E.41 – Two examples of vertical electrodes in type A earthing arrangement

Рисунок E.41 - Два приклади вертикальних електродів у розміщенні уземлювача типу А

Існують також й інші типи вертикальних електродів. Важливим є забезпечити постійне струмопровідне з'єднання по усій довжині електроду протягом терміну служби LPS.

Під час встановлення важливо регулярно вимірювати опір уземлення. Забивання можна перервати по припиненні зниження опору уземлення. Додаткові електроди може буде згодом встановлено у більш придатних місцях.

Уземлювальний електрод мусить мати достатнє відокремлення від існуючих кабелів й металевих труб у землі та має бути забезпечено достатній допуск на відхилення уземлювального електроду, під час його забивання, від наміченого положення. Роздільна відстань залежить від потужності електричного імпульсу, питомого опору ґрунту та струму у електроді.

За розміщення типу А вертикальні уземлювачі є економічно ефективнішими і дають стабільніший опір уземлення у більшості ґрунтів порівняно з горизонтальними електродами.

У деяких випадках може виникати необхідність в установленні уземлювачів

There are also other types of vertical electrodes. It is essential to ensure a permanent conducting connection along the whole length of the electrode during the service life of theLPS.

During installation it is advantageous to measure the earthing resistance regularly. The driving may be interrupted as soon as the earthing resistance stops decreasing. Additional electrodes can then be installed in more suitable locations.

The earth electrode should have sufficient separation from existing cables and metal pipes in the earth, and due allowance should be made for the earth electrode departing from its intended position during driving. The separation distance depends on the electrical impulse strength and resistivity of the soil and the current in the electrode.

In the type A arrangement, vertical earth electrodes are more cost-effective and give more stable earthing resistances in most soils than horizontal electrodes.

In some cases it may be necessary to install the earth electrodes inside the structure, for

всередині будівлі (споруди), приміром, у підвалі або у погребі.

ПРИМІТКА Особлива увага має приділятись управлінню кроковою напругою вжиттям заходів з вирівнювання потенціалів згідно Розділу 8.

Якщо існує 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 або глибше. Глибший електрод гарантує, що у тих країнах, де протягом зими трапляються низькі температури, уземлювальний електрод не міститься у мерзлому ґрунті (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 зменшується небезпека для живих істот на поверхні землі. Вертикальні електроди є рекомендованими для досягнення сезонно-стабільного опору уземлення.

За використання розміщення уземлення типу А, необхідне еквіпотенційне сполучення для усіх електродів досягається за допомогою еквіпотенційних сполучних провідників та сполучних шин.

Е.5.4.3.4 Тип В - Кільцеві уземлювальні електроди

Для будівель (споруд) у яких використовуються ізоляційні матеріали, як от цегла або дерево, без фундаменту зі сталевим риштунком, має бути встановлено земляне закінчення з розміщенням типу В згідно 5.4.2.2. Альтернативно може використовуватись розміщення типу А з вбудованими зрівнювальними провідниками. Для того щоб зменшити еквівалентний опір землі, уземлення типу розміщення В може бути удосконалене, за необхідності, додаванням вертикальних або радіальних уземлювальних електродів, що відповідають вимогам 5.4.2.2. Рисунок 3 подає вимоги щодо мінімальної довжини вземлювальних електродів.

Прозір та глибина уземлювального електроду 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 обрати відповідну глибину уземлювальних електродів.

example in a basement or cellar.

NOTE Special care should be taken to control step voltages by taking equipotentialization measures according to Clause 8.

If there is a danger of an increase in resistance near to the surface (e.g. through drying out), it is often necessary to employ deep-driven earth electrodes of greater length.

Radial earth electrodes should be installed at a depth of 0,5 m or deeper. A deeper electrode ensures that in countries in which low temperatures occur during the winter, the earth electrode is not situated in frozen soil (which exhibits extremely low conductivity). An additional benefit is that deeper earth electrodes give a reduction of the potential differences at the earth surface and thus lower step voltages reducing the danger to living creatures on the earth surface. Vertical electrodes are preferred to achieve a seasonally-stable earthing resistance.

When the type A earthing arrangement is provided, the necessary potential equalization for all electrodes is achieved by means of equipotential bonding conductors and bonding bars .

E.5.4.3.4 Type B – Ring earth electrodes

For structures using isolating material such as brickwork or wood with no steel-reinforced foundation, a type B earth-termination should be installed conforming to 5.4.2.2. Alternatively a type A arrangement incorporating equipotential bonding conductors may be used. In order to reduce the equivalent earth resistance, the type B earthing arrangement may be improved, if necessary, by adding vertical earth electrodes, or radial earth electrodes conforming to 5.4.2.2. Figure 3 gives the requirements regarding the minimum length of earth electrodes.

The clearance and depth for a type B earth electrode, as mentioned in 5.4.3, are optimal in normal soil conditions for the protection of persons in the vicinity of the structure. In countries with low winter temperatures, the appropriate depth of earth electrodes should be considered.

Уземлювальні електроди типу B 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 різної довжини шляхів струму у надземних провідниках. Різні потенціали спричиняють протікання зрівняльних струмів кільцевим уземлювальним електродом і, таким чином, максимальне зростання потенціалу зменшується, а системи еквіпотенційних сполучень, підключені до нього всередині будівлі (споруди), доводяться до приблизно однакового потенціалу.

Type B earth electrodes also perform the function of potential equalization between the down-conductors at ground level, since the various down-conductors give different potentials due to the unequal distribution of lightning currents due to variations in the earth resistance and different lengths in the above ground conductor current paths. The different potentials result in a flow of equalizing currents through the ring earth electrode, so that the maximum rise in potential is reduced and the equipotential bonding systems connected to it within the structure are brought to approximately the same potential.

Коли будівлі (споруди), що належать різним власникам, будуються близько одна до одної, часто неможливо встановити кільцевий уземлювальний електрод, який би повністю оточував будівлю (споруду). У такому випадку ефективність системи земляного закінчення дещо знижується, оскільки кільце провідника діє, до повної міри, як електрод типу B, до повної міри, як фундаментна земля й, до повної міри, як провідник системи еквіпотенційних сполучень.

Where structures belonging to different owners are built closely to each other, it is often not possible to install a ring earth electrode that will fully surround the structure. In this case the efficiency of the earth-termination system is somewhat reduced, since the conductor ring acts partly as a type B electrode, partly as a foundation earth and partly as an equipotential bonding conductor.

Якщо значне число людей часто збирається на ділянці, прилеглій до будівлі (споруди), що захищається, тоді у такій ділянці належить забезпечити додаткове регулювання потенціалів. Належить встановити більше кільцевих уземлювальних електродів на відстанях близько 3 м від першого і наступного кільцевих провідників. Кільцеві електроди далі від будівлі (споруди) має бути встановлено глибше від поверхні, тобто ті, що у 4 м від будівлі (споруди) – на глибині 1 м, й ті, що у 7 м від будівлі (споруди) – на глибині 1,5 м, а ті, що знаходяться 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.

Where large numbers of people frequently assemble in an area adjacent to the structure to be protected, further potential control for such areas should be provided. More ring earth electrodes should be installed at distances of approximately 3 m from the first and subsequent ring conductors. Ring electrodes further from the structure should be installed more deeply below the surface i.e. those at 4 m from the structure at a depth of 1 m, those at 7 m from the structure at a depth of 1,5 m and those at 10 m from the structure at a depth of 2 m. These ring earth electrodes should be connected to the first ring conductor by means of radial conductors.

Якщо прилеглу до будівлі (споруди) ділянку вкрито шаром асфальту з низькою електропровідністю у 50 мм завтовшки, для людей, які користуються цією ділянкою, забезпечено достатній захист.

When the area adjacent to the structure is covered with a 50 mm thick slab of asphalt of low conductivity, sufficient protection is provided for people making use of the area.

E.5.4.3.5 Уземлювальні електроди у скелястому ґрунті

E.5.4.3.5 Earth electrodes in rocky soil

Під час спорудження у бетонний фундамент має бути вбудовано фундаментний уземлювальний електрод. Навіть якщо у

During construction, a foundation earth electrode should be built into the concrete foundation. Even where a foundation earth

скелястому ґрунті ефективність фундаментного уземлювального електроду знижена, він і надалі діє як сполучний провідник системи еквіпотенційних сполучень.

electrode has a reduced earthing effect in rocky soil, it still acts as an equipotential bonding conductor.

На перевірочних злучниках додаткові уземлювальні електроди належить сполучити з доземними провідниками та фундаментними уземлювальними електродами.

At the test joints, additional earth electrodes should be connected to the down-conductors and foundation earth electrodes.

Коли фундаментний електрод не передбачено, замість цього належить використовувати розміщення типу B (кільцевий уземлювальний електрод). Якщо уземлювальний електрод не може бути встановлений у ґрунті і його має бути змонтовано на поверхні, він має бути захищений від механічних пошкоджень.

Where a foundation earth electrode is not provided, a type B arrangement (a ring earth electrode) should be used instead. If the earth electrode cannot be installed in the soil and has to be mounted on the surface, it should be protected against mechanical damage.

Радіальні уземлювальні електроди, що лежать на або поблизу поверхні ґрунту, мають, для механічного захисту, бути покриті камінням або вмуровані до бетону.

Radial earth electrodes lying on or near the earth surface should be covered by stones or embedded in concrete for mechanical protection.

Якщо будівля (споруда) знаходиться поблизу дороги, за можливості, під дорогою має бути вкладено кільцевий уземлювальний електрод. Однак, якщо це виявиться неможливим зробити на усій довжині незахищеної ділянки дороги, таке регулювання потенціалів (зазвичай розміщення тип A) належить передбачити принаймні поблизу доземних провідників.

When the structure is situated close to a road, if possible, a ring earth electrode should be laid beneath the road. However, where this is not possible over the whole length of the exposed road segment, such equipotential control (typically a type A arrangement) should be provided at least in the vicinity of the down-conductors.

Для регулюванню потенціалів у певних особливих випадках, має бути прийняте рішення щодо того, чи встановлювати додаткове часткове кільце поблизу входу до будівлі (споруди), а чи штучно збільшити питомий опір поверхневого шару ґрунту.

For potential control in certain special cases, a decision should be made as to whether to install a further partial ring in the vicinity of the structure entrance, or to artificially increase the resistivity of the surface layer of the soil.

E.5.4.3.6 Системи земляного закінчення на великих площах

E.5.4.3.6 Earth-termination systems in large areas

Промислове підприємство зазвичай містить низку пов'язаних з ним споруд, між якими прокладено велике число силових й сигнальних кабелів.

An industrial plant typically comprises a number of associated structures, between which a large number of power and signal cables are installed.

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.

The earth-termination systems of such structures are very important for the protection of the electrical system. A low impedance earth system reduces the potential difference between the structures and so reduces the interference injected into the electrical links.

Низька індуктивність землі може бути досягнута забезпеченням будівлі (споруди) фундаментними уземлювальними електродами та додатковими з розміщенням типу B й типу A згідно 5.4.

A low earth impedance can be achieved by providing the structure with foundation earth electrodes and additional type B and type A earth arrangements conforming to 5.4.

Взаємні сполучення між уземлювальними електродами, фундаментними уземлювальними електродами та доземними провідниками належить виконати на перевірочних злучниках. Деякі перевірочні злучники належить також приєднати до сполучних шин внутрішньої LPS.

Interconnections between the earth electrodes, the foundation earth electrodes and the downconductors should be installed at the test joints. Some of the test joints should also be connected to the equipotential bars of the internal LPS.

Внутрішні доземні провідники або внутрішні конструкційні елементи будівлі (споруди), які правлять за доземні провідники, належить підключити до уземлювального електроду та сталевого риштунку підлоги для уникнення напруг кроку і дотику. Якщо внутрішні доземні провідники знаходяться поряд з компенсаційними швами бетону, ці шви належить перемкнути сполучниками якнайближче до внутрішнього доземного провідника.

Internal down-conductors, or internal structural parts used as down–conductors, should be connected to an earth electrode and the reinforcement steel of the floor to avoid step and touch voltages. If internal down-conductors are near expansion joints in the concrete, these joints should be bridged as near to the internal down-conductor as possible.

Нижню частину відкрито прокладеного доземного провідника належить ізолювати трубкою з ПВХ щонайменше у 3 мм завтовшки, або рівноцінною ізоляцією.

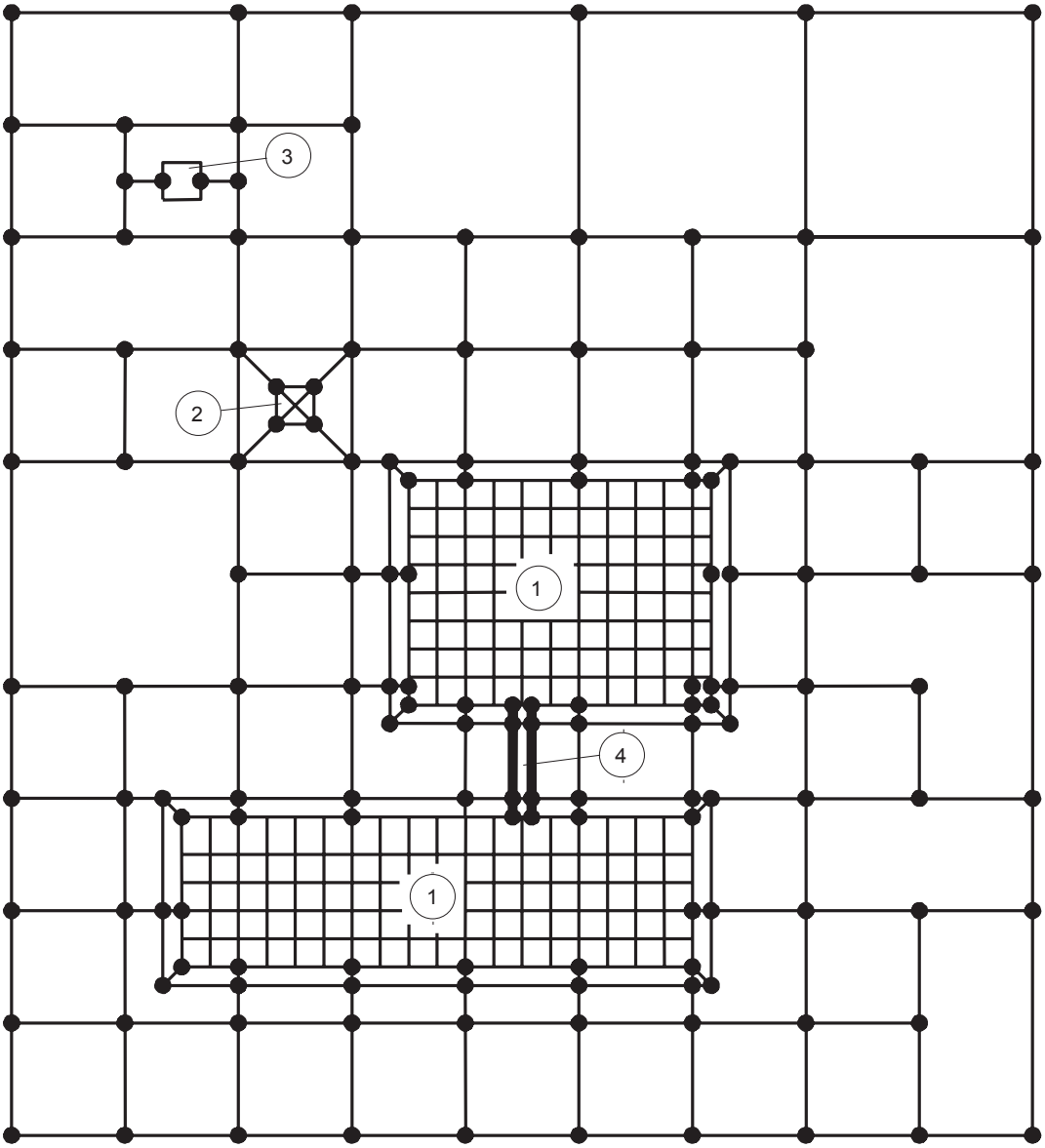
The lower part of an exposed down-conductor should be insulated by PVC tubing with a thickness of at least 3 mm or with equivalent insulation.

Аби зменшити імовірність прямого удару блискавки у підземні кабельні траси, уземлювальний провідник, а у випадку широких кабельних трас – декілька уземлювальних провідників, належить встановити над кабельними трасами.

In order to reduce the probability of direct lightning flashes to cable routes in the ground, an earthing conductor and, in the case of wider cable routes, a number of earthing conductors should be installed above the cable routes.

Шляхом взаємного сполучення земель кількох будівель (споруд) утворюється сіткова система уземлення як показано на Рисунку E.42.

By interconnecting the earths of a number of structures, a meshed earthing system is obtained as shown in Figure E.42.



IEC 2730/10

Умовні позначення

1 будинок з 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) і має значні переваги щодо EMC. Розмір комірок сітки поряд з будинками та іншими об'єктами може складати приблизно 20 м х 20 м. За відстаней понад 30 м, їх може бути збільшено до приблизно 40 м х 40 м.

Key

1 building with meshed network of the reinforcement

2 tower inside the plant

3 stand-alone equipment

4 cable trenches

NOTE This system gives a low impedance between buildings and has significant EMC advantages. The size of the meshes next to buildings and other objects may be in the order of 20 m × 20 m. Beyond a 30 m distance they may be enlarged to the order of 40 m × 40 m.

Figure E.42 – Meshed earth-termination system of a plant

Рисунок E.42 - Сіткова система земляного закінчення промислового об’єкту

Рисунок E.42 показує схему сіткову мережу уземлювальних електродів, із кабельними траншеями включно, між пов'язаними будівлями (спорудами) будинків, захищених від блискавки. Це дасть низький повний опір між будинками та значні переваги у захисті від LEMP.

Figure E.42 shows the design of a meshed earth electrode network, including cable trenches, between associated structures of lightning-protected buildings. This will give a low impedance between buildings and has significant LEMP protection advantages.

E.5.5 Компоненти

Додаткова інформація відсутня.

ПРИМІТКА Відстані між кріпленнями наведено у Таблиці E.1.

E.5.6 Матеріали та розміри

E.5.6.1 Механічна частина проекту

Проектувальник системи блискавкозахисту, по завершенні проектування електричної частини, має проконсультуватися з особами, відповідальними за будівлю (споруду), щодо проектування 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 у Таблицях 3, 6, 7, 8 й 9.

Матеріали, що використовуються для компонентів LPS, перераховано у Таблиці 5.

ПРИМІТКА Відповідними є компоненти, приміром, затискачі та стрижні, вибрані згідно майбутньої серії IEC 62561.

Проектувальник LPS та монтажник LPS мають перевіряти доцільність використовуваних матеріалів. Така перевірка може виконуватись, приміром, запитами до виробника по сертифікати про випробування та звіти, які демонструють, що матеріали успішно пройшли перевірку якості.

Проектувальник LPS та монтажник LPS мають специфікувати такі тримачі та притискачі провідників, які витримають електродинамічні зусилля від струму блискавки у провідниках, а також дозволятимуть подовження та вкорочення провідників унаслідок відповідного підвищення температури.

З'єднання між панелями з бляхи мають бути сумісними з матеріалом панелі, забезпечувати площу поверхні контакту щонайменше у 50 мм^2 й витримувати електродинамічні зусилля струму блискавки та корозійні загрози довкілля.

Якщо надмірне підвищення температури викликає занепокоєння щодо поверхні, до якої будуть кріпитися компоненти, оскільки вона є займистою або 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.

E.5.5 Components

No additional information.

NOTE Distances between fixings are given in Table E.1.

E.5.6 Materials and dimensions

E.5.6.1 Mechanical design

The lightning protection designer shall consult with the persons responsible for the structure, on mechanical design matters following the completion of the electrical design.

Aesthetic considerations are particularly important as well as the correct selection of materials to limit the risk of corrosion.

The minimum size of lightning protection components for the various parts of the LPS are listed in Tables 3, 6, 7, 8 and 9.

The materials used for the LPS components are listed in Table 5.

NOTE Components such as clamps and rods selected in accordance with the future IEC 62561 series are adequate.

The LPS designer and the LPS installer should verify the fitness of purpose of the materials used. This can be achieved, for example, by requiring test certificates and reports from the manufacturer, demonstrating that materials have successfully passed quality tests.

The LPS designer and the LPS installer should specify conductor fasteners and fixtures which will withstand the electrodynamic forces of lightning current in the conductors and also allow for the expansion and contraction of conductors due to the relevant temperature rise.

Connections between sheet metal panels should be compatible with the panel material, represent a minimum contact surface area of 50 mm^2 and be capable of withstanding the electrodynamic forces of a lightning current and the corrosion threats of the environment.

When excessive temperature rise is a concern for the surface to which the components are to be attached because it is flammable or has a low melting point, either larger conductor cross-sections should be specified, or other safety precautions should be considered, such as the use of stand-off fittings and the insertion of fire-resistant layers.

Проектувальник LPS має визначити усі зони корозійних проблем та обумовити відповідні заходи, що їх має бути вжито.

Вплив корозії на LPS може бути зменшений збільшенням розміру матеріалу, використанням стійких до корозії компонентів або вжиттям інших заходів захисту від корозії.

E.5.6.2 Вибір матеріалів

E. 5.6.2.1 Матеріали

Матеріали LPS та умови використання перераховано у Таблиці 5.

Розміри провідників LPS, включно із провідниками перехоплювачів, доземними провідниками й провідниками земляного закінчення, для різних матеріалів, як от мідь, алюміній і сталь, подано у Таблицях 6 та 7. Рекомендовані величини для міді та алюмінію круг 50 мм^2, ґрунтуються на механічних вимогах (приміром, вирівнювання тросу, натягненого між опорами так, аби він не провисав до покрівлі). Якщо не застосовано механічних обмежень, величини з виноски b) Таблиці 6 (мідь 28 мм^2) можуть використовуватись як мінімальні величини.

Мінімальні величини товщини бляхи, металевих труб і резервуарів, що використовуються як природні компоненти перехоплювачів, перераховано у Таблиці 3, а мінімальні розміри для сполучних провідників подано у Таблицях 8 та 9.

E.5.6.2.2 Захист від корозії

Система LPS має будуватися зі стійких до корозії матеріалів, як от мідь, алюміній, нержавна сталь та поцинкована сталь. Матеріал стрижнів перехоплювачів та тросів перехоплювачів має бути електрохімічно сумісним з матеріалом з'єднувальних елементів й монтажних елементів та він мусить мати добру корозійну стійкість до корозійної атмосфери або вологості.

Слід уникати з'єднань між різними матеріалами; інакше їх належить захистити.

Мідні деталі належить ніколи не встановлювати над поцинкованими або 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

The LPS designer should identify all corrosion problem areas and specify appropriate measures to be taken.

The corrosion effects on the LPS may be reduced either by increases in material size, using corrosion-resistant components or by taking other corrosion protection measures.

E.5.6.2 Selection of materials

E.5.6.2.1 Materials

LPS materials and conditions of use are listed in Table 5.

Dimensions of LPS conductors, including air-termination conductors, down-conductors and earth-termination conductors, for different materials such as copper, aluminium and steel are given in Tables 6 and 7. The recommended values for copper and aluminium of 50 mm^2 round are based on the mechanical requirements (e.g. keep the wires straight between supports, so they don’t sag to the roof). If mechanical constraints are of no concern the values from footnote b) of Table 6 (copper 28 mm^2) may be used as minimum values.

Minimum thickness of metal sheets, metal pipes and containers used as natural airtermination components are listed in Table 3, and minimum dimensions for bonding conductors are given in Tables 8 and 9.

E.5.6.2.2 Protection against corrosion

The LPS should be constructed of corrosion-resistant materials such as copper, aluminium, stainless steel and galvanized steel. The material of the air-termination rods and air-termination wires should be electrochemically compatible with the material of the connection elements and the mounting elements, and it should have a good corrosion resistance to a corrosive atmosphere or moisture.

Connections between different materials should be avoided; otherwise they are to be protected.

Copper parts should never be installed above galvanized or aluminium parts unless those parts are provided with protection against corrosion.

Extremely fine particles are shed by copper parts which result in severe corrosive damage to galvanized parts even where the copper and galvanized parts are not in direct contact.

контакту.

Алюмінієві провідники належить не закріплювати безпосередньо до повапнених поверхонь будинків, як от бетон на вапняковій жорстві чи тиньк, та належить ніколи не 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 і характеру довкілля. Фактори довкілля, як от вологість, розчинені солі (що утворюють електроліт), ступінь аерації, температура та ступінь руху електроліту поєднуються, роблячи цю умову дуже складною.

На додачу, місцеві умови, з різними природними та промисловими забрудненнями, можуть спричинити значні зміни, що спостерігаються у різних частинах світу. Аби вирішити конкретні корозійні проблеми, настійливо рекомендуються 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, і до зменшення корозії більш катодного металу.

Корозії більш катодного металу не конче належить повністю запобігати. Електролітом для цієї реакції можуть бути ґрунтові води, ґрунт з деяким вмістом вологи, ба навіть конденсат вологи у 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, і вимагає особливої уваги.

Аби мінімізувати корозію у LPS:

- уникайте використання невідповідних металів у агресивному середовищі;
- уникайте контактування різнорідних металів, електрохімічні або гальванічні активності яких є суттєво відмінними;
- використовуйте відповідний поперечний переріз провідників, сполучних штаб та струмопровідних клем й затискачів для забезпечення достатнього корозійного терміну служби в умовах експлуатації;
- використовуйте відповідні заповнювачі або ізолювальні матеріали у злучниках провідників, які не було приварено контактним швом, аби таким чином усунути вологу;

Aluminium conductors should not be directly attached to calcareous building surfaces such as concrete limestone and plaster, and should never be used in soil.

E.5.6.2.2.1 Metals in soil and air

Corrosion of metal will occur at a rate depending on the type of metal and the nature of its environment. Environmental factors such as moisture, dissolved salts (thus forming an electrolyte), degree of aeration, temperature and extent of movement of electrolyte combine to make this condition a very complex one.

In addition, local conditions, with different natural or industrial contaminants, can cause significant variations to be observed in different parts of the world. To resolve particular corrosion problems, consultation with corrosion specialists is strongly recommended.

The effect of contact between dissimilar metals, in association with a surrounding, or partially surrounding, electrolyte, will lead to increased corrosion of the more anodic metal, and to decreased corrosion of the more cathodic metal.

The corrosion of the more cathodic metal will not necessarily be fully prevented. The electrolyte for this reaction may be groundwater, soil with some moisture content or even moisture condensate in above-ground structures where it is retained by crevices.

Extended earthing systems may suffer from different ground conditions in different parts. This can enhance the corrosion problems and requires special attention.

In order to minimize corrosion in an LPS:

– avoid the use of unsuitable metals in an aggressive environment;
– avoid contact of dissimilar metals, of substantially differing electrochemical or galvanic activity;
– use an adequate cross-section of conductors, bonding straps and conducting terminals and clamps to ensure sufficient corrosion life for the conditions of service;
– provide appropriate filling or isolating material in conductor joints which have not been-welded conductor joints, so as to exclude moisture;

- забезпечуйте оболонкою або покриттям або ізолюйте метали, чутливі до корозійних випарів чи рідин у місці встановлення;
- враховуйте гальванічний вплив інших металевих елементів, з якими буде сполучено уземлювальний електрод;
- уникайте схем, де продукти природної корозії з катодного металу (приміром, міді), можуть контактувати з LPS і роз» їдати її, як от металева мідь на анодному металі (приміром, сталь або алюміній).

Аби відповідати вищевикладеному, такі запобіжні заходи наведено у якості конкретних прикладів:

- мінімальна товщина або діаметр стальки має бути 1,7 мм для сталі, алюмінію, міді, сплаву міді або сплавів нікелю/хрому/сталі;
- ізолювальна прокладка є рекомендованою у місцях, де контакт між різнорідними металами, які близько розташовані (або торкаються один одного), може спричинити корозію, але у такому контакті немає необхідності у електричному аспекті;
- сталеві провідники, не захищені іншим чином, має бути поцинковано гарячим способом згідно вимог у Таблиць 6 та 7;
- алюмінієві провідники належить не прокладати безпосередньо у ґрунті або встановлювати у бетоні чи притуляти до бетону без того, аби його було повністю вкрито стійкою, щільно прилеглою ізолювальною оболонкою;
- за можливості належить уникати сполучників мідь/алюміній. У випадках, коли уникнути їх не є можливим, такі з'єднання мають бути зварено або забезпечено проміжним шаром з мідно-алюмінієвої бляхи;
- тримачі або муфти для алюмінієвих провідників мають бути з однакового металу та з достатнім поперечним перерізом для уникнення пошкоджень за несприятливих погодних умов;
- мідь є придатною до використання у більшості застосувань уземлювальних електродів, за винятком кислотних, аміачно-кисневих або сірчастих умов. Однак, слід пам'ятати про можливість гальванічного пошкодження чорних металів, з якими її сполучено. Це може вимагати порад фахівця з корозії,

– provide a sleeve or a coat or isolate metals sensitive to corrosive fumes or fluids in the location of the installation;
– consider the galvanic effects of other metallic items to which the earth electrode is to be bonded;
– avoid designs where natural corrosion products from a cathodic metal (e.g. copper) could contact and erode the LPS, such as metallic copper on an anodic metal (e.g. steel or aluminium).

To conform to the foregoing, the following precautions are cited as specific examples:

– the minimum thickness or diameter of a strand should be 1,7 mm for steel, aluminium, copper, cuprous alloy or nickel/chrome/steel alloys;
– an isolating spacer is recommended where contact between closely spaced (or touching) dissimilar metals could cause corrosion, but such contact is not electrically necessary;
– steel conductors not otherwise protected should be hot-dipped galvanized in accordance with the requirements of Tables 6 and 7;
– aluminium conductors should not be buried directly in the ground nor set in or attached directly to concrete, unless they are completely sleeved with a durable, close-fitting isolating sleeve;
– copper/aluminium joints should be avoided wherever possible. In cases where they cannot be avoided, the connections should be welded or made employing an intermediate layer of copper/aluminium sheet;
– fasteners or sleeves for aluminium conductors should be of similar metal and of adequate cross-section to avoid failure by adverse weather conditions;
– copper is suitable for use in most earth electrode applications, except for acid, oxygenated ammoniac or sulphurous conditions. However, it should be remembered that it will cause galvanic damage to ferrous materials to which it is bonded. This may require specialist corrosion advice, particularly when a

зокрема, коли використовується схема 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);
- нержавна сталь або інші сплави нікелю можуть використовуватись для тих самих корозійних вимог. Проте в анаеробних середовищах, як от глина, вони будуть кородувати майже так само швидко, як сталь, бідна на вуглець;
- з’єднання між сталлю і міддю або мідними сплавами у повітрі, якщо вони не є зварними, мають бути або повністю лудженими або повністю вкритими тривким вологостійким покриттям;
- мідь та мідні сплави схильні до корозійного розтріскування під обтяженням у аміачних випарах, тому ці матеріали не варто використовувати для кріплення у цих специфічних застосуваннях;
- у морських/прибережних районах усі з’єднання провідників мають бути зварними або дійсно повністю герметичними.

Системи уземлення з нержавної сталі або міді можуть підключатись безпосередньо до сталевого риштунку у бетоні.

Уземлювальні електроди з поцинкованої сталі у ґрунті належить підключати до сталевого риштунку у бетоні ізолювальними іскровими проміжками, які здатні проводити істотну частину струму блискавки (див. Таблиці 8 та 9 щодо розмірів сполучних провідників). Пряме з'єднання у ґрунті значно збільшує ризик корозії. Застосовувані ізолювальні іскрові проміжки мають відповідати умовам, що зазначені у 6.2.

ПРИМІТКА Зазвичай, придатними є ізолювальні іскрові проміжки класу N згідно IEC 62561-3.

Поцинковану сталь належить використовувати для уземлювальних електродів у ґрунті лише якщо жодні сталеві деталі, що знаходяться у бетоні, не є безпосередньо з'єднаними із уземлювачем у ґрунті.

Якщо у ґрунті прокладаються металеві труби, які сполучено з системою еквіпотенційних сполучень та із системою земляного закінчення, то матеріал труб, там,

cathodic protection scheme is used;

– for roof conductors and down-conductors exposed to aggressive flue gases, particular attention should be paid to corrosion e.g. through the use of high-alloy steels (>16,5 % Cr, >2 % Mo, 0,2 % Ti, 0,12 % to 0,22 % N);
– stainless steel or other nickel alloys may be used for the same corrosion resistance requirements. However, in anaerobic conditions, such as clay, they will corrode almost as quickly as mild steel;
– joints between steel and copper or copper alloys in air, if not welded, should be either fully tin plated or fully coated with a durable moisture-resistant coating;
– copper and copper alloys are subject to stress corrosion cracking in ammoniac fumes and these materials should not be used for fastenings in these specific applications;
– in marine/coastal areas, all conductor joints should be welded or effectively fully sealed.

Stainless steel or copper earthing systems can be connected directly to the steel reinforcement in concrete.

Galvanized steel earth electrodes in soil should be connected to the steel reinforcement inconcrete by isolating spark gaps capable of conducting a substantial part of the lightning current (see Tables 8 and 9 for the dimension of connecting conductors). A direct connectionin the soil would significantly increase the risk of corrosion. Isolating spark gaps used should conform to 6.2.

NOTE Isolating spark gaps classified N according to future IEC 62561-3 are usually suitable.

Galvanized steel should be used for earth electrodes in soil only when no steel parts incorporated in the concrete are directly connected to the earth electrode in soil.

If metal pipes are put in soil and are connected to the equipotential bonding system and to the earth-termination system, the material of the pipes, where these are not isolated, and

де їх не ізольовано, має бути таким самим, як і матеріал провідників системи уземлення. Труби із захисним шаром фарби або асфальту розглядаються, як не ізольовані. Якщо використання однакового матеріалу є неможливим, систему трубопроводів належить відокремити ізолювальними вставками від тих ділянок об'єкту, які сполучено з системою еквіпотенційних сполучень. Ізолювальні вставки належить узбочити іскровими проміжками. Належить також виконувати узбочування також там, де ізолювальні вставки встановлено для катодного захисту трубопроводів.

the material of the conductors of the earth system should be identical. Pipes with a protective covering of paint or asphalt are treated as if they are not isolated. When use of the same material is not possible, the pipework system should be isolated from the plant sections connected to the equipotential bonding system by means of isolated sections. The isolated sections should be bridged by means of spark gaps. Bridging by spark gaps should also be performed where isolated pieces are installed for cathodic protection of pipework.

Провідники зі свинцевими оболонками належить не встановлювати безпосередньо у бетон. Провідники зі свинцевими оболонками належить захистити від корозії протикорозійними обгортками або термозступними трубками. Провідники може бути захищено покриттями з ПВХ або ПЕ.

Conductors with lead sheaths should not be directly installed in concrete. Conductors with lead sheaths should be protected against corrosion by provision of either anti-corrosion bindings or by means of shrunk-on sleeving. Conductors may be protected by a PVC or PE covering.

Сталеві провідники земляного закінчення, які виходять з бетону або з ґрунту, у точці входу до повітряного середовища належить захистити від корозії на довжині 0,3 м протикорозійними обгортками або термозступними трубками. Для провідників з міді або нержавної сталі це є зайвим.

Steel earth-termination conductors coming from concrete or from soil at the entry point to the air should be protected against corrosion for a length of 0,3 m by means of anti-corrosion wrappings or shrunk-on sleeving. For copper or stainless steel conductors this is not necessary.

Матеріали, що використовуються для сполучників між провідниками у ґрунті, мусять мати такі ж корозійні характеристики, як й провідники земляного закінчення. З'єднання за допомогою затискачів зазвичай не є припустимі, за винятком випадків, коли для таких з'єднань забезпечується ефективний захист від корозії після виконання сполучення. Позитивний досвід було накопичено з обтискними сполученнями.

The materials used for the joints between conductors in the soil should have identical corrosion behaviour to that of the earth-termination conductors. Connection by clamping is not generally permissible except in cases where such connections are provided with effective corrosion protection after making the joint. Good experience has been gained with crimped joints.

Зварні шви належить захистити від корозії.

Welded joints shall be protected against corrosion.

Практичний досвід показує, що:

- алюміній ніколи не належить використовувати як уземлювальний електрод,
- сталеві провідники зі свинцевою оболонкою не придатні для використання як уземлювальні провідники,
- мідні провідники зі свинцевою оболонкою належить не використовувати ані у бетоні, ані у ґрунті з високим вмістом кальцію.

Practical experience shows that

– aluminium should never be used as an earth electrode,
– lead-sheathed steel conductors are not suitable for use as earth conductors,
– lead-sheathed copper conductors should not be used in concrete nor in soil with a high calcium content.

E.5.6.2.2.2 Метали у бетоні

E.5.6.2.2.2 Metals in concrete

Вбудовування сталі або поцинкованої сталі у

The embedding of steel or galvanized steel in

бетон призводить до стабілізації природного потенціалу металу завдяки рівномірному лужному середовищу. До того ж, бетон дає рівномірний, відносно високий питомий опір – близько 200 Ом м або вище.

Отже, стрижні риштунку у бетоні є значно стійкішими до корозії, ніж коли вони є відкритими, навіть якщо їх сполучено зовні до більш катодних електродних матеріалів.

Використання сталі риштунку у ролі доземних провідників не становить значних корозійних проблем, за умови, що точки доступу для перехоплювачів є добре інкапсульовані, приміром, достатньо товстим шаром епоксидної шпадльовки.

Поцинковані сталеві штаби у ролі фундаментних уземлювальних електродів може бути встановлено у бетон й сполучено безпосередньо зі сталевими стрижнями риштунку. Мідь та нержавна сталь у бетоні є також прийнятними і їх може бути сполучено зі сталлю риштунку безпосередньо.

З огляду на природний потенціал сталі у бетоні, додаткові уземлювальні електроди поза бетоном має бути виготовлено з міді або нержавної сталі.

У сталефібробетоні, якщо неможливо забезпечити заливання бетону принаймні 50 мм завтовшки над уземлювальними електродами, які знаходяться у бетоні, використання сталевих уземлювальних електродів не дозволяється, оскільки у процесі будівництва сталевий електрод може бути втиснений донизу, приміром, застосовуваними машинами, й торкнутися ґрунту. У такому випадку сталь наражається на поважний корозійний ризик. Мідь та нержавна сталь є прийнятними матеріалами для уземлювальних електродів у сталефібробетоні.

E.6 Система внутрішнього захисту від блискавки

E.6.1 Загальні положення

Вимоги до проектування внутрішньої системи блискавкозахисту подано у Розділі 6.

Зовнішня система блискавкозахисту та її зв'язок зі струмопровідними частинами та обладнанням всередині будівлі (споруди) визначатиме, значною мірою, необхідність у внутрішній системі блискавкозахисту.

Важливим є проведення консультацій з усіма установами та зацікавленими сторонами щодо еквіпотенційних сполучень.

concrete causes a stabilization of the natural potential of the metal, due to the uniformly alkaline environment. In addition, the concrete is of uniformly, relatively high resistivity – of the order of 200 Ωm or higher.

Consequently, the reinforcing bars in concrete are considerably more resistant to corrosion than when they are exposed, even if connected externally to more cathodic-electrode materials.

The use of reinforcing steel as down-conductors does not pose any significant corrosion problems provided the access points for air-terminations are well encapsulated, e.g. by epoxy resin putty of adequate thickness.

Galvanized steel strips as foundation earth electrodes may be installed in concrete and directly connected to the steel reinforcing rods. Copper and stainless steel in concrete are also accepted and may be connected to the reinforcement steel directly.

Due to the natural potential of steel in concrete, additional earth electrodes outside the concrete should be made of copper or stainless steel.

In steel fibre reinforced concrete, if it is not possible to ensure the circumfusion of concrete thickness at least 50 mm over casting earth electrodes, the use of steel earth electrodes is not permitted because during the building process the steel electrode can be pressed down, for instance by the machines used, and touch the soil. In such a case, the steel faces a serious corrosion risk. Copper and stainless steel are suitable materials for earth electrodes in steel fibre concrete.

E.6 Internal lightning protection system

E.6.1 General

The requirements for the design of the internal lightning protection system are given in Clause 6.

The external lightning protection system and its relationship to conductive parts and installations inside the structure will determine, to a large extent, the need for an internal lightning protection system.

Consultation with all authorities and parties concerned with equipotential bonding is essential.

Проектувальник LPS та монтажник LPS мають звертати увагу на той факт, що заходи, зазначені у пункті E.6, є дуже важливими для досягнення відповідного захисту від блискавки. Покупець також має знати про це.

Внутрішній блискавкозахист є однаковим для усіх рівнів захисту, за винятком роздільних відстаней.

Заходи, що необхідні для внутрішнього блискавкозахисту, у багатьох випадках переважають заходи з еквіпотенційних сполучень для систем живлення змінного струму, з огляду на значну величину та струму та його стрімкість, що мають місце у разі удару блискавки.

ПРИМІТКА Якщо розглядається захист від LEMP, належить брати до уваги IEC 62305-4.

E.6.2 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту (EB)

E. 6.2.1 Загальні положення

У випадку ізольованої зовнішньої LPS, еквіпотенційні сполучення влаштовуються лише на рівні ґрунту.

Для промислових споруд електрично безперервні струмопровідні частини будівлі (споруди) та покрівлі можуть, зазвичай, використовуватись як природні компоненти LPS й можуть також використовуватись для виконання еквіпотенційних сполучень.

Не лише струмопровідні частини будівлі (споруди) та устаткування, встановлене у ній, належить сполучити з системою еквіпотенційних сполучень, а й провідники системи електроживлення та комунікаційне обладнання. Для уземлювальних електродів всередині будівлі (споруди) особливу увагу належить приділяти регулюванню напруги кроку. Відповідні заходи включають підключення сталі риштунку бетону до уземлювальних електродів локально або забезпечення погреба або підвалу сіткою вирівнювання потенціалів.

Для будівель (споруд) заввишки понад 30 м рекомендується повторити еквіпотенційні 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 має бути з'єднано. Провідники під напругою належить приєднати за допомогою SPD.

The LPS designer and LPS installer should draw attention to the fact that the measures given in Clause E.6 are very important in order to achieve adequate lightning protection. The purchaser should be notified accordingly.

The internal lightning protection is the same for all protection levels except for the separation distances.

The measures necessary for internal lightning protection exceed the equipotentialization measures for AC power systems in many cases because of the high current rate and current rise time occurring in the case of a lightning strike.

NOTE If protection against LEMP is to be considered, IEC 62305-4 should be taken into account.

E.6.2 Lightning equipotential bonding (EB)

E.6.2.1 General

In the case of an isolated external LPS, the equipotential bonding is established only at ground level.

In the case of industrial structures, electrically-continuous conductive parts of the structure and the roof may be generally used as natural LPS components and may be used in the performance of equipotential bonding.

It is not only the conductive parts of the structure, and the equipment installed therein, that should be connected to the equipotential bonding but also the conductors of the power supply system and the communication equipment. For earth electrodes inside the structure, special care should be taken to control step voltages. Adequate measures include connecting concrete reinforcement steel to the earth electrodes locally or providing an equipotentialization mesh in the cellar or basement.

For buildings higher than 30 m, it is recommended to repeat the equipotential bonding at a level of 20 m and every 20 m above that. The separation requirements will generally be fulfilled.

This means that, at the very least, on those levels the external down-conductors, the internal down-conductors and metal parts should be bonded. Live conductors should be bonded via SPDs.

E.6.2.1.1 Сполучні провідники

Сполучні провідники мають бути здатними витримувати частину струму блискавки, яка проходить ними.

Провідники, які сполучають внутрішнє металеве устаткування у будівлі (споруді), зазвичай не проводять істотну частину струму блискавки. Їхні мінімальні розміри подано у Таблиці 9.

Провідники, які сполучають зовнішні струмопровідні частини з LPS, зазвичай проводять істотну частину струму блискавки. Їхні мінімальні розміри подано у Таблиці 8.

E.6.2.1.2 Пристрої захисту від імпульсних перенапруг

Пристрої захисту від імпульсних перенапруг (SPD) мають витримувати прогнозовану частину струму блискавки, що проходить ними, без пошкоджень. SPD також мають бути здатними гасити залишковий струм від джерела живлення, якщо їх підключено до провідників електроживлення.

Вибір SPD має здійснюватись згідно вимог, наведених у 6.2. Якщо вимагається захист внутрішніх систем від LEMP, SPD мають також відповідати IEC 62305-4.

E.6.2.2 Еквіпотенційні сполучення внутрішніх струмопровідних частин

Еквіпотенційні сполучення має бути забезпечено таким чином, щоб внутрішні струмопровідні частини, зовнішні струмопровідні частини та електричні й комунікаційні системи (приміром, комп'ютерні системи і системи безпеки) могли бути з'єднані короткими сполучними провідниками. Еквіпотенційні сполучення у внутрішніх та зовнішніх струмопровідних частинах, які не мають електричних функцій, здійснюється безпосередньо. Усі електричні з'єднання (силові та сигнальні) належить сполучати за допомогою SPD.

Металеве обладнання, як от водяні, газові, повітряні та опалювальні труби, шахти ліфтів, опори здійм й т.ін. мають бути сполучені між собою та з LPS на рівні ґрунту.

Іскріння може виникати у 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 згідно 6.2, аби запобігти іскрінню.

Розміщення сполучної шини зображено на Рисунку E.43.

E.6.2.1.1 Bonding conductors

Bonding conductors should be able to withstand the part of the lightning current flowing through them.

Conductors bonding metal installations internal to the structure normally do not carry a significant part of the lightning current. Their minimum dimensions are given in Table 9.

Conductors bonding external conductive parts to the LPS usually carry a substantial part of the lightning current. Their minimum dimensions are given in Table 8.

E.6.2.1.2 Surge protective devices

Surge protective devices (SPDs) should withstand the prospective part of the lightning current flowing through them without being damaged. An SPD should also have the ability to extinguish electrical power follow-on currents from the power supply if they are connected to the electrical power conductors.

The selection of an SPD shall be performed according to 6.2. Where protection of internal systems against LEMP is required, SPDs shall also conform to IEC 62305-4.

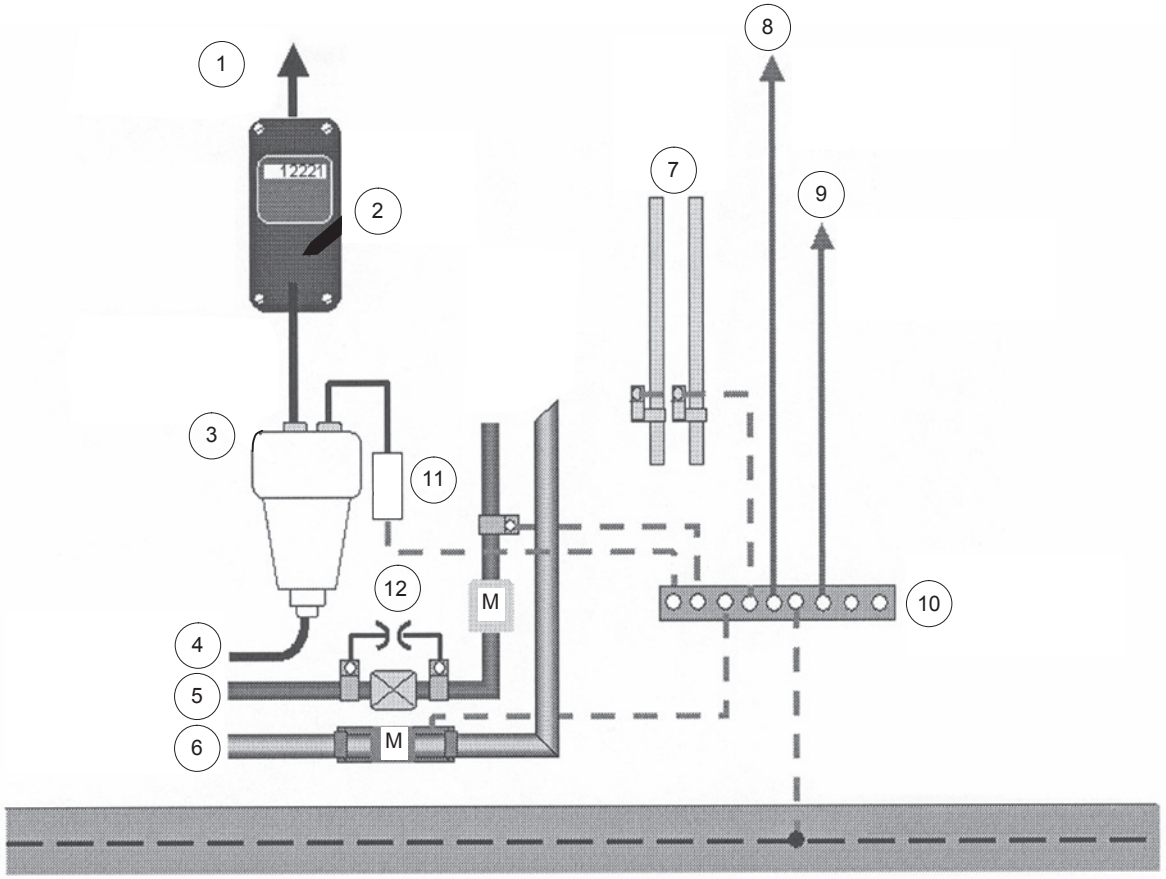
E.6.2.2 Equipotential bonding of internal conductive parts

Bonding should be provided and installed in such a way that the internal conductive parts, the external conductive parts and the electrical power and communication systems (for example computers and security systems) can be bonded by short bonding conductors. Internal and external conductive parts that have no electrical function should be bonded directly. All electrical connections (power and signal) should be bonded by means of SPDs.

Metal installations, i.e. water, gas, heating and air pipes, lift shafts, crane supports etc. shall be bonded together and to the LPS at ground level.

Sparking can occur in metal parts not belonging to the structure if those parts are close to the down-conductors of the LPS. Where this is considered dangerous, adequate bonding measures according to 6.2 should be used to prevent sparking.

A bonding bar arrangement is shown in Figure E.43.



Умовні позначення		**Key**	
1	живлення до споживача	1	power to user
2	прилад обліку	2	power meter
3	ввідний пристрій будинку	3	house connection box
4	живлення від мережі	4	power from utility
5	газ	5	gas
6	вода	6	water
7	система центрального опалення	7	central heating system
8	електронні пристрої	8	electronic appliances
9	екран кабелю антени	9	screen of antenna cable
10	сполучна шина	10	equipotential bonding bar
11	SPD	11	SPD
12	ізолювальний іскровий розрядник	12	ISG
M	прилад обліку	M	meter

Figure E.43 – Example of an equipotential bonding arrangement

Рисунок E.43 - Приклад розміщення еквіпотенційного сполучення

Сполучні шини належить розміщувати так, аби їх було сполучено з системою земляного закінчення або з горизонтальними кільцевими провідниками короткими провідниками.

The bonding bars should be located so that they are connected to the earth-termination system or to the horizontal ring conductors with short conductors.

Сполучна шина встановлюється переважно на внутрішній стороні зовнішньої стіни близько до рівня землі, поруч з ввідним пристроєм НН живлення та її має бути ретельно приєднано до системи уземлення, включно із кільцевим уземлювальним електродом, фундаментним уземлювальним електродом й природним уземлювальним електродом, приміром, із взаємозв'язаного сталевого риштунку, якщо це є прийнятним.

The bonding bar is preferably installed at the inner side of an outer wall near ground level, close to the main low-voltage power distribution box and closely connected to the earth termination system comprising the ring earth electrode, the foundation earth electrode and the natural earth electrode such as the interconnected reinforcing steel, where applicable.

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 у відповідності з IEC 62305-4.

In extended buildings, several bonding bars may be used provided that they are interconnected. Very long connections can form big loops leading to large induced currents and voltages. To minimize these effects, a meshed interconnection of those connections, the structure and the earthing system according to IEC 62305-4 should be considered.

У залізобетонних будівлях (спорудах), що відповідають вимогам 4.3, для еквіпотенційних сполучень може використовуватись сталевий риштунок. У цьому випадку у стінах належить встановити додаткову сіткову мережу зварних або шрубових струмопровідних клем, які описано у Е.4.3, до яких належить підключити сполучні шини привареними провідниками.

In reinforced concrete structures conforming to 4.3, the reinforcement may be used for equipotential bonding. In this case, an additional meshed network of welded or bolted terminal joints, described in E.4.3, should be installed in the walls, to which the bonding bars should be connected via welded conductors.

ПРИМІТКА У цьому випадку дотримання роздільної відстані не є необхідним.

NOTE In this case, keeping a separation distance is not necessary.

Мінімальний поперечний переріз сполучних провідників наведено у Таблицях 8 та 9. Усі внутрішні струмопровідні частини значних розмірів, такі як напрямні ліфтів, здійми, металеві підлоги, труби та електричне обладнання належить приєднати до найближчої сполучні шини коротким сполучним провідником на позначці землі та на інших позначках, якщо роздільну відстань згідно 6.3 не може бути дотримано. Сполучні шини та інші частини з'єднання мають витримувати очікувані струми блискавки.

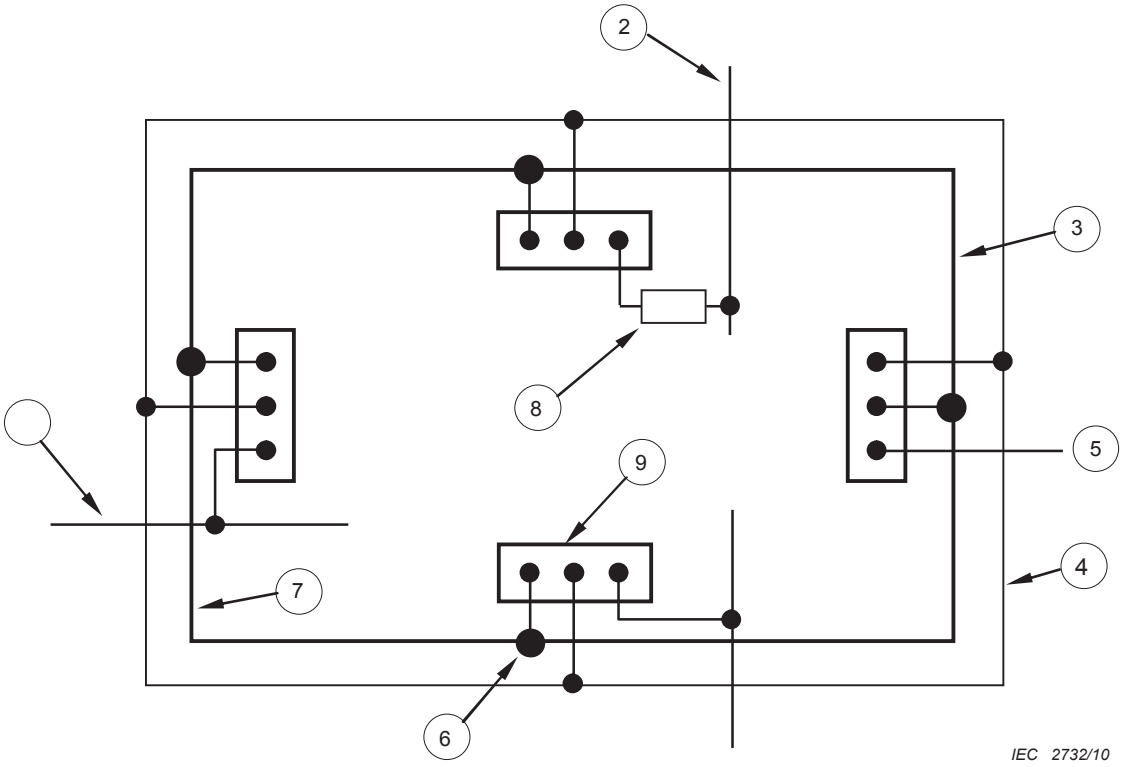
The minimum cross-sections for a bonding conductor or a bonding connector are given in Tables 8 and 9. All internal conductive parts of significant size, such as elevator rails, cranes, metal floors, pipes and electrical services, should be bonded to the nearest bonding bar by a short bonding conductor at ground level and at other levels if the separation distance according to 6.3 cannot be maintained. Bonding bars and other bonding parts should withstand the prospective lightning currents.

У будівлях (спорудах) із залізобетонними стінами лише незначна частина загального струму блискавки проходить сполучними частинами.

In structures with reinforced walls only a minor fraction of the total lightning current is expected to flow through the bonding parts.

Рисунки Е.44, Е.45 та Е.46 показують розміщення сполучень у будівлях (спорудах) з численними точками уводу зовнішніх послуг.

Figures E.44, E.45 and E.46 illustrate bonding arrangements in structures with multiple-point entries of external services.



Умовні позначення

1	зовнішня провідна частина, приміром, металева труба водогону
2	електрична живильна або комунікаційна лінія
3	сталевий риштунок зовнішньої бетонної стіни й фундаменту
4	кільцевий уземлювальний електрод
5	до додаткового уземлювального електроду
6	спеціальний злучник системи еквіпотенційних сполучень
7	залізобетонна стіна, див. 3 умовних позначень
8	SPD
9	сполучна шина

ПРИМІТКА Сталевий риштунок у фундаменті використовується як природний уземлювач.

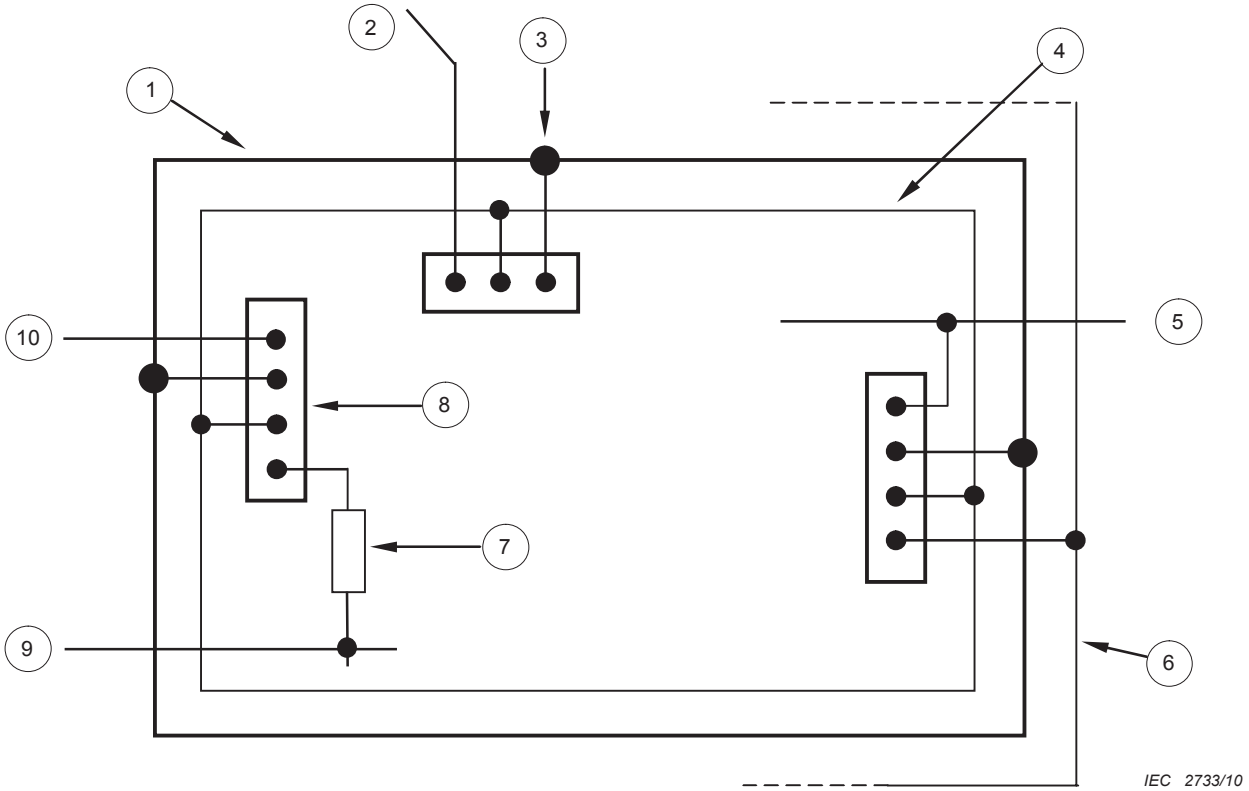
Key

1	external conductive part, e.g. metallic water pipe
2	electric power or communication line
3	steel reinforcement of the outer concrete wall and the foundation
4	ring earthing electrode
5	to an additional earthing electrode
6	special bonding joint
7	steel-reinforced concrete wall, see Key, 3
8	SPD
9	bonding bar

NOTE The steel reinforcement in the foundation is used as a natural earth electrode.

Figure E.44 – Example of bonding arrangement in a structure with multiple point entries of external conductive parts using a ring electrode for interconnection of bonding bars

Рисунок E.44 - Приклад розміщення сполучень у будівлі (споруді) з численними точками уводу зовнішніх струмопровідних частин з використанням кільцевого електроду для з'єднання сполучних шин



Умовні позначення

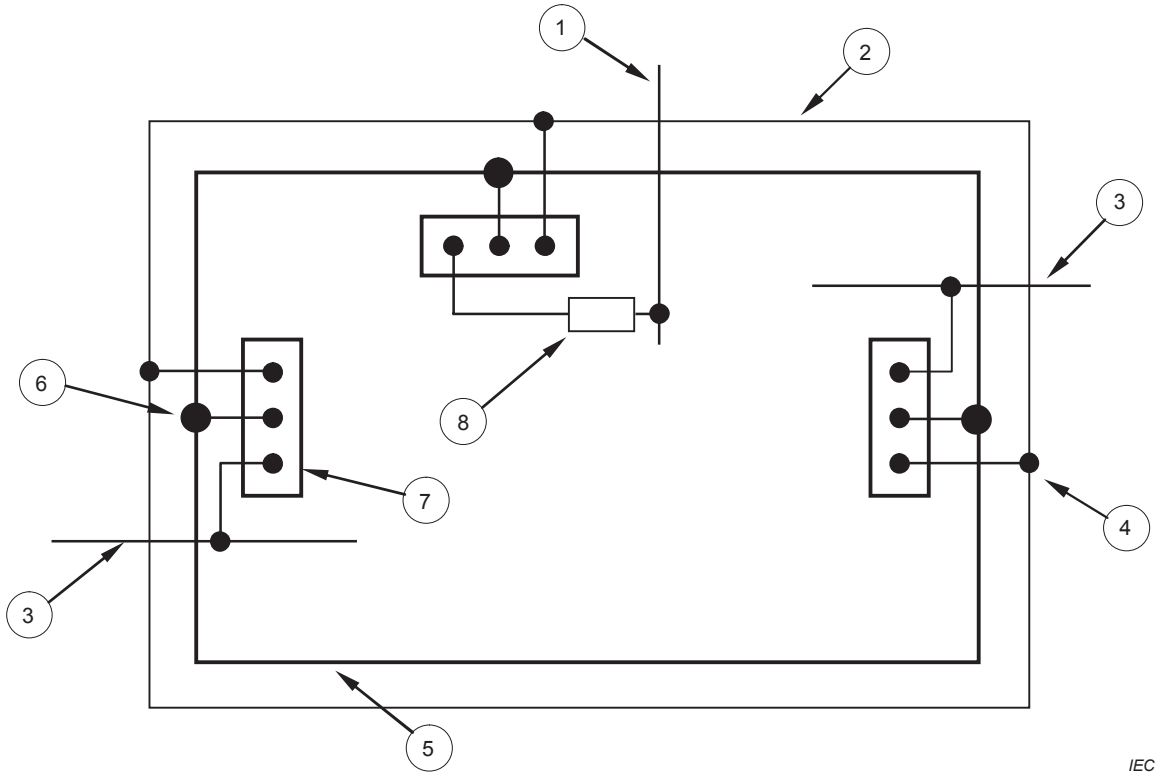
1	сталевий риштунок зовнішньої бетонної стіни й фундаменту
2	зовнішній уземлювальний електрод
3	злучник системи еквіпотенційних сполучень
4	внутрішній кільцевий провідник
5	до зовнішньої провідної частини, приміром, труби водогону
6	кільцевий уземлювальний електрод, розміщення типу B
7	SPD
8	сполучна шина
9	електрична живильна або комунікаційна лінія
10	до додаткового уземлювального електроду, розміщення типу A

Key

1	steel reinforcement of the outer concrete wall and foundation
2	other earthing electrode
3	bonding joint
4	internal ring conductor
5	to external conductive part, e.g. water pipe
6	ring earthing electrode, type B earthing arrangement
7	SPD
8	bonding bar
9	electric power or communication line
10	to additional earthing electrode, type A earthing arrangement

Figure E.45 – Example of bonding in the case of multiple point entries of external conductive parts and an electric power or communication line using an internal ring conductor for interconnection of the bonding bars

Рисунок E.45 - Приклад розміщення сполучень за наявності численних точок уводу зовнішніх струмопровідних частин та електричної живильної або комунікаційної лінії з використанням внутрішнього кільцевого провідника для з'єднання сполучних шин



Умовні позначення		Key	
1	електрична живильна або комунікаційна лінія	1	electric power or communication line
2	зовнішній горизонтальний кільцевий провідник (над землею)	2	external horizontal ring conductor (above ground)
3	зовнішні струмопровідні частини	3	external conductive part
4	злучник доземного провідника	4	down-conductor joint
5	сталевий риштунок у стіні	5	steel reinforcement in the wall
6	злучник системи еквіпотенційних сполучень конструкційної сталі	6	bonding joint to construction steel
7	сполучна шина	7	bonding bar
8	SPD	8	SPD

Figure E.46 – Example of bonding arrangement in a structure with multiple point entries of external conductive parts entering the structure above ground level

Рисунок E.46 - Приклад розміщення сполучень у будівлі (споруді) з численними точками уводу зовнішніх струмопровідних частин, які входять до будівлі (споруди) над рівнем ґрунту

E.6.2.3 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту зовнішніх струмопровідних частин

Додаткова інформація відсутня.

E.6.2.4 Еквіпотенційні сполучення блискавкозахисту електричних та електронних систем у захищуваній будівлі (споруді)

Подробиці щодо еквіпотенційних сполучень блискавкозахисту внутрішніх систем подано у IEC 62305-4.

E.6.2.3 Lightning equipotential bonding for external conductive parts

No additional information available.

E.6.2.4 Lightning equipotential bonding for electrical and electronic systems within the structure to be protected

Details for lightning equipotential bonding for internal systems are given in IEC 62305-4.

E.6.2.5 Еквіпотенційні сполучення зовнішніх послуг

Рекомендується, аби зовнішні струмопровідні частини та 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 випадку живлення НН це є безпосередньо за ввідним пристроєм (за погодженням з місцевою енергетичною компанією).

Сполучну шину у цьому сукупному місці входу належить приєднати короткими провідниками до системи земляного закінчення.

Якщо послуги, які уводяться до будівлі (споруди) є екранованими лініями, екрани належить приєднати до сполучної шини. Перенапруги, які сягають активних провідників, є функцією величини часткового струму блискавки у екрані (тобто згідно з Додатком B) й поперечного перерізу екрану. Додаток E до IEC 62305-1:2010 надає метод оцінювання цього струму. SPD є необхідними, якщо прогнозовані перенапруги перевищують проектні технічні характеристики лінії та приєднаних об’єктів.

Якщо послуги, які уводяться до будівлі (споруди), не є екранованими, частковий струм плинутиме активними провідниками. У цьому випадку SPD, здатні витримувати струм блискавки, належить розмістити у місці уводу. Провідники PE та PEN може бути підключено безпосередньо до сполучної шини.

Якщо зовнішні струмопровідні частини, електричні та комунікаційні лінії потрібно увести до будівлі (споруди) у різних місцях й необхідно встановити кілька сполучних шин, сполучні шини належить підключити якомога ближче до системи уземлення, тобто кільцевого уземлювального електроду, до риштунку будівлі (споруди) й до фундаментного уземлювального електроду будівлі (споруди), якщо можливо.

Якщо уземлення розміщення типу A використовується як частина LPS, сполучні шини належить приєднати до окремих уземлювальних електродів та, на додачу, їх належить сполучити між собою внутрішнім кільцевим провідником або внутрішнім провідником у формі розімкненого кільця.

Для уводів зовнішніх послуг над позначкою землі сполучні шини належить підключити до

E.6.2.5 Equipotential bonding of external services

Preferably, the external conductive parts and the electrical power and communication lines should enter the structure near ground level at a common location.

Equipotential bonding should be performed as close as possible to the entry point into the building. In the case of a low-voltage power supply, this is immediately downstream of the service entrance box (subject to approval of the local power company).

The bonding bar at this common location of entry should be connected with short bonding conductors to the earth-termination system.

If the services entering the building are shielded lines, the shields shall be connected to the bonding bar. The overvoltage reaching the active conductors is a function of the size of the partial lightning current over the screen (i.e. according to Annex B) and the cross-section of the shield. Annex E of IEC 62305-1:2010 provides a method to estimate this current. SPDs are necessary if the expected overvoltages exceed the specification of the line and connected objects.

If the services entering the building are not shielded, the partial lightning current will flow on the active conductors. In this case, SPDs with lightning current capabilities should be placed at the entry point. PE or PEN conductors may be connected to the bonding bar directly.

When the external conductive parts, the electrical power and communication lines have to enter the structure at different locations, and therefore need several bonding bars to be installed, the bonding bars should be connected as closely as possible to the earthtermination system, i.e. the ring earth electrode, to the reinforcement of the structure and to the foundation earth electrode of the structure, if applicable.

When a type A earthing arrangement is utilized as a part of the LPS, the bonding bars should be connected to individual earth electrodes and, in addition, they should be interconnected by an internal ring conductor or an internal conductor forming a partial ring.

For entries of external services above the earth surface, the bonding bars should be connected

прокладеного зсередини або зовні зовнішньої стіни горизонтального кільцевого провідника, сполученого з доземними провідниками LPS та з металевим риштунком будівлі (споруди), якщо можливо.

Кільцевий провідник належить підключити до сталевого риштунку та інших металевих елементів будівлі (споруди) з постійним кроком, який відповідає відстані між доземними провідниками, як зазначено у Таблиці 4, типово кожні 5 м до 10 м.

У будинках, принципово спроектованих для ЦОД, комунікаційних закладів та інших споруд, що вимагають низького рівня індукційних ефектів LEMP, кільцевий провідник належить підключити 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) або інших металевих елементів.

to a horizontal ring conductor inside or outside the outer wall bonded to the down-conductors of the LPS and to the metallic reinforcement of the structure, if applicable.

The ring conductor should be connected to the steel reinforcement, and other metallic elements of the structure, at regular subdivisions of the distance between the down-conductors as stated in Table 4, typically every 5 m to 10 m.

In buildings principally designed for computer centres, communication buildings and other structures requiring a low level of LEMP induction effects, the ring conductor should be connected to the reinforcement typically every 5 m.

For the bonding of external services in reinforced concrete buildings which contain large communication or computer installations, and for structures where EMC demands are severe, a ground plane with multiple connections to the metallic reinforcement of the structure or other metallic elements should be used.

E.6.3 Електричне ізолювання зовнішньої LPS

E.6.3.1 Загальні положення

Між зовнішньою LPS та усіма струмопровідними частинами, сполученими з системою еквіпотенційних сполучень усієї будівлі (споруди) має підтримуватись достатня роздільна відстань відповідно до 6.3.

Роздільну відстань можна оцінити за співвідношенням (4), як це показано у 6.3.

Характерною довжиною, *l*, для оцінювання роздільної відстані *s* (див. 6.3), має бути відстань уздовж доземного провідника між найближчим сполученням його з точкою системи еквіпотенційних сполучень або з мережею уземлення та точкою зближення. Провідники покрівлі та доземні провідники мають проходити якомога прямішими шляхами, аби додержувати необхідну роздільну відстань малою.

E.6.3 Electrical isolation of the external LPS

E.6.3.1 General

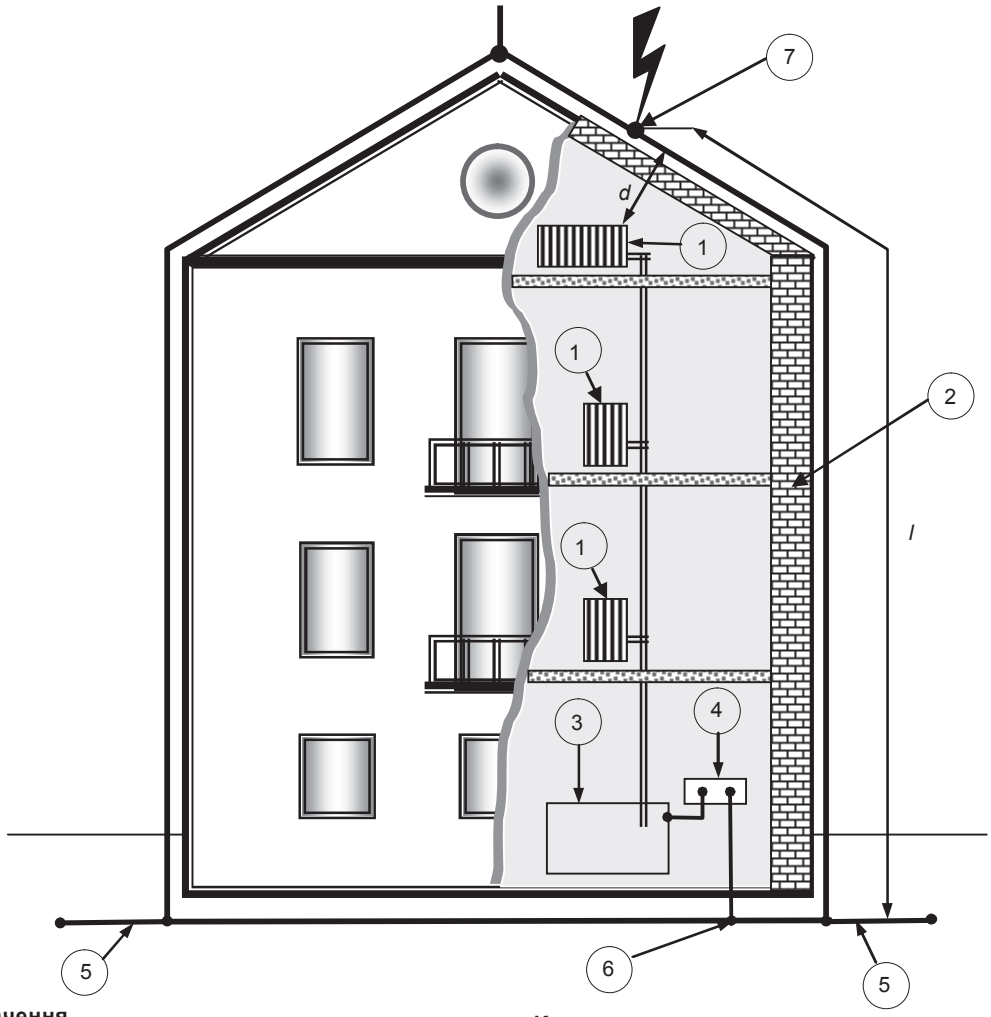
An adequate separation distance, determined according to 6.3, should be maintained between the external LPS and all conductive parts connected to the equipotential bonding of the structure.

The separation distance may be evaluated by Equation (4) shown in 6.3.

The reference length, *l*, for the calculation of the separation distance *s* (see 6.3), should be the distance between the connection to the nearest equipotential bonding point or earth termination network and the point of proximity along the down-conductor. The roof and down-conductors should follow a route as straight as possible to keep the necessary separation distance low.

Довжина та шлях провідника у будівлі (споруді), що проходить від сполучної шини до точки зближення, зазвичай мало впливає на роздільну відстань, але якщо цей провідник наближається до провідника, яким проходить струм блискавки, необхідна роздільна відстань буде нижчою. Рисунок E.47 ілюструє, як у LPS вимірюється характерна довжина *l*, що використовується для обчислення роздільної відстані *s* згідно 6.3.

The length and the path of the conductor within the building running from bonding bar to point of proximity is generally of little influence on the separation distance, but when this conductor runs close to a lightning current-carrying conductor the necessary separation distance will be lower. Figure E.47 illustrates how the critical length, *l*, used for calculation of the separation distance, *s*, according to 6.3, is measured on an LPS.



Умовні позначення

1 металевий радіатор/обігрівач
2 стіна з цегли або дерева
3 котел
4 сполучна шина
5 система земляного закінчення
6 сполучення до системи земляного закінчення або доземного провідника
7 найгірший випадок
d фактична довжина
l довжина для оцінювання роздільної відстані, s

ПРИМІТКА Будівля складається з ізоляційної цегли.

Key

1 metallic radiator/heater
2 wall of brickwork or wood
3 heater
4 equipotential bonding bar
5 earth-termination system
6 connection to the earth-termination system or to the down-conductor
7 worst case
d actual distance
l length for evaluation of separation distance, s

NOTE The structure consists of insulating bricks.

Figure E.47 – Directions for calculations of the separation distance, *s*, for a worst case lightning interception point at a distance, *l*, from the reference point according to 6.3

Рисунок E.47 – Вказівки щодо обчислення роздільної відстані, *s*, для найгіршого випадку точки перехоплення блискавки на відстані, *l*,від характерної точки згідно 6.3

У будівлях (спорудах), де конструкційні елементи будинку використовуються як природні доземні провідники, приміром, сталевий риштунок у бетоні, характерною точкою має бути точка сполучення з природним доземним провідником.

У будівлях (спорудах) з зовнішніми поверхнями, які не містять струмопровідних елементів, приміром, будівлях (спорудах) з дерева або цегли, має використовуватись найкоротша загальна відстань уздовж проводів блискавкозахисту, *l*, від найбільш несприятливої точки удару блискавки до найближчого земляного закінчення або точки, де систему еквіпотенційних сполучень внутрішнього устаткування підключено до доземного провідника або системи земляного закінчення, для обчислення роздільної відстані, s, згідно з 6.3.

Якщо неможливо дотримувати відстані, більшої за роздільну відстань *s* по усій довжині інженерної системи, яка розглядається, належить сполучити цю систему з LPS у точці, що якнайдалі відстоїть від опорної точки системи еквіпотенційних сполучень (див. Рис. E.47). Таким чином, або електричні провідники має бути перекладено відповідно до вимог щодо роздільної відстані (див. 6.3), або їх належить вкласти до струмопровідного екрану, сполученого з LPS у точці, що якнайдалі відстоїть від опорної точки системи еквіпотенційних сполучень.

Якщо сполучення інженерних систем з LPS у будинках до 30 м заввишки виконується у опорній точці та у якнайдальшій точці, роздільна відстань дотримується вдовж усього шляху інженерних систем.

Такі моменти часто є критичними та потребують особливої уваги:

- У випадку більших будівель (споруд), роздільна відстань між провідниками LPS та металевим обладнанням часто є такою великою, що її не є можливим реалізувати. Це тягне за собою додаткове сполучення LPS до цього металевого обладнання. Таким чином, частина струму блискавки проходить цим металевим обладнанням до системи земляного закінчення будівлі (споруди).
- Електромагнетні завади, що виникають у результаті цих часткових струмів, належить брати до уваги розміщення устаткування у будівлі (споруді) та за проектування електромагнетних зон всередині будівлі (споруди) відповідно до IEC 62305-4.

In structures where the building components are used as natural down-conductors, for example steel reinforcement in concrete, the reference point should be the connection point to the natural down-conductor.

Structures with outer surfaces that do not contain conductive elements, such as structures of wood or brickwork, should use the shortest possible overall distance along the lightning protection conductors *l* from the most unfavourable lightning strike point to the nearest earth termination or the point where the equipotential bonding system of the internal installation is connected to the down-conductor or the earth-termination system, for calculation of the separation distance, s, according to 6.3.

When it is not possible to maintain the distance greater than the separation distance *s* along the whole length of the considered installation, bonding of the installation to the LPS should also be performed at the furthest point from the reference bonding point (see Figure E.47). Therefore, the electrical conductors should either be re-routed in accordance with the requirements of the separation distance (see 6.3) or they should be enclosed in a conductive shield bonded to the LPS at the furthest point from the reference bonding point.

When bonding of installations to the LPS in buildings lower than 30 m is performed at the reference point and the furthest point, the separation distance is fulfilled along the whole path of the installation.

The following points are often critical and require particular consideration:

– In the case of larger structures, the separation distance between the LPS conductors and the metal installations is often so large that it cannot be implemented. This involves additional bonding of the LPS to these metal installations. Consequently, a portion of the lightning current flows via these metal installations to the earth-termination system of the structure.
– Electromagnetic interference occurring as a result of these partial currents should be taken into account when planning the structure installations and designing the lightning protection electromagnetic zones inside the structure according to IEC 62305-4.

Однак завади будуть суттєво нижчими від тих, які виникають від електричної іскри у цій точці.

У випадку покрівель відстань між LPS та електричним устаткованням часто виявляється коротшою ніж роздільна відстань, *s*, подана у 6.3. У такому разі, належить спробувати встановити LPS або електричний провідник у 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 у відповідності з 6.3.

У деяких будинках неможливо дотримати необхідної роздільної відстані. Внутрішні конструкції можуть заважати проектувальнику або монтажнику правильно оцінити ситуацію та виконати сполучення з певними металевими частинами та електропровіднею. Про це належить повідомляти власника будинку.

E.6.3.2 Спрощений підхід

Спрощений підхід згідно 6.3.2 є можливим, якщо найбільший вимір будівлі (споруди) у плані (довжина або ширина) не перевищує висоту понад чотири рази.

E.6.4 Захист від впливу індукованих струмів у внутрішніх системах

Струми у провідниках зовнішньої LPS можуть індукувати надмірні перенапруги у петлях провідників внутрішніх систем через магнітну 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 системи захисту від блискавки.

Заходи захисту від перенапруг подано у IEC 62305-4.

E.7 Технічне обслуговування та огляд LPS

E.7.1 Обсяг оглядів

Огляд LPS має проводити фахівець з блискавкозахисту згідно рекомендацій, наведених у параграфі E.7.

However, the interference will be significantly lower than that caused by an electrical spark at this point.

In the case of roofs, the distance between the LPS and the electrical installations is often found to be shorter than the separation distance, *s*, given in 6.3. If this is the case, an attempt should be made to install the LPS or the electrical conductor at a different location.

An agreement should be reached with the person responsible for the electrical installation to perform a re-routing of electrical circuits which do not conform to the separation distance to the air-termination conductors on structures.

When the electrical installation cannot be re-routed, bonding to the external LPS should be carried out in accordance with 6.3.

In some buildings it is not possible to maintain the separation distances as required. Internal constructions can prevent the designer or installer from assessing situations and making connections to certain metal parts and electrical conductors. This should be communicated to the owner of the building.

E.6.3.2 Simplified approach

The simplified approach according to 6.3.2 is possible, if the widest horizontal elongation ofthe structure (length or width) does not exceed four times the height.

E.6.4 Protection against effects of induced currents in internal systems

Currents in the conductors of the external LPS may induce excessive over-voltages in the conductor loops of the internal installations by the effect of magnetic coupling. Overvoltages may cause failures of internal systems.

Since practically all buildings contain electronic equipment, the effect of the electromagnetic field of the external and internal down-conductors should be taken into account in the planning of the lightning protection system.

Protection measures against overvoltages are given in IEC 62305-4.

E.7 Maintenance and inspection of the LPS

E.7.1 Scope of inspections

Inspection of the LPS should be conducted by a lightning protection specialist in accordance with the recommendations of Clause E.7.

The inspector should be provided with the LPS

Інспектору має бути надано звіт про проект LPS, що містить необхідну документацію щодо LPS, приміром, критерії проектування, опис конструкції й технічні креслення. Інспектору LPS також має бути надано звіти про попередні технічні обслуговування та огляди LPS.

Усі LPS належить перевіряти у таких випадках:

- під час монтажу LPS, особливо під час установлення компонентів, що їх приховано у будівлі (споруді) та які стануть неприступними для огляду;
- по завершенні монтажу LPS;
- регулярно відповідно до Таблиці E.2.

The inspector should be provided with the LPS design report containing the necessary documentation of the LPS such as design criteria, design description and technical drawings. The LPS inspector should also be provided with previous LPS maintenance and inspection reports.

All LPS should be inspected on the following occasions:

– during installation of the LPS, especially during installation of components which are concealed in the structure and will become inaccessible;
– after the completion of the LPS installation;
– on a regular basis according to Table E.2.

Table E.2 – Maximum period between inspections of an LPS

Таблиця E.2 - Максимальний інтервал між перевірками LPS

Protection level **Рівень захисту**	**Visual inspection,** year **Візуальний огляд,** рік	**Complete inspection,** year **Повний огляд,** рік	**Critical situations**[a b]**, complete inspection,** year **Критичні ситуації**[a b]**, повний огляд**, рік
I and / та II	1	2	1
III and / та IV	2	4	1

[a] Lightning protection systems utilized in applications involving structures with a risk caused by explosive materials should be visually inspected every 6 months. Electrical testing of the installation should be performed once a year. An acceptable exception to the yearly test schedule would be to perform the tests on a 14 to 15 month cycle where it is considered beneficial to conduct earth resistance testing over different times of the year to get an indication of seasonal variations.

Візуальний огляд системи блискавкозахисту, що використовуються у будівлях (спорудах) з ризиком, спричиненим вибухонебезпечними матеріалами, має проводитись що 6 місяців. Електричні випробування устаткування мають виконуватись один раз на рік. Прийнятним винятком щодо річного графіку випробувань є проведення випробувань на основі 14 - 15 місячного циклу, де вважається доцільним проведення випробувань опору землі у різні пори року для отримання показників сезонних коливань.

[b] Critical situations could include structures containing sensitive internal systems, office blocks, commercial buildings or places where a high number of people may be present.

Критичні ситуації можуть включати будівлі (споруди), що містять у собі чутливі внутрішні системи, офісні будівлі, комерційні будинки або місця, де може бути присутнім значне число людей.

Періодичності оглядів, наведені у Таблиці E.2, належить застосовувати за відсутності особливих вимог, встановлених відповідними уповноваженими органами.

ПРИМІТКА Якщо державні органи або установи вимагають проведення регулярних випробувань електричних систем будівлі (споруди), рекомендується одночасно виконувати перевірку системи блискавкозахисту на предмет функціювання заходів внутрішнього блискавкозахисту, включаючи з'єднання системи еквіпотенційних сполучень з електричними системами. Аналогічно, раніше встановлене устаткування має бути пов'язане з класом блискавкозахисту або періодичність випробувань належить взяти з місцевих або будь-яких інших технічних умов на проведення випробувань, таких як нормативна документація на будівництво, технічні регламенти, інструкції, закони з промислової безпеки та охорони праці.

The inspection frequencies given in Table E.2 should apply where no specific requirements are identified by the authority having jurisdiction.

NOTE If national authorities or institutions require regular tests of the electrical system of a structure, it is recommended to test the lightning protection system with regard to the functioning of the Internal lightning protection measures including the lightning protection equipotential bonding with electric systems at the same time. Older installations analogously should be related to a lightning protection class or the test intervals should be taken from the local or any other test specifications such as construction guide lines, technical regulations, instructions, industrial safety and protection of labour laws.

Візуальний огляд LPS належить виконувати принаймні щорічно. У деяких районах, де трапляються різкі зміни погоди та екстремальні погодні умови, рекомендується виконувати візуальний огляд системи частіше, ніж зазначено у Таблиці E.2. Якщо LPS є частиною спланованої програми технічного обслуговування клієнта, або вимагається страховиками будівлі (споруди), тоді може вимагатись повне випробування LPS щороку.

The LPS should be visually inspected at least annually. In some areas where severe weather changes and extreme weather conditions occur, it is advisable to visually inspect the system more often than indicated in Table E.2. Where the LPS forms part of the client's planned maintenance programme, or is a requirement of the building insurers, the LPS may be required to be fully tested annually.

Інтервал між оглядами LPS належить визначати за такими факторами:

- класифікація будівлі (споруди), що захищається, 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 приєднано;
- стан ґрунту та пов'язана з цим швидкість корозії.

The interval between the LPS inspections should be determined by the following factors:

– classification of structure protected, especially with regard to the consequential effects of damage;
– class of LPS;
– local environment, for example a corrosive atmosphere environment should have short intervals between inspections;
– the materials of the individual LPS components;
– the type of surface to which the LPS components are attached;
– the soil condition and associated corrosion rates.

На додачу до вищезазначеного, огляд LPS належить виконувати щоразу коли зроблено значні зміни або ремонт у будівлі (споруді), що захищається, а також після будь-якої відомої виснаги блискавки до LPS.

In addition to the above, an LPS should be inspected whenever any significant alteration or repairs are made to a protected structure and also following any known lightning discharge to the LPS.

Загальну перевірку та випробування належить проводити з проміжком від двох до чотирьох років. Системи, що знаходяться у критичних умовах довкілля, приміром, частини LPS, що піддаються сильним механічним напруженням, такі як гнучкі сполучні смуги у районах з сильними вітрами, SPD на трубопроводах, відкриті з'єднання кабелів й т. ін., мають повністю перевірятись щороку.

A total inspection and test should be completed every two to four years. Systems in critical environmental conditions, for example parts of the LPS exposed to severe mechanical stresses such as flexible bonding straps in high wind areas, SPDs on pipelines, outdoor bonding of cables etc., should have a complete inspection every year.

У більшості географічних районів, особливо у районах, для яких є характерними значні сезонні зміни температури та опадів, належить взяти до уваги опір уземлення шляхом вимірювання профілю питомого опору за глибиною у різні погодні періоди.

In most geographical areas, and especially in areas which experience extreme seasonal changes in temperature and rainfall, the variation of the earthing resistance should be taken into account by measuring the resistivity depth profile in different weather periods.

Належить удосконалити систему уземлення, якщо виміряні значення опору вказують на більші зміни опору, ніж ті, що передбачені при проектуванні; особливо коли опір неухильно зростає між перевірками.

An improvement of the earthing system should be considered when the measured resistance values show larger changes in the resistance than anticipated in the design; especially when the resistance increases steadily between inspections.

E.7.2 Порядок оглядів

E.7.2.1 Процедура огляду

Метою цього огляду є забезпечення того, що LPS відповідає цьому стандарту в усіх відношеннях.

Огляд включає у себе перевірку технічної документації, візуальний огляд, випробування та внесення запису до звіту про огляд.

E.7.2.2 Перевірка технічної документації

Належить перевірити чи технічна документація є повною, чи відповідає цьому стандарту та чи належним чином виконано установку.

E.7.2.3 Візуальний огляд

Візуальний огляд виконується для перевірки того, що:

- проект відповідає цьому стандарту;
- LPS знаходиться у доброму стані;
- немає послаблених з’єднань і 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 у робочому стані);
- усі видимі провідники та компоненти системи закріплено на монтажній поверхні, а компоненти, які забезпечують механічний захист є цілими (функціонально у робочому стані) та знаходяться у потрібному місці;
- у будівлі (споруді), що захищається, не було жодних доповнень або змін, які можуть вимагати додаткового захисту;
- немає жодних вказівок на пошкодження LPS, SPD або перегоряння запобіжників, які захищають SPD;
- для усіх нових послуг або доповнень, які було влаштовано у внутрішньому просторі будівлі (споруди) з моменту останньої перевірки, створено правильні еквіпотенційні сполучення і що для цих нових доповнень були проведені випробування на безперервність;
- всередині будівлі (споруди) наявні сполучні провідники та що вони є цілими (функціонально у робочому стані);
- роздільні відстані дотримуються;

E.7.2 Order of inspections

E.7.2.1 Inspection procedure

The purpose of this inspection is to ensure that the LPS conforms to this standard in all respects.

The inspection includes checking technical documentation, visual inspections, testing and logging in an inspection report.

E.7.2.2 Checking of technical documentation

Technical documentation should be checked for completeness, conformity to this standard and agreement with the plant as executed.

E.7.2.3 Visual inspections

Visual inspections should be made to ascertain that

– the design conforms to this standard,
– the LPS is in good condition,
– there are no loose connections and no accidental breaks in the LPS conductors and joints,
– no part of the system has been weakened by corrosion, especially at ground level,
– all visible earth connections are intact (functionally operational),
– all visible conductors and system components are fastened to the mounting surfaces and components which provide mechanical protection are intact (functionally operational) and in the right place,
– there have not been any additions or alterations to the protected structure which would require additional protection,
– there has been no indication of damage to the LPS, to SPDs or any failures of fuses which protect SPDs,
– correct equipotential bonding has been established for any new services or additions which have been made to the interior of the structure since the last inspection, and that continuity tests have been performed for these new additions,
– bonding conductors and connections inside the structure are present and intact (functionally operational),
– separation distances are maintained,

- сполучні провідники, злучники, екранувальні пристрої, електропровідня та SPD перевірені й випробувані.

E.7.2.4 Випробування

Перевірка й випробування LPS включає візуальний огляд та має виконуватись 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 або імпульсні вимірювання є можливими та доцільними для визначення високочастотних або 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.

a) Опір землі кожного локального уземлювального електроду та, якщо це є практично можливим, опір землі всієї системи земляного закінчення.

Кожен локальний уземлювальний електрод належить вимірювати ізольовано, за від'єднаного положення перевірочного злучника між доземним провідником та уземлювальним електродом у (ізольоване вимірювання).

ПРИМІТКА 2 Для мереж уземлення, що складаються як з вертикальних стрижнів уземлення, так і часткового або повного кільцевого уземлювального електроду, відключення та випробування мають проводитись у колодязі перевірки уземлення. Якщо такий огляд є складним для виконання, належить виконати типові випробування шляхом високочастотних або імпульсних вимірювань.

Якщо опір землі системи земляного закінчення в цілому перевищує 10 Ω, належить виконати перевірку на предмет встановлення того, що електрод відповідає Рисунку 3.

У разі суттєвого збільшення або зменшення величини опору уземлення, належить провести додаткові дослідження для визначення причини таких змін.

Для уземлювальних електродів у скелястих ґрунтах належить

– bonding conductors, joints, shielding devices, cable routing and SPDs have been checked and tested.

E.7.2.4 Testing

Inspection and testing of the LPS includes visual inspections and should be completed by the following actions:

– performing continuity tests, especially continuity of those parts of the LPS which were not visible for inspection during the initial installation and are not subsequently available for visual inspection;
– conducting earth resistance tests of the earth-termination system. The following isolated and combined earth measurements and checks should be made and the results recorded in an LPS inspection report.

NOTE 1 High-frequency or impulse measurements are possible and useful to determine the high frequency or impulse behaviour of the earth-termination system. These measurements may be performed at the installation stage as well as periodically for the maintenance of the earthing system to check adequacy between the designed earthing system and the need.

a) The resistance to earth of each local earth electrode and where reasonably practical the resistance to earth of the complete earth-termination system.

Each local earth electrode should be measured in isolation with the test joint between the down-conductor and earth electrode in the disconnected position (isolated measurement).

NOTE 2 For earth networks incorporating both vertical earth rods and a partial or full ring earth electrode, disconnection and testing should be performed at the earth inspection pit. If such inspection is difficult to perform, routine test should be completed by high frequency or impulse tests.

If the resistance to earth of the earth-termination system as a whole exceeds 10 Ω, a check should be made to ascertain that the electrode conforms to Figure 3.

If there is a significant increase or decrease in the value of the earth resistance, additional investigations should be made to determine the reason for the change.

For earth electrodes in rocky soil, the requirements of E.5.4.3.5 should be

дотримувати вимог E.5.4.3.5. Вимога щодо 10 Ω у цьому випадку не застосовується.

b) Результати візуальної перевірки усіх провідників, сполучень та злучників або їхня виміряна електрична безперервність.

Якщо система земляного закінчення не відповідає цим вимогам, або перевірка дотримання вимог є неможливою через брак інформації, систему земляного закінчення має бути удосконалено шляхом встановлення додаткових уземлювальних електродів або встановленням нової системи земляного закінчення.

Перевірка тих SPD, які не мають візуального індикатора, має виконуватись переважно з використанням обладнання або рекомендацій, наданих виробником.

E.7.2.5 Перевірка документації

Для полегшення виконання перевірок LPS має бути підготовлено інструкції з перевірки LPS. Вони мають містити достатньо інформації для того, аби інспектор міг здійснювати огляд так, щоб було задокументовано усі важливі елементи, як от метод монтажу LPS, типи та стан компонентів LPS, методи випробувань й внесення відповідних записів про отримані результати випробувань.

Звіт про перевірку LPS має містити 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;
- вимірювання опору землі системи земляного закінчення;
- будь-які відхилення від вимог цього стандарту;
- документування усіх змін та доповнень у LPS та змін у будівлі (споруді). На додаток, належить перевірити креслення та опис конструкції LPS;
- результати проведених випробувань.

followed. The 10 Ω requirement is not applicable in this case.

b) The results of a visual check of all conductors, bonds and joints or their measured electrical continuity.

If the earth-termination system does not conform to these requirements, or checking the requirements is not possible because of a lack of information, the earth-termination system should be improved by installing extra earth electrodes or installing a new earth-termination system.

SPDs without a visual indicator need to be tested, preferably using the guidelines or equipment provided by the manufacturer.

E.7.2.5 Documentation of inspection

LPS inspection guides should be prepared to facilitate LPS inspections. They should contain sufficient information to guide the inspector through the inspection process so that all areas of importance are documented such as the method of LPS installation, the type and condition of the LPS components, test methods and the proper recording of the test data obtained. The inspector should compile an LPS inspection report, which should be kept together with the LPS design report and the previously compiled LPS maintenance and inspection reports.

The LPS inspection report should contain the following information:

– general conditions of air-termination conductors, and other air-termination components;
– general level of corrosion and the condition of the corrosion protection;
– security of attachment of the LPS conductors and components;
– earth resistance measurements of the earth-termination system;
– any deviation from the requirements of this standard;
– documentation of all changes and extension of the LPS and any changes to the structure. In addition, the LPS construction drawings and the LPS design description should be reviewed;
– the results of the tests performed.

E.7.3 Технічне обслуговування

Технічне обслуговування LPS належить виконувати регулярно для перевірки того, що її стан не погіршився і вона продовжує виконувати вимоги, згідно яких її було спершу спроектовано. Проектом LPS має визначатися необхідна періодичність технічного обслуговування та перевірки згідно Таблиці E.2.

У програмі технічного обслуговування LPS має бути передбачено безперервне оновлення LPS згідно чинної редакції цього стандарту.

E.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 та технічного обслуговування затверджуються уповноваженим органом, проектувальником або монтажником LPS, спільно з власником будівлі (споруди) або призначеним ним представником.

Для проведення робіт з технічного обслуговування та виконання перевірок LPS обидві програми, з перевірки та технічного обслуговування, належить координувати.

Технічне обслуговування LPS є важливим навіть якщо проектувальником 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 мають повністю зберігатись 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) або до її обладнання, або у разі зміни цільового призначення цієї будівлі (споруди).

Якщо за результатами перевірки встановлюється необхідність у виконанні ремонту, такий ремонт має виконуватись негайно і не відкладатись до наступного циклу технічного обслуговування.

E.7.3 Maintenance

The LPS should be maintained regularly to ensure that it does not deteriorate but continues to fulfil the requirements to which it was originally designed. The design of an LPS should determine the necessary maintenance and inspection cycle according to Table E.2.

The LPS maintenance programme should ensure a continuous updating of the LPS to the current issue of this standard.

E.7.3.1 General remarks

LPS components tend to lose their effectiveness over the years because of corrosion, weather-related damage, mechanical damage and damage from lightning strokes.

The inspection and maintenance programmes should be specified by an authority, the LPS designer or the LPS installer, in conjunction with the owner of the structure or an appointed representative.

To carry out maintenance work and to perform inspections of an LPS the two programmes, inspection and maintenance, should be coordinated.

Maintenance of an LPS is important even though the LPS designer has taken special precautions to provide corrosion protection and has dimensioned the LPS components according to their particular exposure to lightning damage and weather elements in addition to the requirements of this standard.

The mechanical and electrical characteristics of the LPS should be fully maintained throughout the entire lifetime of the LPS in order to conform to the design requirements of this standard.

It may be necessary to modify the LPS if modifications are carried out on the building or its equipment or if the purpose for which the building is utilized is altered.

If an inspection shows that repairs are necessary, those repairs should be executed without delay and not be postponed until the next maintenance cycle.

E.7.3.2 Порядок технічного обслуговування

Для всіх LPS належить визначити програми з періодичного технічного обслуговування.

Періодичність виконання заходів з технічного обслуговування залежить від наступного:

- 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 він має стати частиною загальної програми технічного обслуговування для будівлі (споруди).

Програма технічного обслуговування має містити перелік поточних пунктів для використання його як контрольного списку, так щоби визначені процедури з технічного обслуговування виконувалися регулярно, з тим, щоби створити можливість порівняти нові результати з попередніми.

Програма технічного обслуговування має містити положення для забезпечення наступного:

- перевірка усіх 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 або змін у будівлю (споруду) та її обладнання.

E.7.3.2 Maintenance procedure

Periodic maintenance programmes should be established for all LPS.

The frequency of maintenance procedures is dependent on the following:

– weather- and environment-related degradation;
– exposure to actual lightning damage;
– protection level assigned to the structure.

LPS maintenance procedures should be established for each particular LPS and should become a part of the overall maintenance programme for the structure.

A maintenance programme should contain a list of routine items to serve as a checklist so that definite maintenance procedures are followed regularly in order to make it possible to compare recent results with previous ones.

A maintenance programme should contain provisions for the following:

– verification of all LPS conductors and system components;
– verification of the electrical continuity of the LPS installation;
– measurement of the resistance to earth of the earth-termination system;
– verification of SPDs;
– re-fastening of components and conductors;
– verification to ensure the effectiveness of the LPS has not been reduced after additions to,or changes in, the structure and its installations.

E.7.3.3 Експлуатаційна документація

Має вестись повне документування усіх робіт з технічного обслуговування із зазначенням коригувальних заходів, яких було вжито або які є необхідними.

Відомості щодо проведеного технічного обслуговування мають служити засобом для оцінювання компонентів LPS та монтажу LPS.

Записи щодо обслуговування LPS мають служити 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 проектом LPS та звітами про перевірку LPS.

E.7.3.3 Maintenance documentation

Complete records should be kept of all maintenance procedures and should include corrective actions taken or required.

Maintenance procedure records should provide a means of evaluating LPS components and the LPS installation.

The LPS maintenance record should serve as a basis for reviewing maintenance procedures as well as for updating maintenance programmes. The LPS maintenance records should be kept together with the LPS design and the LPS inspection reports.

Бібліографія

[1] NFPA (Національні стандарти з протипожежного захисту), 780:2008, Стандарт з монтажу системи блискавкозахисту

[2] IEC 61400-24, Вітротурбіни - 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 вибухонебезпечних середовищ

[5] IEC/TR 61000-5-2, Електромагнітна сумісність (EMC) - Частина 5: Керівні вказівки щодо монтажу та пом'якшення наслідків - Розділ 2: Уземлення та прокладення електропровідні

[6] IEC 60728-11, Кабельні мережі для телевізійних сигналів, звукових сигналів та інтерактивних послуг - Частина 11: Безпека

Bibliography

[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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch