IEC 62305-1

Edition 2.0 2010-12
Видання 2.0 2010-12

INTERNATIONAL STANDARD
МІЖНАРОДНИЙ СТАНДАРТ

colour inside

Protection against lightning –
Part 1: General principles

Блискавкозахист –
Частина 1: Загальні положення

IEC 62305-1:2010(E)

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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" двічі на місяць оновлюється детальна інформація про нові публікації, що були надруковані. Отримати інформацію завітавши на мережну сторінку або по електронній пошті.

- Електропедія: www.electropedia.org

Провідний світовий онлайн словник з електротехніки та електроніки, що містить понад 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 ставляться найчастіше (FAQ) або зв'яжіться з нами:

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

IEC 62305-1

Edition 2.0 2010-12
Видання 2.0 2010-12

INTERNATIONAL STANDARD

МІЖНАРОДНИЙ СТАНДАРТ

colour inside
кольоровий друк всередині

Protection against lightning –
Part 1: General principles

Блискавкозахист –
Частина 1: Загальні положення

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

МІЖНАРОДНА
ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА
КОМІСІЯ

PRICE CODE
КОД ЦІНИ
XB

ICS 29.020; 91.120.40

ISBN 978-2-88912-280-6

ЗМІСТ

CONTENTS

МІЖНАРОДНА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА КОМІСІЯ

БЛИСКАВКОЗАХИСТ –

Частина 1: Загальні положення

ПЕРЕДМОВА

1) Міжнародна Електротехнічна Комісія, надалі 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, щ о 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 "Публікація(ї) IEC) "). Підготов - ка 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 IEC з технічних питань являють собою, наскільки це є можливим, міжнародний консенсус з відповідних питань, оскільки кожен 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 було вжито усіх можливих заходів , IEC не може відповідати за те, яким чином вони використовуються, або за будь -яке помилкове тлумачення будь-якими кінцевими користувачами.

4) З метою сприяння міжнародній уніфікації стандартів Національні Комітети IEC зобов'язуються застосовувати публікації IEC максимально можливою мірою зрозуміло у своїх національних та регіональних виданнях. Будь-яка розбіжність між публікацією IEC та відповідною національною або регіональною публікацією, має бути чітко зазначена у останній.

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PROTECTION AGAINST LIGHTNING –

Part 1: General principles

FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwideorganization 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 non-governmental 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 conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certifica-

сертифікації.

tion bodies.

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

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.

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

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) 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.

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 62305-1 був підготовлений технічним комітетом 81 МЕК: «Блискавкозахист»

International Standard IEC 62305-1 has been prepared by IEC technical committee 81: Lightning protection.

Це друге видання скасовує та замінює перше видання, видане 2006 року, та являє собою технічний перегляд.

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

Це видання включає в себе такі важливі технічні зміни відносно до попередньої редакції:

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

1) Він надалі не покриває захист послуг, приєднаних до будівель (споруд).
2) Ізолювальні інтерфейси вводяться у якості заходів захисту для зменшення відмов електричних й електронних систем.
3) Перший негативний імпульс струму запроваджується як новий параметр блискавки з метою розрахунків.
4) Очікувані імпульсні надструми внаслідок спалахів блискавки були зазначені більш точно для систем низької напруги та телекомунікаційних систем.

1) It no longer covers protection of services connected to structures.
2) Isolated interfaces are introduced as protection measures to reduce failure of electric and electronic systems.
3) First negative impulse current is introduced as a new lightning parameter for calculation purposes.
4) Expected surge overcurrents due to lightning flashes have been more accurately specified for low voltage power systems and for telecommunication systems.

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

Текст цього стандарту спирається на такі документи:

FDIS	Протокол голосування Report on voting
81/262/ FDIS	81/267/RVD

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

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

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

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

Список всіх частин стандарту серії IEC 62305, під загальною назвою **Блискавкозахист**, можна знайти на вебсайті IEC.

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.

Комітет постановив, що зміст цієї публікації залишиться незмінним до завершення строку дії, яки й зазначено на веб -сайті 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.

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.

Видання двомовної версії цієї публікації можливе згодом.

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

ВСТУП

Не існує пристроїв чи методів, здатних змінити природні атмосферні явища такою мірою, аби запобігти виснагам блискавки. Доземні спалахи блискавки у будівлі (споруди) чи поблизу них (або ліній, приєднаних до будівель (споруд)) є небезпечними для людей, для самих будівель (споруд) , їхнього вмісту й устаткування, а також для ліній. Тому істотним є використання захисту від блискавки.

Необхідність захисту, економічні переваги при встановленні засобів захисту та вибір адекватних захисних засобів має бути визначено у термінах порядкування ризиками. Порядкування ризиками є предметом розгляду IEC 62305-2.

Захисні заходи, які розглядаються у IEC 62305, є такими, ефективність яких у зниженні ризику є доведеною.

Усі заходи щодо захисту від блискавки утворюють всеохоплюючий захист від блискавки. З практичних міркувань критерії щодо проектування, монтажу та технічного обслуговування засобів захисту від блискавки розглядаються у двох окремих групах:

- перша група, у якій йдеться про засоби захисту для зменшення фізичних руйнувань та небезпек для життя, подано у IEC 62305-3;
- друга група, у якій йдеться про засоби захисту для зменшення відмов електричних й електронних систем у будівлях (споруда) , подано у IEC 62305-4.

Зв’язок між частинами IEC 62305 показано на Рисунку 1.

INTRODUCTION

There are no devices or methods capable of modifying the natural weather phenomena to the extent that they can prevent lightning discharges. Lightning flashes to, or nearby, structures (or lines connected to the structures) are hazardous to people, to the structures themselves, their contents and installations as well as to lines. This is why the application of lightning protection measures is essential.

The need for protection, the economic benefits of installing protection measures and the selection of adequate protection measures should be determined in terms of risk management. Risk management is the subject of IEC 62305-2.

Protection measures considered in IEC 62305 are proved to be effective in risk reduction.

All measures for protection against lightning form the overall lightning protection. For practical reasons the criteria for design, installation and maintenance of lightning protection measures are considered in two separate groups:

– the first group concerning protection measures to reduce physical damage and life hazard in a structure is given in IEC 62305-3;

– the second group concerning protection measures to reduce failures of electrical and electronic systems in a structure is given in IEC 62305-4.

The connection between the parts of IEC 62305 is illustrated in Figure 1.

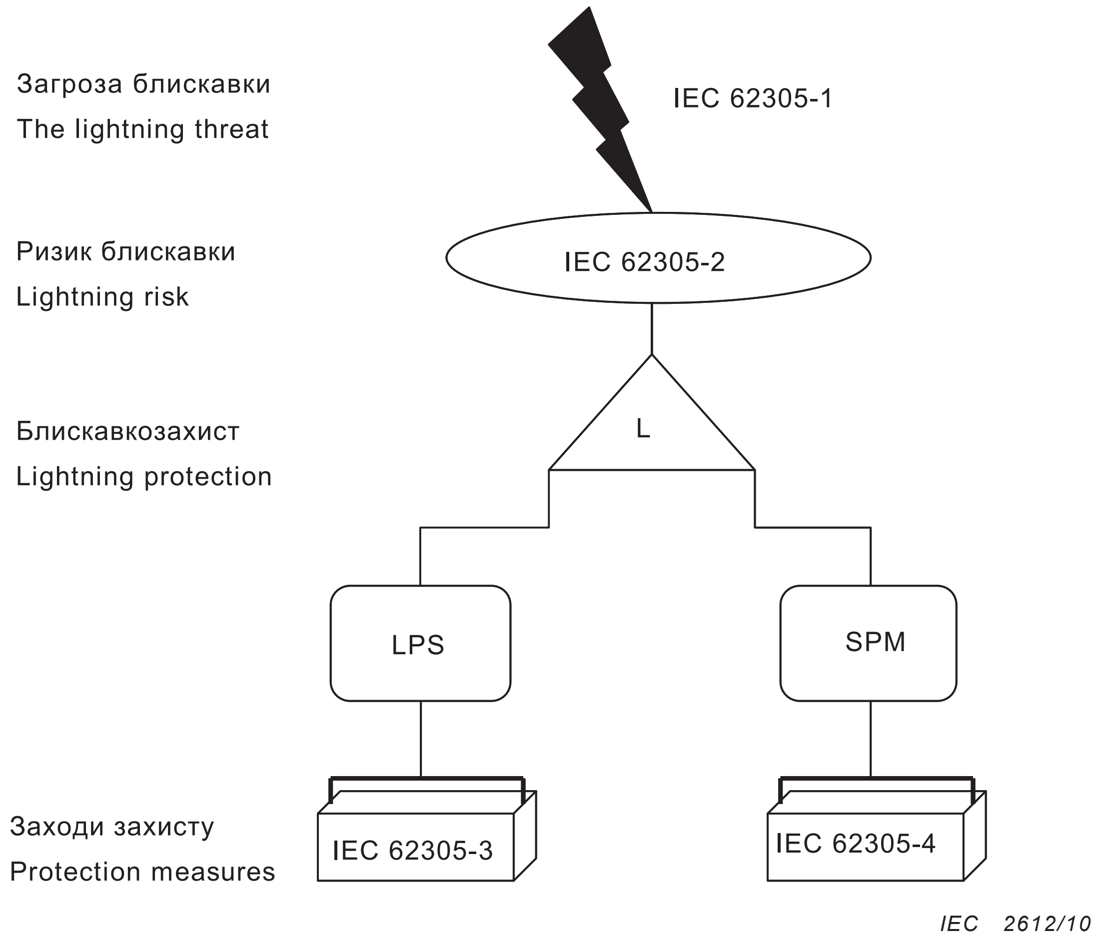


Рисунок 1 – Зв'язок між різними частинами IEC 62305

Figure 1 – Connection between the various parts of IEC 62305

БЛИСКАВКОЗАХИСТ

Частина 1: Загальні положення

PROTECTION AGAINST LIGHTNING –

Part 1: General principles

1 Зміст

Ця частина IEC 62305 містить загальні принципи, яких належить дотримуватися у захисті будівель (споруд) від блискавки , включно із їхнім устаткованням та вмістом, а також людей.

Такі випадки перебувають поза рамками цього стандарту:

- залізничні системи;
- автотранспортні засоби, судна, літаки, установки поза берегом;
- підземні трубопроводи високого тиску;
- трубопроводи, силові й телекомунікаційні лінії поза будівлями (спорудами) .

ПРИМІТКА: Зазвичай ці системи підпорядковуються спеціальним правилам, що встановлені різними спеціалізованими адміністративними структурами.

1 Scope

This part of IEC 62305 provides general principles to be followed for protection of structures against lightning, including their installations and contents, as well as persons.

The following cases are outside the scope of this standard:

– railway systems;

– vehicles, ships, aircraft, offshore installations;

– underground high pressure pipelines;

- pipe, power and telecommunication lines placed outside the structure.

NOTE These systems usually fall under special regulations produced by various specialized authorities.

2 Нормативні посилання

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

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

IEC 62305-3, Блискавкозахист - Частина 3: Фізичні руйнування будівель (споруд) та небезпека для життя

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

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 62305-2:2010, Protection against lightning – Part 2: Risk management

IEC 62305-3:2010, Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard

IEC 62305-4:2010, Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures

3 Терміни та визначення

Для потреб цього документу застосовуються такі терміни та визначення.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions, as well as those given in other parts of IEC 62305, apply.

3.1
доземний спалах блискавки
електрична виснага атмосферного походження між тучею та землею, що складається з одного або більше ударів

3.1
lightning flash to earth
electrical discharge of atmospheric origin between cloud and earth consisting of one or more strokes

3.2
низобіжний спалах
спалах блискавки, ініційований низобіжним лідером від тучі до землі

ПРИМІТКА: Низобіжний спалах складається з першого імпульсу, за яким можуть йти наступні імпульси. Після одного або декількох імпульсів може йти тривалий удар.

3.2
downward flash
lightning flash initiated by a downward leader from cloud to earth

NOTE A downward flash consists of a first impulse, which can be followed by subsequent impulses. One or more impulses may be followed by a long stroke.

3.3
верхобіжний спалах
спалах блискавки, ініційований верхобіжним лідером від уземленої будівлі (споруди) до тучі

ПРИМІТКА Верхобіжний спалах складається з першого короткого удару з багаторазовими накладеними імпульсами або без них. Після одного або декількох імпульсів може йти тривалий удар.

3.3
upward flash
lightning flash initiated by an upward leader from an earthed structure to cloud

NOTE An upward flash consists of a first long stroke with or without multiple superimposed impulses. One or more impulses may be followed by a long stroke.

3.4
удар блискавки
одинична електрична виснага у доземному спалаху блискавки

3.4
lightning stroke
single electrical discharge in a lightning flash to earth

3.5
короткий удар
частина спалаху блискавки, що відповідає струму імпульсу

ПРИМІТКА Цей струм спадає до половини пікового значення за час T_2, який зазвичай є меншим за 2 мс (дивись Рисунок А. 1).

3.5
short stroke
part of the lightning flash which corresponds to an impulse current

NOTE This current has a time T_2 to the half peak value on the tail typically less than 2 ms (see Figure A.1).

3.6
довгий удар
частина спалаху блискавки, що відповідає тривалому струму

ПРИМІТКА Тривалість T_{LONG} (час від 10 % значення на фронті до 10 % значення на спаді) цього тривалого струму складає азвичай понад 2 мс та менше, ніж 1 с (дивись Рисунок А. 2).

3.6
long stroke
part of the lightning flash which corresponds to a continuing current

NOTE The duration time T_{LONG} (time from the 10 % value on the front to the 10 % value on the tail) of this continuing current is typically more than 2 ms and less than 1 s (see Figure A.2).

3.7
багаторазові удари
спалах блискавки, що складається у середньому з 3 - 4 ударів, з типовим інтервалом між ними близько 50 мс

ПРИМІТКА Повідомлялося про явища, що складалися з кількох десятків ударів з інтервалами між ними у межах від 10 мс до 250 мс.

3.7
multiple strokes
lightning flash consisting on average of 3-4 strokes, with typical time interval between them of about 50 ms

NOTE Events having up to a few dozen strokes with intervals between them ranging from 10 ms to 250 ms have been reported.

3.8
точка удару
точка, у якій спалах блискавки вдаряє в землю або виступну будівлю (споруду) (приміром, будівля (споруда) , LPS, лінія, дерево й т. ін.)

ПРИМІТКА Спалах блискавки може мати понад одну точку удару.

3.9
струм блискавки
i
струм, що проходить у точці удару

3.10
пікова величина струму
I
максимальне значення струму блискавки

3.11
середня крутість фронту імпульсу струму

середня швидкість зміни струму у проміжку часу $t = t_2 - t_1$

ПРИМІТКА Це визначається різницею $i = i(t_2) - i(t_1)$ значень струму на початку та наприкінці цього проміжку, яка ділиться на проміжок часу $t = t_2 - t_1$ (дивись Рисунок А.1)

3.12
тривалість фронту імпульсу струму
T_1
віртуальний параметр, який визначається множенням на 1,25 проміжку часу між точками, у яких досягається 10 % та 90 % пікового значення (дивись Рисунок А.1)

3.13
віртуальний початок імпульсу струму
O_1
точка перетину з віссю часу прямої лінії, що проходить опорними точками 10 % та 90 % на фронті ударного струму (дивись Рисунок А. 1); вона на 0,1 T_1 випереджає той момент, коли струм сягає 10 % свого пікового значення

3.14
час спаду імпульсного струму до половинної величини
T_2
віртуальний параметр, що визначається як проміжок часу між віртуальним початком O_1 та моментом, коли струм спадає до половини пікового значення (дивись Рисунок А. 1)

3.8
point of strike
point where a lightning flash strikes the earth, or protruding structure (e.g. structure, LPS, line, tree, etc.)

NOTE A lightning flash may have more than one point of strike.

3.9
lightning current
i
current flowing at the point of strike

3.10
current peak value
I
maximum value of the lightning current

3.11
average steepness of the front of impulse current

average rate of change of current within a time interval $t = t_2 – t_1$

NOTE It is expressed by the difference $i = i(t_2) – i(t_1)$ of the values of the current at the start and at the end of this interval, divided by the time interval $t = t_2 – t_1$ (see Figure A.1).

3.12
front time of impulse current
T_1
virtual parameter defined as 1,25 times the time interval between the instants when the 10 % and 90 % of the peak value are reached (see Figure A.1)

3.13
virtual origin of impulse current
O_1
point of intersection with time axis of a straight line drawn through the 10 % and the 90 % reference points on the stroke current front (see Figure A.1); it precedes by 0,1 T_1 that instant at which the current attains 10 % of its peak value

3.14
time to half value on the tail of impulse current
T_2
virtual parameter defined as the time interval between the virtual origin O_1 and the instant at which the current has decreased to half the peak value on the tail (see Figure A.1)

3.15
тривалість спалаху
T
час, протягом якого струм блискавки тече точкою удару

3.15
flash duration
T
time for which the lightning current flows at the point of strike

3.16
тривалість струму довгого удару
***T*LONG**
інтервал часу, протягом якого струм у довгому ударі є між 10 % пікового значення, доки тривалий струм наростає, та 10 % пікового значення поки тривалий струм спадає (дивись Рисунок A.2)

3.16
duration of long stroke current
***T*LONG**
time duration during which the current in a long stroke is between 10 % of the peak value during the increase of the continuing current and 10 % of the peak value during the decrease of the continuing current (see Figure A.2)

3.17
заряд спалаху
***Q*FLASH**
значення, яке є результатом інтегрування за часом струму блискавки протягом повної тривалості спалаху блискавки

3.17
flash charge
***Q*FLASH**
value resulting from the time integral of the lightning current for the entire lightning flash duration

3.18
заряд імпульсу
***Q*SHORT**
значення, яке є результатом інтегрування за часом струму блискавки у імпульсі

3.18
impulse charge
***Q*SHORT**
value resulting from the time integral of the lightning current in an impulse

3.19
заряд довгого удару
***Q*LONG**
значення, яке є результатом інтегрування за часом струму блискавки у довгому ударі

3.19
long stroke charge
***Q*LONG**
value resulting from the time integral of the lightning current in a long stroke

3.20
питома енергія
W/R
значення, яке є результатом інтегрування за часом квадрата струму блискавки протягом повної тривалості спалаху блискавки

ПРИМІТКА Являє собою енергію, яку струм блискавки розсіює у одиниці опору

3.20
specific energy
W/R
value resulting from the time integral of the square of the lightning current for the entire flash duration

NOTE It represents the energy dissipated by the lightning current in a unit resistance.

3.21
питома енергія імпульсного струму
значення, яке є результатом інтегрування за часом квадрата струму блискавки у імпульсі

ПРИМІТКА Питома енергія довгого удару блискавки є незначною.

3.21
specific energy of impulse current
value resulting from the time integral of the square of the lightning current for the duration of the impulse

NOTE The specific energy in a long stroke current is negligible.

3.22

будівля (споруда), яка захищається

будівля (споруда), для якої є необхідним захист від впливу блискавки у відповідності з цим стандартом

ПРИМІТКА Будівля (споруда), яка захищається, може бути частиною більшої будівлі (споруди).

3.22

structure to be protected

structure for which protection is required against the effects of lightning in accordance with this standard

NOTE A structure to be protected may be part of a larger structure.

3.23

лінія

живильна лінія або телекомунікаційна лінія, приєднана до будівлі (споруди), яка захищається

3.23

line

power line or telecommunication line connected to the structure to be protected

3.24

телекомунікаційні лінії

лінії, призначені для зв'язку між обладнанням, яке може бути розташовано у окремих будівлях (спорудах), як от телефонні лінії та лінії передавання даних

3.24

telecommunication lines

lines intended for communication between equipment that may be located in separate structures, such as a phone line and a data line

3.25

живильні лінії

розподільні лінії, які постачають електричну енергію у будівлю (споруду) до електричного та електронного обладнання, розміщеного там, як от електричні мережі низької напруги (НН) або високої напруги (ВН)

3.25

power lines

distribution lines feeding electrical energy into a structure to power electrical and electronic equipment located there, such as low voltage (LV) or high voltage (HV) electric mains

3.26

спалах блискавки у будівлю (споруду)

спалах блискавки, що вдаряє у будівлю (споруду), яка захищається

3.26

lightning flash to a structure

lightning flash striking a structure to be protected

3.27

спалах блискавки поблизу будівлі (споруди)

спалах блискавки так близько від будівлі (споруди), яка захищається, що це може спричинити небезпечні перенапруги

3.27

lightning flash near a structure

lightning flash striking close enough to a structure to be protected that it may cause dangerous overvoltages

3.28

електрична система

система, яка об’єднує у собі компоненти низьковольтного електроживлення

3.28

electrical system

system incorporating low voltage power supply components

3.29

електронна система

система, яка об’єднує у собі чутливі електронні компоненти, як от апаратура зв'язку, комп'ютер, пристрої керування та контрольно-вимірювальні пристрої, радіосистеми, установки силової електроніки

3.29

electronic system

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

3.30

внутрішні системи

електричні та електронні системи всередині будівлі (споруди)

3.30

internal systems

electrical and electronic systems within a structure

3.31
фізичне пошкодження
пошкодження будівлі (споруди) (або її вмісту) внаслідок механічної, теплової, хімічної або вибухової дії блискавки

3.31
physical damage
damage to a structure (or to its contents) due to mechanical, thermal, chemical and explosive effects of lightning

3.32
ушкодження живих істот
каліцтва або забиття людей або тварин електричним струмом напруги дотику та крокової напруги, спричинених блискавкою.

ПРИМІТКА Окрім того, що шкоди живим істотам може бути завдано іншим шляхом, у цій частині IEC 62305 термін «ушкодження живих істот" обмежується загрозою ураження електричним струмом (тип ушкодження D1)

3.32
injury of living beings
permanent injuries, including loss of life, to people or to animals by electric shock due to touch and step voltages caused by lightning

NOTE Although living beings may be injured in other ways, in this standard the term 'injury to living beings' is limited to the threat due to electrical shock (type of damage D1).

3.33
збій електричних та електронних систем
безповоротне пошкодження електричних та електронних систем через LEMP

3.33
failure of electrical and electronic systems
permanent damage of electrical and electronic systems due to LEMP

3.34
електромагнетний імпульс блискавки
LEMP
усі електромагнетні впливи струму блискавки резистивним, індуктивним та ємнісним зчепленням, які спричиняють перенапруги та випромінні електромагнетні поля

3.34
lightning electromagnetic impulse
LEMP
all electromagnetic effects of lightning current via resistive, inductive and capacitive coupling that create surges and radiated electromagnetic fields

3.35
перенапруга
імпульс, створений LEMP, котрий з'являється як перенапруга та/або надструм

3.35
surge
transient created by LEMP that appears as an overvoltage and/or an overcurrent

3.36
зона захисту від блискавки
LPZ
зона, для якої електромагнетне довкілля блискавки є визначеним.

ПРИМІТКА Межами зони LPZ є не обов'язково фізичні межі (приміром стіни, підлога та стеля).

3.36
lightning protection zone
LPZ
zone where the lightning electromagnetic environment is defined

NOTE The zone boundaries of an LPZ are not necessarily physical boundaries (e.g. walls, floor and ceiling).

3.37
ризик
R
величина ймовірної річної втрати (люди та товари) через блискавку відносно загальної величини (люди та товари) будівлі (споруди), яка має бути захищена

3.37
risk
R
value of probable average annual loss (humans or goods) due to lightning, relative to the total value (humans or goods) of the structure to be protected

3.38
припустимий ризик
RT
максимальна величина ризику, який може бути припущений для будівлі (споруди), яка має бути захищена

3.38
tolerable risk
RT
maximum value of the risk which can be tolerated for the structure to be protected

3.39
LPL
LPL число, пов’язане з набором значень параметрів струму блискавки, який відповідає імовірності того, що взаємопов'язані максимальні і мінімальні значення параметрів проектних значень не будуть перевищені за блискавки, яка станеться природним чином.

ПРИМІТКА LPL використовується для проектування заходів захисту згідно відповідному набору параметрів струму блискавки.

3.39
lightning protection level
LPL number related to a set of lightning current parameters values relevant to the probability that the associated maximum and minimum design values will not be exceeded in naturally occurring lightning

NOTE Lightning protection level is used to design protection measures according to the relevant set of lightning current parameters.

3.40
заходи захисту
заходи, яких має бути вжито у будівлі (споруді), яка має бути захищена, аби знизити ризик

3.40
protection measures
measures to be adopted for the structure to be protected in order to reduce the risk

3.41
блискавкозахист
LP завершена система для захисту від блискавок будівель (споруд), із їхніми внутрішніми системами та вмістом включно,а також з людьми, зазвичай складається з LPS та SPM

3.41
lightning protection
LP complete system for protection of structures against lightning, including their internal systems and contents, as well as persons, in general consisting of an LPS and SPM

3.42
система захисту від блискавки
LPS завершена система, призначена для зменшення фізичних пошкоджень від ударів блискавки у будівлю (споруду).

ПРИМІТКА Вона складається із зовнішньої та внутрішньої систем захисту від блискавки.

3.42
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

3.43
зовнішня система захисту від блискавки
частина LPS, яка складається з системи перехоплення, системи доземних провідників та системи земляного закінчення

3.43
external lightning protection system
part of the LPS consisting of an air-termination system, a down-conductor system and an earth-termination system

3.44
внутрішня система захисту від блискавки
частина LPS, що складається з системи еквіпотенційних сполучень захисту від блискавки та/або електричної ізоляції зовнішньої LPS

3.44
internal lightning protection system
part of the LPS consisting of lightning equipotential bonding and/or electrical insulation of
external LPS

3.45

система перехоплення

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

3.45

air-termination system

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

3.46

система доземних провідників

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

3.46

down-conductor system

part of an external LPS intended to conduct lightning current from the air-termination system to the earth-termination system

3.47

система земляного закінчення

частина зовнішньої LPS, яка призначена для відведення і розсіювання струму блискавки у землі

3.47

earth-termination system

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

3.48

зовнішні струмопровідні частини

протяжні металеві компоненти, що входять до будівлі (споруди), що захищається, або виходять із неї, як от труби, металеві елементи кабелів, металеві короби тощо, які можуть проводити частину струму блискавки

3.48

external conductive parts

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

3.49

еквіпотенційні сполучення блискавки

EB

приєднання до LPS відокремлених металевих частин, безпосередньо електричними злучниками або через пристрої захисту від імпульсних перенапруг, для зниження різниці електричних потенціалів, спричинених струмом блискавки

3.49

lightning equipotential bonding

EB

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

3.50

звичайний опір землі

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

3.50

conventional earthing impedance

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

3.51

заходи захисту від LEMP

SPM

заходи, що вживаються для захисту внутрішніх систем від впливу LEMP

ПРИМІТКА Вони є частиною загальної системи захисту від блискавки.

3.51

LEMP protection measures

SPM

measures taken to protect internal systems against the effects of LEMP

NOTE This is part of overall lightning protection.

3.52
магнетний екран
замкнений, металевий, сітчастий, безперервний екран, що оточує будівлю (споруду), яка має бути захищена, або її частину, який використовується для зменшення відмов електричних й електронних систем

3.52
magnetic shield
closed, metallic, grid-like or continuous screen enveloping the structure to be protected, or part of it, used to reduce failures of electrical and electronic systems

3.53
пристрій захисту від імпульсних перенапруг
SPD
пристрій, призначений для обмеження перехідних напруг та відведення імпульсних струмів; містить принаймні один нелінійний компонент

3.53
surge protective device
SPD
device intended to limit transient overvoltages and divert surge currents; contains at least one non linear component

3.54
скоординована система SPD
SPD, належно добрані, скоординовані й встановлені у вигляді системи, призначеної для зменшення відмов електричних та електронних систем

3.54
coordinated SPD system
SPDs properly selected, coordinated and installed to form a system intended to reduce failures of electrical and electronic systems

3.55
номінальна імпульсна витримувана напруга
Uw
імпульсна витримувана напруга, встановлена виробником для устаткування або його частини, що характеризує зазначену здатність його ізоляції витримувати імпульсні перенапруги

ПРИМІТКА Для потреб цього стандарту розглядається лише витримувана напруга між провідниками під напругою та землею. [IEC 60664-1:2007, визначення 3.9.2] [1]1

3.55
rated impulse withstand voltage
Uw
impulse withstand voltage assigned by the manufacturer to the equipment or to a part of it, characterizing the specified withstand capability of its insulation against overvoltages

NOTE For the purposes of this standard, only withstand voltage between live conductors and earth is considered. [IEC 60664-1:2007, definition 3.9.2][1] 1

3.56
ізолювальні інтерфейси
пристрої, здатні зменшити перенапруги гальванічного походження у лініях, які входять до LPZ

ПРИМІТКА 1 Включає 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 за допомогою SPD.

3.56
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 Параметри струму блискавки

Параметри струму блискавки, що використовуються у серії IEC 62305, наведено у Додатку А.

Функцію струму блискавки залежно від часу, яка використовується з метою аналізу, наведено у Додатку В.

Відомості про моделювання струму блискавки з метою тестування наведено у Додатку С.

Базові параметри, призначені для використання в лабораторії для моделювання впливу блискавки на компоненти LPS, наведено у Додатку D.

Відомості про перенапруги внаслідок блискавки у різних точках електричної системи наведено у Додатку Е.

4 Lightning current parameters

The lightning current parameters used in the IEC 62305 series are given in Annex A.

The time function of the lightning current to be used for analysis purposes is given in Annex B.

Information for simulation of lightning current for test purposes is given in Annex C.

The basic parameters to be used in laboratories to simulate the effects of lightning on LPS components are given in Annex D.

Information on surges due to lightning at different installation points is given in Annex E.

5 Пошкодження через блискавку

5.1 Пошкодження будівлі (споруди)

Блискавка, що впливає на будівлю (споруду), може призвести до пошкоджень самої будівлі (споруди), її мешканців й вмісту, з відмовою внутрішніх систем включно. Пошкодження й відмови можуть також поширюватися на оточення будівлі (споруди) та навіть на локальне середовище.

5.1.1 Вплив блискавки на будівлю (споруду)

Основними характеристиками будівлі (споруди), яка піддається дії блискавки, є:

- конструкція (приміром, дерево, цегла, бетон, залізобетон, сталеві каркаси);
- функція (житловий будинок, офіс, ферма, театр, готель, школа, лікарня, музей, церква, в'язниця, універмаг, банк, завод, промислова зона, спортивна арена);
- мешканці та вміст (люди й тварини, наявність горючих й негорючих матеріалів, вибухонебезпечних й вибухобезпечних матеріалів, електричних й електронних систем, з низькою або високою витримуваною напругою);
- приєднані лінії (живильні лінії, телекомунікаційні лінії, трубопроводи);
- наявні засоби захисту, або ті, що запроваджуються (приміром, засоби захисту для зменшення фізичних пошкоджень й небезпеки для

5 Damage due to lightning

5.1 Damage to a structure

Lightning affecting a structure can cause damage to the structure itself and to its occupants and contents, including failure of internal systems. The damages and failures may also extend to the surroundings of the structure and even involve the local environment. The scale of this extension depends on the characteristics of the structure and on the characteristics of the lightning flash.

5.1.1 Effects of lightning on a structure

The main characteristics of structures relevant to lightning effects include:

- construction (e.g. wood, brick, concrete, reinforced concrete, steel frame construction);
- function (dwelling house, office, farm, theatre, hotel, school, hospital, museum, church, prison, department store, bank, factory, industry plant, sports area);
- occupants and contents (persons and animals, presence of combustible or noncombustible materials, explosive or non-explosive materials, electrical and electronic systems with low or high withstand voltage);
- connected lines (power lines, telecommunication lines, pipelines);
- existing or provided protection measures (protection measures to reduce physical damage and life hazard, protection measures to reduce failure of

життя, засоби захисту для зменшення відмов внутрішніх систем);

- межі поширення небезпеки (будівля (споруда) з утрудненою евакуацією або будівля (споруда), в якій може виникнути паніка, будівля (споруда), що становить небезпеку для оточення, будівля (споруда), що становить небезпеку для довкілля).

Таблиця 1 повідомляє про дію блискавки на різні типи будівель (споруд).

internal systems);

- scale of the extension of danger (structure with difficulty of evacuation or structure where panic may be created, structure dangerous to the surroundings, structure dangerous to the environment).

Table 1 reports the effects of lightning on various types of structures.

Таблиця 1 - Вплив блискавки на типові будівлі (споруди)

Table 1 – Effects of lightning on typical structures

Тип будівлі (споруди) відповідно до призначення та/або вмісту **Type of structure according to function and/or contents**	**Дія блискавки** **Effects of lightning**
Житловий будинок Dwelling-house	Пробій електричних установок, пожежа та пошкодження матеріалів Пошкодження, зазвичай обмежуються будівлями (спорудами), які є у точці удару, або є на шляху струму блискавки. Відмова електричного й електронного обладнання та встановлених систем (приміром, телевізори, комп'ютери, модеми, телефони тощо) Puncture of electrical installations, fire and material damage Damage normally limited to structures exposed to the point of strike or to the lightning current path Failure of electrical and electronic equipment and systems installed (e.g. TV sets, computers, modems, telephones, etc.)
Сільськогосподарська споруда Farm building	Насамперед, ризик пожежі та небезпечної крокової напруги, а також пошкодження матеріалів Окрім того, ризик припинення електропостачання й небезпека для життя тварин внаслідок відмови електронних систем керування вентиляцією, подачі кормів тощо Primary risk of fire and hazardous step voltages as well as material damage Secondary risk due to loss of electric power, and life hazard to livestock due to failure of electronic control of ventilation and food supply systems, etc.
Театр Готель Школа Універмаг Спортивна зона Theatre Hotel School Department store Sports area	Пошкодження електричних установок (приміром, електричного освітлення) може призвести до паніки Відмова пожежної сигналізації, що призводить до запізнення вжиття заходів боротьби з пожежею Damage to the electrical installations (e.g. electric lighting) likely to cause panic Failure of fire alarms resulting in delayed fire fighting measures
Банк Страхова компанія Торговельна компанія тощо Bank Insurance company Commercial company, etc.	Як зазначено вище, плюс проблеми внаслідок втрати зв'язку, відмов комп'ютерів та втрат даних As above, plus problems resulting from loss of communication, failure of computers and loss of data
Лікарня Будинок для людей похилого віку В'язниця Hospital Nursing home Prison	Як зазначено вище, плюс проблеми, що виникають із хворими, та утруднення порятунку людей, переміщення яких обмежено As above, plus problems of people in intensive care, and the difficulties of rescuing immobile people

Тип будівлі (споруди) відповідно до призначення та/або вмісту Type of structure according to function and/or contents	Дія блискавки Effects of lightning
Промисловість Industry	Додаткові впливи залежно від вмісту підприємств, що призводить до пошкоджень: від легких до таких, що є неприйнятними, та втрата продукції Additional effects depending on the contents of factories, ranging from minorto unacceptable damage and loss of production
Музеї й археологічні майданчики Церква Museums and archaeological site Church	Втрата культурної спадщини, яку не відновити Loss of irreplaceable cultural heritage
Телекомунікації Електростанції Telecommunication Power plants	Неприйнятні втрати можливості надання громадських послуг Unacceptable loss of services to the public
Завод виробів для феєрверків Підприємство з випуску боєприпасів Firework factory Munitions works	Наслідки пожежі та вибуху для підприємства та для довкілля Consequences of fire and explosion to the plant and its surroundings
Хімічний завод Нафтопереробний завод Атомна електростанція Біохімічні лабораторії та заводи Chemical plant Refinery Nuclear plant Biochemical laboratories and plants	Пожежа й невідповідне функціювання підприємства зі згубними наслідками для локального й глобального довкілля Fire and malfunction of the plant with detrimental consequences to the local and global environment

5.1.2 Джерела і типи пошкоджень будівлі (споруди)

Струм блискавки є джерелом пошкоджень. Такі ситуації належить брати до уваги, залежно від положення точки удару щодо будівлі (споруди), яка розглядається:

a) S1: спалахи блискавки у будівлю (споруду),

b) S2: спалахи блискавки поблизу будівлі (споруди),

c) S3: спалахи блискавки у лінію,

d) S4: спалахи блискавки поблизу лінії.

a) Спалахи блискавки у будівлю (споруду) можуть спричинити:

- безпосереднє механічне ушкодження, пожежу та/або вибух внаслідок високої температури плазми самої дуги блискавки, внаслідок струму, який призводить до омічного нагрівання провідників (перегріті провідники), або через дугову ерозію (викид часток розтопленого металу);

5.1.2 Sources and types of damage to a structure

The lightning current is the source of damage. The following situations shall be taken into account, depending on the position of the point of strike relative to the structure considered:

a) S1: flashes to the structure;

b) S2: flashes near the structure;

c) S3: flashes to the lines connected to the structure;

d) S4: flashes near the lines connected to the struc ture.

a) Flashes to the structure can cause:

– immediate mechanical damage, fire and/or explosion due to the hot lightning plasma arcitself, due to the current resulting in ohmic heating of conductors (over-heated conductors), or due to the charge resulting in arc erosion (melted metal);

- пожежа та/або вибух, ініційовані іскрами, спричиненими перенапругами, які є результатом резистивних та індуктивних зчеплень, та протікання частини струмів блискавки);
- ушкодження живих істот від ураження електричним струмом через напругу дотику і крокову напругу, як результат резистивних та індуктивних зчеплень;
- відмова або збій у роботі внутрішніх систем внаслідок LEMP.

– fire and/or explosion triggered by sparks caused by overvoltages resulting from resistive and inductive coupling and to passage of part of the lightning currents;
– injury to living beings by electric shock due to step and touch voltages resulting from resistive and inductive coupling;
– failure or malfunction of internal systems due to LEMP.

в) Спалахи блискавки поблизу будівлі (споруди) можуть спричинити:

- відмову або збій у роботі внутрішніх систем внаслідок LEMP.

b) Flashes near the structure can cause:

– failure or malfunction of internal systems due to LEMP.

с) Спалахи блискавки у лінії, приєднані до будівлі (споруди), можуть спричинити:

- пожежу та/або вибух, ініційовані іскрами, спричиненими перенапругами й струмами блискавки, переданими через приєднані лінії;
- ушкодження живих істот від ураження електричним струмом через напругу дотику всередині будівлі (споруди), спричинену струмами блискавки, переданими через приєднані лінії;
- відмову або збій у роботі внутрішніх систем внаслідок перенапруг, що виникають на приєднаних лініях та передаються до будівлі (споруди).

c) Flashes to a line connected to the structure can cause:

– fire and/or explosion triggered by sparks due to overvoltages and lightning currents transmitted through the connected line;
– injury to living beings by electric shock due to touch voltages inside the structure caused by lightning currents transmitted through the connected line;
– failure or malfunction of internal systems due to overvoltages appearing on connected lines and transmitted to the structure.

d) Спалахи блискавки поблизу ліній, приєднаних до будівлі (споруди), можуть спричинити:

- відмову або збій у роботі внутрішніх систем внаслідок перенапруг, індукованих на приєднаних лініях і переданих до будівлі (споруди).

d) Flashes near a line connected to the structure can cause:

- failure or malfunction of internal systems due to overvoltages induced on connected lines and transmitted to the structure.

ПРИМІТКА 1 Збій у роботі внутрішніх систем не охоплюється серією IEC 62305. Дивись IEC 61000-4-5 [2].

NOTE 1 Malfunctioning of internal systems is not covered by the IEC 62305 series. Reference should be made to IEC 61000-4-5 [2] .

ПРИМІТКА 2 Лише ті іскри, якими йде струм блискавки (частковий або повний) розглядаються, як такі, що здатні спричинити пожежу.

NOTE 2 Only the sparks carrying lightning current (total or partial) are regarded as able to trigger fire.

ПРИМІТКА 3 Спалахи блискавки, безпосередньо у трубопроводи або поблизу них, не спричиняють пошкодження будівлі (споруди) за умови, що їх приєднано до сполучної шини будівлі (споруди) (дивись IEC 62305-3).

NOTE 3 Lightning flashes, direct to or near the incoming pipelines, do not cause damages to the structure, provided that they are bonded to the equipotential bar of the structure (see IEC 62305-3).

Таким чином, блискавка може спричинити три основні типи пошкоджень:

As a result, the lightning can cause three basic type of damage:

- D1: ушкодження живих істот від ураження електричним струмом;
- D2: фізичне пошкодження (пожежа, вибух, механічне руйнування, хімічний викид) внаслідок впливу струму блискавки, з іскрінням включно;
- D3: відмова внутрішніх систем внаслідок LEMP.

5.2 Типи втрат

Кожен з типів пошкоджень, що стосуються будівлі (споруди), поодинці або у поєднанні з іншими, можуть спричинити різноманітні поважні втрати. Типи втрат можуть виникнути залежно від характеристик самої будівлі (споруди).

Для потреб IEC 62305, розглядаються наступні типи втрат, які можуть виникнути, як наслідок небезпек, що стосуються будівлі (споруди):

- L1: втрата людського життя (з тимчасовою інвалідністю включно);
- L2: втрата громадських послуг;
- L3: втрата культурного надбання;
- L4: втрата економічної вартості (будівля (споруда), її вміст та втрата активності).

ПРИМІТКА Для потреб IEC 62305, лише такі комунальні послуги як газ, вода, телебачення (зокрема, кабельне чи супутникове) та електроенергія розглядаються у якості громадських послуг.

Втрати типів L1, L2 та L3 можуть розглядатися, як соціально значущі, тоді як типу L4 можуть розглядатися, як чисто економічні втрати.

Про зв'язок між джерелом небезпеки, типом небезпеки та втратою повідомляється у Таблиці 2.

- D1: injury to living beings by electric shock;
- D2: physical damage (fire, explosion, mechanical destruction, chemical release) due to lightning current effects, including sparking;
- D3: failure of internal systems due to LEMP.

5.2 Types of loss

Each type of damage relevant to structure to be protected, alone or in combination with others, may produce different consequential loss. The type of loss that may appear depends on the characteristics of the structure itself.

For the purposes of IEC 62305, the following types of loss, which may appear as consequence of damages relevant to structure, are considered:

- L1: loss of human life (including permanent injury);
- L2: loss of service to the public;
- L3: loss of cultural heritage;
- L4: loss of economic value (structure, its content, and loss of activity).

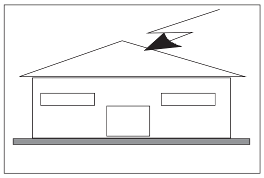
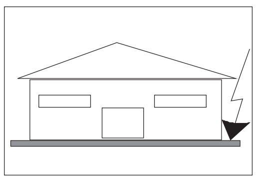
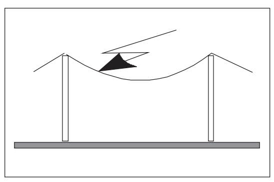
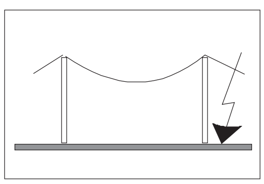
NOTE For the purposes of IEC 62305, only utilities such as gas,water, TV, TLC and power supply are considered service to the public.

Losses of type L1, L2 and L3 may be considered as loss of social values, whereas a loss of type L4 may be considered as purely an economic loss.

The relationship between source of damage, type of damage and loss is reported in Table 2.

Таблиця 2. Небезпеки та втрати, які стосуються будівлі (споруди) відповідно до різних точок ураження блискавкою

Table 2 – Damage and loss relevant to a structure according to different points of strike of lightning

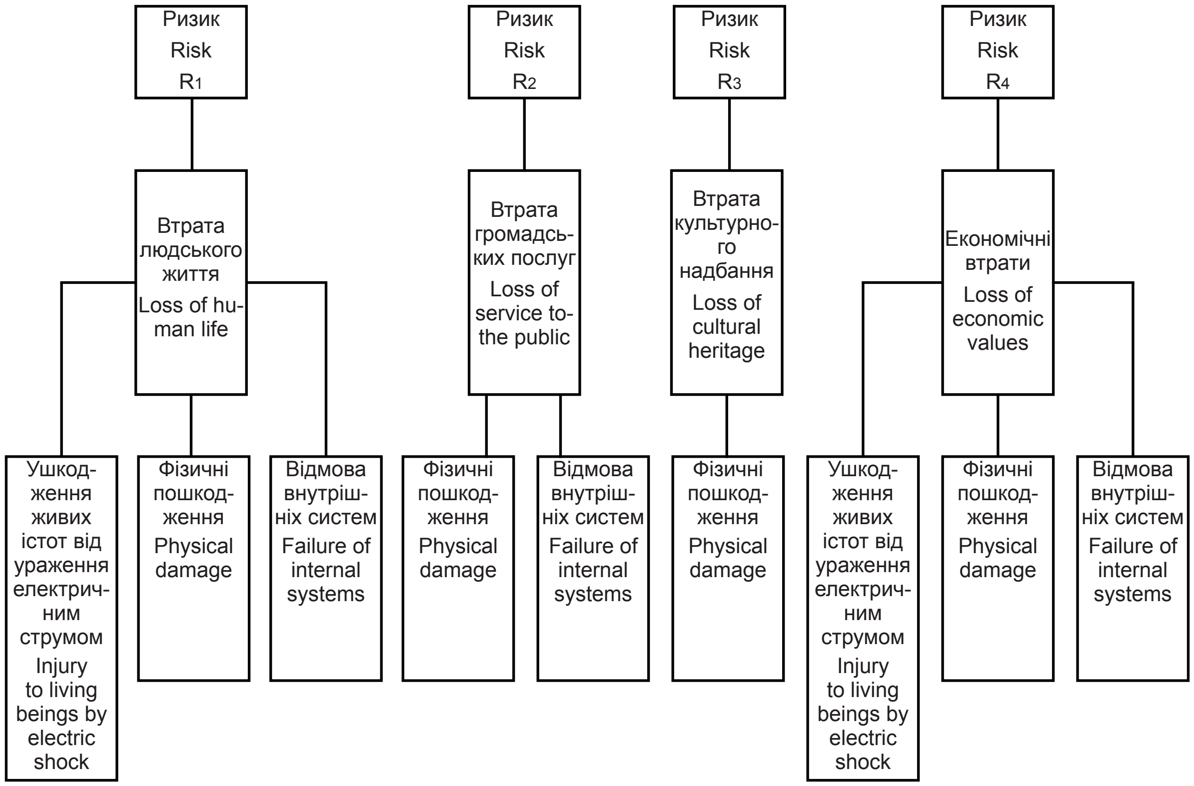
Точка ураження Point of strike		Джерело пошкодження Source of damage	Тип пошкодження Type of damage	Тип втрати Type of loss
Будівля (споруда) Structure		S1	D1 D2 D3	L1, L4[a] L1, L2, L3, L4 L1[b], L2, L4
Поблизу будівлі (споруди) Near a structure		S2	D3	L1[b], L2, L4
Лінія, приєднана до будівлі (споруди) Line connected to the structure		S3	D1 D2 D3	L1, L4[a] L1, L2, L3, L4 L1[b], L2, L4
Поблизу лінії Near a line		S4	D3	L1[b], L2, L4

[a] Лише для господарств, якщо можлива загибель тварин …
Only for properties where animals may be lost...

[b] Лише для споруд з ризиком вибуху та для медичних закладів або інших будівель (споруд), де відмова внутрішніх систем спричиняє безпосередню загрозу людському життю
Only for structures with risk of explosion and for hospitals or other structures where failure of internal systems immediately endangers human life.

Типи втрат залежно від типів пошкоджень та відповідних ризиків показано на Рисунку 1

Types of loss resulting from types of damage and the corresponding risks are reported in Figure 2.



[a] Лише для медичних закладів та інших будівель (споруд), де відмова внутрішніх систем спричиняє безпосередню загрозу людському життю.
Only for hospitals or other structures where failure of internal systems immediately endanger human life.

[b] Лише для господарств, якщо можлива втрата тварин.
Only for properties where animals may be lost.

Рисунок 2 - Типи втрат та відповідні ризики залежно від різних типів пошкоджень

Figure 2 – Types of loss and corresponding risks resulting from different types of damage

6 Необхідність та економічне обґрунтування захисту від блискавки

6 Need and economic justification for lightning protection

6.1 Необхідність захисту від блискавки

6.1 Need for lightning protection

Належить оцінити необхідність захисту від блискавки будівлі (споруди), аби зменшити соціальні втрати L1, L2 та L3.

The need for the lightning protection of a structure to be protected in order to reduce the loss of social values L1, L2 and L3 shall be evaluated.

Для того, аби оцінити, потрібен чи ні захист від блискавки будівлі (споруди), належить здійснити оцінювання ризику відповідно до процедур, вміщених у IEC 62305-2. Належить взяти до уваги такі ризики відповідно до типів втрат, зазначених у 5.2:

In order to evaluate whether or not lightning protection of a structure is needed, a risk assessment in accordance with the procedures contained in IEC 62305-2 shall be made. The following risks shall be taken into account, corresponding to the types of loss reported in 5.2:

- R_1 : ризик втрат людського життя або тимчасової інвалідності;

- R_1: risk of loss or permanent injury of human life;

- R_2: ризик втрати громадських послуг;
- R_3: ризик втрати культурного надбання.

ПРИМІТКА 1 Ризик R_4: належить оцінити ризик економічних втрат у разі необхідності економічного обґрунтування захисту від блискавки (див. 6.2).

Захист від блискавки є необхідним, якщо ризик R (від R_1 до R_3) є вищим за припустимий рівень R_T

$$R > R_T$$

У цьому випадку належить вжити заходів захисту для зниження ризику R (від R_1 до R_3) до припустимого рівня R_T

$$R \le R_T$$

Якщо виникає понад один тип втрат, умова $R \le R_T$ має задовольнятися для кожного типу втрат (L1, L2 та L3).

Величини допустимого рівня ризику R_T , коли блискавка може стати причиною втрат соціального значення, встановлюються компетентним національним органом.

ПРИМІТКА 2 Уповноважений орган може встановлювати необхідність захисту від блискавки для конкретних застосувань без необхідності оцінювання ризику. У цих випадках необхідний LPL встановлюється уповноваженим органом. У деяких випадках оцінювання ризику може бути виконано як процедура, що встановлює відмову від цих вимог.

ПРИМІТКА 3 Докладні відомості з оцінювання ризику та процедур вибору заходів захисту наведено у IEC 62305-2.

6.2 Економічне обґрунтування захисту від блискавки

Окрім оцінювання необхідності захисту від блскавки будівлі (споруди), яка підлягає захисту, може бути корисним оцінити економічні вигоди від вжиття заходів захисту для зниження економічних втрат L4.

У цьому випадку необхідно оцінити ризик R_4 економічних втрат. Оцінювання ризику R_4 дозволяє проаналізувати вартість економічних втрат за наявності засобів захисту та без них.

- R_2: risk of loss of services to the public;
- R_3: risk of loss of cultural heritage.

NOTE 1 Risk R_4: risk of loss of economic values, should be assessed whenever the economic justification of lightning protection is considered (see 6.2).

Protection against lightning is needed if the risk R (R_1 to R_3) is higher than the tolerablelevel R_T

$$R > R_T$$

In this case, protection measures shall be adopted in order reduce the risk R (R_1 to R_3) to the tolerable level R_T

$$R \le R_T$$

If more than one type of loss could appear, the condition $R \le R_T$ shall be satisfied for each type of loss (L1, L2 and L3).

The values of tolerable risk R_T where lightning could result in the loss of items of social value should be under the responsibility of a competent national body.

NOTE 2 An authority having jurisdiction may specify the need for lightning protection for specific applications without requiring a risk assessment. In these cases, the required lightning protection level will be specified by the authority having jurisdiction. In some cases, a risk assessment may be performed as a technique by which to justify a waiver to these requirements.

NOTE 3 Detailed information on risk assessment and on the procedure for selection of protection measures is reported in IEC 62305-2.

6.2 Economic justification of lightning protection

Besides the need for lightning protection for the structure to be protected, it may be useful to evaluate the economic benefits of providing protection measures in order to reduce the economic loss L4.

In this case, the risk R_4 of loss of economic values should be assessed. The assessment of risk R_4 allows for the evaluation of the cost of the economic loss with and without the adopted protection measures.

Захист від блискавки є рентабельним, якщо сума вартості C_{RL} залишкових втрат за ужиття заходів захисту та вартості C_{PM} засобів захисту є меншою за вартість C_L загальних втрат без ужиття заходів захисту:

Lightning protection is cost effective if the sum of the cost C_{RL} of residual loss in the presence of protection measures and the cost C_{PM} of protection measures is lower than the cost C_L of total loss without protection measures:

$$C_{RL} + C_{PM} < C_L$$

ПРИМІТКА Докладні відомості щодо оцінювання економічної доцільності захисту від блискавки наведено у IEC 62305-2.

NOTE Detailed information on the evaluation of economic justification of lightning protection is reported in IEC 62305-2.

7 Заходи захисту

7 Protection measures

7.1 Загальні положення

7.1 General

Заходи захисту може бути застосовано для зниження ризику відповідно до типу пошкодження.

Protection measures may be adopted in order to reduce the risk according to the type of damage.

7.2 Заходи захисту для зменшення загрози для життя внаслідок дії електричного струму

7.2 Protection measures to reduce injury of living beings by electric shock

Можливі заходи захисту включають:

- відповідне ізолювання струмопровідних частин, доступних для дотику;
- еквіпотенціалізація за допомогою сітчастої системи уземлення;
- фізичні обмеження й попереджувальні написи;
- еквіпотенційні сполучення блискавки (EB).

Possible protection measures include:

– adequate insulation of exposed conductive parts;
– equipotentialization by means of a meshed earthing system;
- physical restrictions and warning notices;
- lightning equipotential bonding (EB).

ПРИМІТКА 1 Зрівнювання потенціалів та збільшення контактного опору поверхні землі всередині та зовні будівлі (споруди) можуть знизити небезпеку для життя (див. Розділ 8 IEC 62305-3:2010).

NOTE 1 Equipotentialization and an increase of the contact resistance of the ground surface inside and outside the structure may reduce the life hazard (see Clause 8 of IEC 62305-3:2010).

ПРИМІТКА 2 Заходи захисту є ефективними лише у будівлях (спорудах), захищених LPS.

NOTE 2 Protection measures are effective only in structures protected by an LPS.

ПРИМІТКА 3 Використання детекторів грози та вжиття попереджувальних заходів можуть знизити небезпеку для життя.

NOTE 3 The use of storm detectors and the associated provision taken may reduce the life hazard.

7.3 Заходи захисту для запобігання фізичному пошкодженню

7.3 Protection measures to reduce physical damage

Захист забезпечується системою захисту від блискавки (LPS), яка включає у себе такі особливості:

- систему перехоплення;
- систему доземних провідників;
- систему земляного закінчення;
- еквіпотенційні сполучення блискавки (EB);
- електричне ізолювання (і, отже, роздільну відстань) від зовнішньої LPS.

Protection is achieved by the lightning protection system (LPS) which includes the following features:

– air-termination system;
– down-conductor system;
– earth-termination system;
– lightning equipotential bonding (EB);
– electrical insulation (and hence separation distance) against the external LPS.

ПРИМІТКА 1 У разі встановлення LPS, зрівнювання потенціалів є дуже важливим заходом для зменшення небезпеки пожежі й вибуху та загроз для життя. Більше подробиць містить IEC 62305-3.

NOTE 1 When an LPS is installed, equipotentialization is a very important measure to reduce fire and explosion danger and life hazard. For more details see IEC 62305-3.

ПРИМІТКА 2 Заходи, які стримують виникнення та розповсюдження вогню як от вогнестійкі відсіки, вогнегасники, гідранти, системи пожежного сповіщення та пожежогасіння здатні зменшити фізичні пошкодження.

NOTE 2 Provisions limiting the development and propagation of the fire such as fireproof compartments, extinguishers, hydrants, fire alarms and fire extinguishing installations may reduce physical damage.

ПРИМІТКА 3 Захищені шляхи евакуації забезпечують захист персоналу.

NOTE 3 Protected escape routes provide protection for personnel.

7.4 Заходи захисту для зменшення відмов електричних та електронних систем

7.4 Protection measures to reduce failure of electrical and electronic systems

Можливі заходи захисту (SPM) включають:

- заходи із уземлення та сполучення;
- магнетне екранування;
- прокладення ліній;
- ізолювальні інтерфейси;
- координована система SPD.

Possible protection measures (SPM) include

- earthing and bonding measures,
- magnetic shielding,
- line routing,
- isolating interfaces,
- coordinated SPD system.

Ці заходи можуть уживатися поодинці або у поєднанні.

These measures may be used alone or in combination.

ПРИМІТКА 1 Якщо розглядається джерело небезпеки S1, заходи захисту є ефективними лише у будівлях (спорудах), захищених LPS.

NOTE 1 When source of damage S1 is considered, protection measures are effective only in structures protected by an LPS.

ПРИМІТКА 2 Використання детекторів грози та вжиття попереджувальних заходів можуть зменшити відмови електричних та електронних систем.

NOTE 2 The use of storm detectors and the associated provision taken may reduce failures of electrical and electronic systems.

7.5 Вибір заходів захисту

7.5 Protection measures selection

Заходи захисту, перелічені у п. 7.2, 7.3 та 7.4, створюють разом повний захист від блискавки.

The protection measures listed in 7.2, 7.3 and 7.4 together form the overall lightning protection.

Добір найбільш прийнятних засобів захисту має здійснювати проектувальник заходів захисту та власник будівлі (споруди), яка захищається, відповідно до типу та обсягу кожного з видів пошкоджень, технічних та економічних аспектів різних заходів захисту й результатів оцінювання ризику.

Selection of the most suitable protection measures shall be made by the designer of the protection measures and the owner of the structure to be protected according to the type and the amount of each kind of damage, the technical and economic aspects of the different protection measures and the results of risk assessment.

Критерії для оцінювання ризику та вибору найбільш придатних заходів захисту подано у IEC 62305-2.

The criteria for risk assessment and for selection of the most suitable protection measures are given in IEC 62305-2.

Засоби захисту є ефективними за умов, що вони відповідають вимогам відповідних стандартів та здатні витримувати обтяження, які очікуються у місці їхнього встановлення.

Protection measures are effective provided that they comply with the requirements of relevant standards and are able to withstand the stress expected in the place of their installation. 8 Basic criteria for protection of structures

8 Головні критерії захисту будівель (споруд)

8.1 Загальні положення

Ідеальним захистом для будівель (споруд) буде вмістити будівлю (споруду), яка підлягає захисту, до уземленого та відмінно струмопровідного суцільного екрану належної товщини та виконати належні сполучення у точці входу досередини екрану ліній, приєднаних до будівлі (споруди).

Це дозволяє запобігти проникненню струму блискавки та пов'язаного електромагнетного поля до будівлі (споруди), яка підлягає захисту, й запобігти небезпечним тепловим та електродинамічним впливам струму, а також іскрінням та перенапругам, небезпечним для внутрішніх систем.

На практиці, часто є неможливим та нерентабельним вживати подібних заходів, аби забезпечити такий повний захист.

Недостатня безперервність екрану та/або його невідповідна товщина дозволяють струму блискавки проникати досередини екрану, спричиняючи:

- фізичне ушкодження та небезпеку для життя;
- відмову внутрішніх систем.

Заходи захисту, яких ужито для запобігання таким пошкодженням та відповідним подальшим втратам, мають бути розроблені для певного ряду параметрів струму блискавки, від якої вимагається захист (рівень захисту від блискавки).

8.2 Рівні захисту від блискавки (LPL)

Для цілей IEC 62305 введено чотири рівні захисту (від I до IV). Для кожного LPL встановлено ряд максимальних й мінімальних параметрів струму блискавки.

ПРИМІТКА 1 Захист від блискавок, максимальний та мінімальний струм яких перевершують параметри, що відповідають LPL I, потребує більш дієвих заходів, які може бути обрано та встановлено на індивідуальній основі.

ПРИМІТКА 2 Імовірність появи блискавки з мінімальними та максимальними параметрами струму, які виходять за межі значень LPL I, не перевершує 2 %.

Максимальні значення параметрів струму блискавки, що відповідають LPL I, не буде перевищено з ймовірністю 99 %. Стосовно прийнятого співвідношення по-

8 Basic criteria for protection of structures

8.1 General

An ideal protection for structures would be to enclose the structure to be protected within an earthed and perfectly conducting continuous shield of adequate thickness, and to provide adequate bonding, at the entrance point into the shield, of the lines connected to the structure.

This would prevent the penetration of lightning current and related electromagnetic field into the structure to be protected and prevent dangerous thermal and electrodynamic effects of current, as well as dangerous sparkings and overvoltages for internal systems.

In practice, it is often neither possible nor cost effective to go to such measures to provide such full protection.

Lack of continuity of the shield and/or its inadequate thickness allows the lightning current to penetrate the shield causing:

– physical damage and life hazard;
– failure of internal systems.

Protection measures, adopted to reduce such damages and relevant consequential loss, shall be designed for the defined set of lightning current parameters against which protection is required (lightning protection level).

8.2 Lightning protection levels (LPL)

For the purposes of IEC 62305, four lightning protection levels (I to IV) are introduced. For each LPL, a set of maximum and minimum lightning current parameters is fixed.

NOTE 1 Protection against lightning whose maximum and minimum lightning current parameters exceed those relevant to LPL I needs more efficient measures which should be selected and erected on an individual basis.

NOTE 2 The probability of occurrence of lightning with minimum or maximum current parameters outside the range of values defined for LPL I is less than 2 %.

The maximum values of lightning current parameters relevant to LPL I shall not be exceeded, with a probability of 99 %. According to the polarity ratio assumed (see лярності (дивись Розділ A.2) значення, що стосуються позитивних спалахів, матимуть імовірності нижче 10 %, у той час як для негативних спалахів це залишатиметься на рівні нижче 1 % (дивись Розділ A.3).

Clause A.2), values taken from positive flashes will have probabilities below 10 %, while those from negative flashes will remain below 1 % (see Clause A.3).

Максимальні значення параметрів струму блискавки, що відповідають LPL I, зменшуються до 75 % для LPL II, до 50 % - для LPL III та IV (лінійно для *I*, *Q* та *di/dt*, але квадратично для *W/R*). Часові параметри є незмінними.

The maximum values of lightning current parameters relevant to LPL I are reduced to 75 % for LPL II and to 50 % for LPL III and IV (linear for *I, Q* and *di/dt*, but quadratic for *W/R*). The time parameters are unchanged.

ПРИМІТКА 3 Рівні захисту від блискавки, параметри струму якої є нижчими за ті, що стосуються LPL IV, дозволяють розглядати значення імовірності пошкодження, вищі за ті, які представлено у Додатку B IEC 62305-2:2012, але їхні значення не є визначеними кількісно, тож вони є корисними для кращого крою заходів захисту задля уникнення необґрунтованих витрат.

NOTE 3 Lightning protection levels whose maximum lightning current parameters are lower than those relevant to LPL IV allow one to consider values of probability of damage higher than those presented in Annex B of IEC 62305-2:2010, but not quantified and are useful for better tailoring of protection measures in order to avoid unjustified costs.

Максимальні значення параметрів струму блискавки для різних рівнів захисту від блискавки, які подано у Таблиці 3, використовуються для розроблення компонентів захисту від блискавки (приміром, поперечний переріз провідників, товщина бляхи, максимальний струм SPD, роздільна відстань для запобігання небезпечному іскрінню) та для визначення тестових параметрів, які моделюють вплив блискавки на ці компоненти (дивись Додаток D).

The maximum values of lightning current parameters for the different lightning protection levels are given in Table 3 and are used to design lightning protection components (e.g. cross-section of conductors, thickness of metal sheets, current capability of SPDs, separation distance against dangerous sparking) and to define test parameters simulating the effects of lightning on such components (see Annex D).

Мінімальні значення амплітуди струму блискавки для різних LPL застосовуються для отримання радіуса сфери, що котиться, (дивись Розділ A. 4) для визначення LPZ 0B, якої не в змозі досягти прямий удар (дивись 8.2 та Рисунки 2 й 3). Мінімальні значення параметрів струму блискавки разом з відповідними значеннями радіусу сфери, що котиться, подано у Таблиці 4. Вони застосовуються для розставлення системи перехоплення й визначення LPZ 0B (дивись 8.3).

The minimum values of lightning current amplitude for the different LPL are used to derive the rolling sphere radius (see Clause A.4) in order to define the lightning protection zone LPZ 0B which cannot be reached by direct strike (see 8.3 and Figures 3 and 4). The minimum values of lightning current parameters together with the related rolling sphere radius are given in Table 4. They are used for positioning of the air-termination system and to define the lightning protection zone LPZ 0B (see 8.3).

Таблиця 3 - Максимальні значення параметрів блискавки відповідно до LPL

Table 3 – Maximum values of lightning parameters according to LPL

Перший позитивний імпульс **First positive impulse**			**LPL**			
Параметри струму **Current parameters**	**Позначення** **Symbol**	**Одиниця** **Unit**	**I**	**II**	**III**	**IV**
Піковий струм Peak current	I	kA	200	150	100	
Заряд імпульсу Impulse charge	Q_{SHORT}	Кл C	100	75	50	
Питома енергія Specific energy	W/R	МДж / Ом MJ / Ω	10	5,6	2,5	
Часові параметри Time parameters	T_1 / T_2	мкс / мкс μs / μs	10 / 350			
Перший негативний імпульс[a] **First negative impulse**[a]			**LPL**			
Параметри струму **Current parameters**	**Позначення** **Symbol**	**Одиниця** **Unit**	**I**	**II**	**III**	**IV**
Піковий струм Peak current	I	kA	100	75	50	
Середня крутість Average steepness	di/dt	кА/мкс kA/μs	100	75	50	
Часові параметри Time parameters	T_1 / T_2	мкс / мкс μs / μs	1 / 200			
Наступний імпульс **Subsequent impulse**			**LPL**			
Параметри струму **Current parameters**	**Позначення** **Symbol**	**Одиниця** **Unit**	**I**	**II**	**III**	**IV**
Піковий струм Peak current	I	kA	50	37,5	25	
Середня крутість Average steepness	di/dt	кА/мкс kA/μs	200	150	100	
Часові параметри Time parameters	T_1 / T_2	мкс / мкс μs / μs	0,25 / 100			
Довгий удар **Long stroke**			**LPL**			
Параметри струму **Current parameters**	**Позначення** **Symbol**	**Одиниця** **Unit**	**I**	**II**	**III**	**IV**
Заряд довгого удару Long stroke charge	Q_{LONG}	Кл C	200	150	100	
Часові параметри Time parameters	T_{LONG}	с s	0,5			
Спалах **Flash**			**LPL**			
Параметри струму **Current parameters**	**Позначення** **Symbol**	**Одиниця** **Unit**	**I**	**II**	**III**	**IV**
Заряд спалаху Flash charge	Q_{FLASH}	Кл C	300	225	150	

[a] Використання зазначених форм струму стосується лише розрахунків, а не випробувань
The use of this current shape concerns only calculations and not testing.

Таблиця 4 - Мінімальні значення параметрів блискавки та пов’язані з ними значення радіуса сфери, що котиться, відповідно до LPL

Table 4 – Minimum values of lightning parameters and related rolling sphere radius corresponding to LPL

Критерій перехоплення **Interception criteria**			**LPL**			
	Позначення **Symbol**	**Одиниця** **Unit**	**I**	**II**	**III**	**IV**
Мінімальний піковий струм Minimum peak current	*I*	kA	3	5	10	16
Радіус сфери, що котиться Rolling sphere radius	*r*	м m	20	30	45	60

Зі статистичного розподілу, поданого на Рис. A.5, може бути визначено зважену імовірність того, що параметри струму блискавки є меншими за максимальні значення та, відповідно, більшими за мінімальні значення, визначені для кожного з рівнів (дивись Таблицю 5).

From the statistical distributions given in Figure A.5, a weighted probability can be determined that the lightning current parameters are smaller than the maximum values and respectively greater than the minimum values defined for each protection level (see Table 5).

Таблиця 5 - Імовірності для меж параметрів струму блискавки

Table 5 – Probabilities for the limits of the lightning current parameters

Імовірність того, що параметри струму блискавки **Probability that lightning current parameters**	**LPL**			
	I	**II**	**III**	**IV**
- є меншими за максимальні значення, визначені у Таблиці 3 - are smaller than the maximum values defined in Table 3	0,99	0,98	0,95	0,95
- є більшими за мінімальні значення, визначені у Таблиці 4 - are greater than the minimum values defined in Table 4	0,99	0,97	0,91	0,84

Заходи захисту, зазначені в IEC 62305-3 та IEC 62305-4, є ефективними за блискавки, параметри струму якої є у межах, визначених LPL, прийнятим для проектування. Тому ефективність заходів захисту вважається рівною імовірності того, що параметри струму блискавки лежатимуть у цих межах. Для параметрів, що перевищують ці межі, залишається залишковий ризик пошкодження.

The protection measures specified in IEC 62305-3 and IEC 62305-4 are effective against lightning whose current parameters are in the range defined by the LPL assumed for design. Therefore the efficiency of a protection measure is assumed equal to the probability with which lightning current parameters are inside such range. For parameters exceeding this range, a residual risk of damage remains.

8.3 Зони захисту від блискавки (LPZ)

8.3 Lightning protection zones (LPZ)

Такі заходи захисту, як LPS, екрановані проводи, магнетні екрани та SPD визначають зони захисту від блискавки (LPZ).

Protection measures such as LPS, shielding wires, magnetic shields and SPD determine lightning protection zones (LPZ).

LPZ з більшими номерами засобів захисту характеризуються значним зменшенням LEMP порівняно з LPZ, які позначено меншими номерами.

LPZ downstream of the protection measure are characterized by significant reduction of LEMP than that upstream of the LPZ.

З огляду на загрозу блискавки визначено такі LPZ (дивись Рисунки 3 та 4):

LPZ 0A зона, у якій загроза існує внаслідок прямого спалаху блискавки й повного електромагнетного поля. Внутрішні системи можуть піддаватися впливу сплеску повного або часткового струму блискавки;

LPZ 0B зона, захищена від прямих спалахів блискавки, але в якій загрозу становить повне електромагнетне поле блискавки. Внутрішні системи можуть піддаватися впливу сплесків часткових струмів блискавки;

LPZ 1 зона, у якій струм сплеску обмежено розгалуженням струму й ізолювальними інтерфейсами та / або SPD на межах. Просторове екранування може послаблювати електромагнетне поле блискавки.

LPZ 2, ..., n зона, у якій струм сплеску може бути додатково обмежено розділенням струму й ізолювальними інтерфейсами та / або SPD на межах. Додаткове просторове екранування може бути використано для подальшого послаблення електромагнетного поля блискавки.

ПРИМІТКА 1 На загал, що вищим є номер окремої зони, то нижчими є параметри електромагнетного середовища.

Головне правило захисту, об'єкт, що захищається, має перебувати у LPZ, електромагнетні характеристики якої відповідають спроможності будівлі (споруди) витримувати обтяження, що призводять до пошкодження, якому належить запобігти (фізичне пошкодження, відмова електричних й електронних систем внаслідок перенапруги).

ПРИМІТКА 2 Для більшості електричних й електронних систем та апаратів, відомості про рівень стійкості мають бути надані виробником.

With respect to the threat of lightning, the following LPZs are defined (see Figures 3 and 4):

LPZ 0A zone where the threat is due to the direct lightning flash and the full lightning electromagnetic field. The internal systems may be subjected to full or partial lightning surge current;

LPZ 0B zone protected against direct lightning flashes but where the threat is the full lightning electromagnetic field. The internal systems may be subjected to partial lightning surge currents;

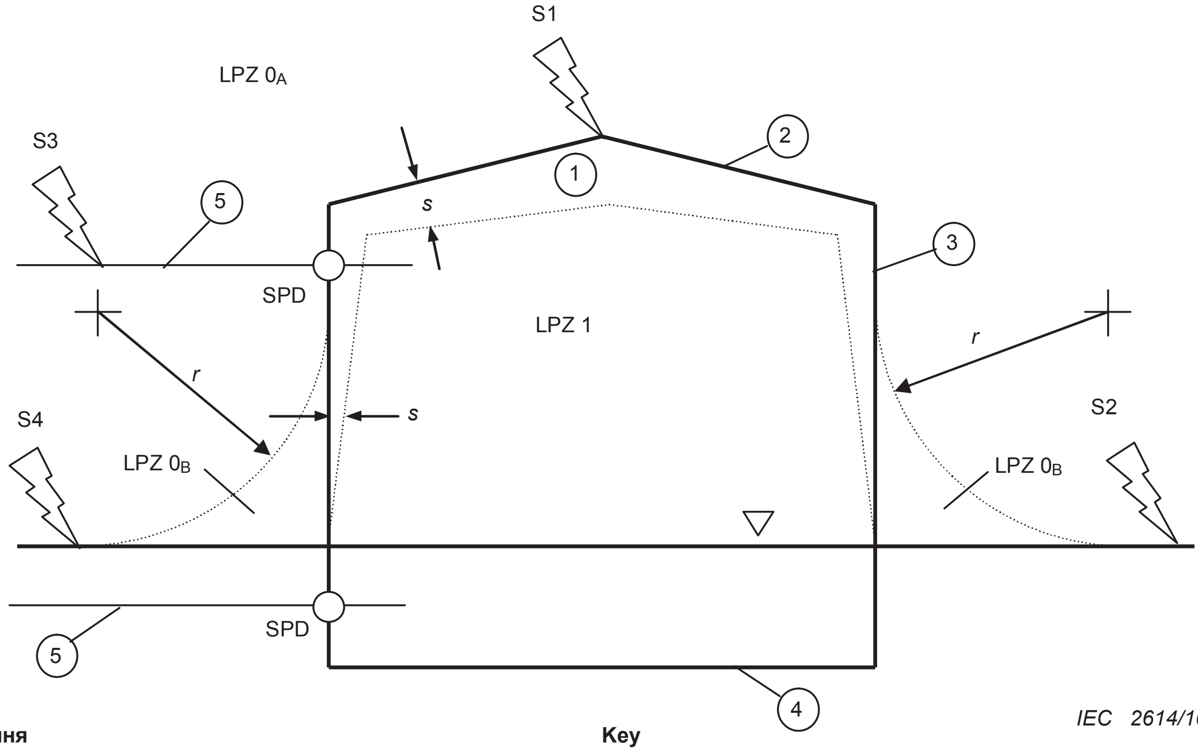
LPZ 1 zone where the surge current is limited by current sharing and by isolating interfaces and/or SPDs at the boundary. Spatial shielding may attenuate the lightning electromagnetic field;

LPZ 2, ..., n zone where the surge current may be further limited by current sharing and by isolating interfaces and/or additional SPDs at the boundary. Additional spatial shielding may be used to further attenuate the lightning electromagnetic field.

NOTE 1 In general, the higher the number of an individual zone, the lower the electromagnetic environment parameters.

As a general rule for protection, the structure to be protected shall be in an LPZ whose electromagnetic characteristics are compatible with the capability of the structure to withstand stress causing the damage to be reduced (physical damage, failure of electrical and electronic systems due to overvoltages).

NOTE 2 For most electrical and electronic systems and apparatus, information about withstand level can be supplied by manufacturer.



Позначення		**Key**	
1 будівля (споруда)	S1 спалах у будівлю (споруду)	1 structure	S1 flash to the structure
2 система перехоплення	S2 спалах поблизу будівлі (споруди)	2 air-termination system	S2 flash near to the structure
3 система доземних провідників	S3 спалах у лінію, приєднану до будівлі (споруди)	3 down-conductor system	S3 flash to a line connected to the structure
4 система земляного закінчення	S4 спалах поблизу лінії, приєднаної до будівлі (споруди)	4 earth-termination system	S4 flash near a line connected to the structure
5 вхідні лінії		5 incoming lines r rolling sphere radius	
s роздільна відстань проти небезпечного іскріння		s separation distance against dangerous sparking	

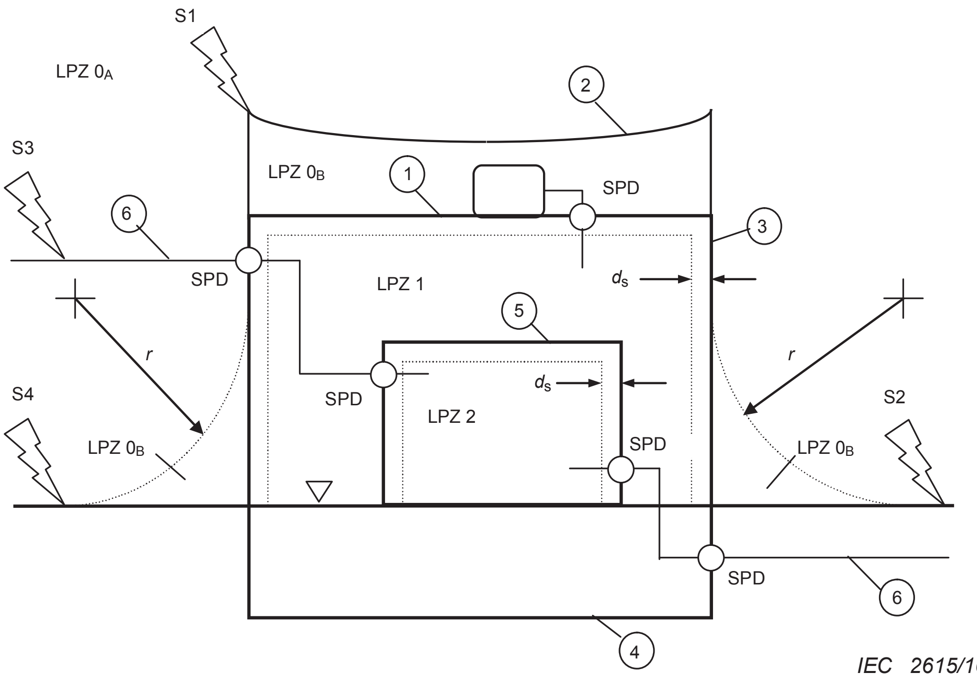
▽ позначка землі | ▽ ground level

○ еквіпотенційні сполучення блискавки за допомогою SPD | ○ lightning equipotential bonding by means of SPD

LPZ 0A	прямий спалах, повний струм блискавки	LPZ 0A	direct flash, full lightning current
LPZ 0B	відсутність прямого спалаху, частковий блискавки або індукований струм	LPZ 0B	no direct flash, partial lightning or induced current
LPZ 1	відсутність прямого спалаху, блискавки або індукований струм	LPZ 1	no direct flash, limited lightning or induced current
	у захищеному об'ємі всередині LPZ 1 має бути дотримано роздільної відстані d_s		protected volume inside LPZ 1 must respect separation distance d_s

Рисунок 3 – LPZ, визначені LPS (IEC 62305-3)

Figure 3 – LPZ defined by an LPS (IEC 62305-3)



Позначення

1 будівля (споруда) (екран LPZ 1)	S1 спалах у будівлю (споруду)
2 система перехоплення	S2 спалах поблизу будівлі (споруди)
3 система доземних провідників	S3 палах у лінію, приєднану до будівлі (споруди)
4 система земляного закінчення	S4 спалах поблизу лінії, приєднаної до будівлі (споруди)
5 приміщення (екран LPZ 2)	r радіус сфери, що котиться
6 лінії, приєднані до будівлі (споруди)	ds безпечна відстань за надто потужного магнетного поля

▽ позначка землі

○ еквіпотенційні сполучення блискавки за допомогою SPD

LPZ 0_A	прямий спалах, повний струм блискавки
LPZ 0_B	відсутність прямого спалаху, частковий блискавки або індукований струм, повне магнетне поле
LPZ 1	відсутність прямого спалаху, обмежений блискавки або індукований струм
LPZ 2	відсутність прямого спалаху, індуковані струми, додатково ослаблене магнетне поле
	у захищеному об’ємі всередині LPZ 1 має бути дотримано роздільної відстані ds

Key

1 structure (shield of LPZ 1)	S1 flash to the structure
2 air-termination system	S2 flash near to the structure
3 down-conductor system	S3 flash to a line connected to the structure
4 earth-termination system	S4 flash near a line connected to the structure
5 room (shield of LPZ 2)	r rolling sphere radius
6 lines connected to the structure	ds safety distance against too high magnetic field

▽ ground level

○ lightning equipotential bonding by means of SPD

LPZ 0_A	direct flash, full lightning current, full magnetic field
LPZ 0_B	no direct flash, partial lightning or induced current, full magnetic field
LPZ 1	no direct flash, limited lightning or induced current, damped magnetic field
LPZ 2	no direct flash, induced currents, further damped magnetic field
	protected volumes inside LPZ 1 and LPZ 2 must respect safety distances ds

Рисунок 4 – LPZ, визначені SPM (IEC 62305-3)

Figure 4 – LPZ defined by an SPM (IEC 62305-4)

8.4 Захист будівель (споруд)

8.4.1 Захист для зменшення фізичного пошкодження та небезпеки для життя

Будівля (споруда), що захищається, має перебувати в межах LPZ 0B або вищої. Це досягається за допомогою системи захисту від блискавки (LPS).

LPS складається як із внутрішньої, так й з зовнішньої систем захисту.

Призначенням зовнішньої LPS є:

- перехопити спалах блискавки у будівлю (споруду) (з допомогою системи перехоплення);
- відвести безпечним чином струм блискавки до землі (з допомогою системи доземних провідників);
- розсіяти його у землі (з допомогою системи земляного закінчення).

Функція внутрішньої LPS полягає у запобіганні небезпечному іскрінню всередині будівлі (споруди), з використанням еквіпотенційного сполучення або роздільної відстані, s, (й, отже, електричне ізолювання) між елементами LPS та іншими струмопровідними елементами всередині будівлі (споруди).

Для класів LPS (I, II, III та IV) визначається набір конструкційних правил, що базуються на відповідних LPL. Кожен набір включає, як залежні від рівня конструкційні правила (приміром, радіус сфери, що котиться, ширина сітки тощо), так й незалежні від рівня (приміром, поперечні перерізи, матеріали тощо).

Там де поверхневий опір ґрунту за межами будівлі (споруди) та підлоги всередині будівлі (споруди) є низьким, загроза для життя внаслідок впливу напруги дотику й крокової напруги знижується:

- за межами будівлі (споруди), ізолюванням відкрито встановлених струмопровідних частин, вирівнюванням потенціалів ґрунту за допомогою сітчастої системи уземлення, попереджувальними написами та фізичними обмеженнями;
- всередині будівлі (споруди), еквіпотенційними з'єднаннями ліній у точці уводу до будівлі (споруди).

8.4 Protection of structures

8.4.1 Protection to reduce physical damage and life hazard

The structure to be protected shall be inside an LPZ 0B or higher. This is achieved by means of a lightning protection system (LPS).

An LPS consists of both external and internal lightning protection systems.

The functions of the external LPS are

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

– to conduct the lightning current safely to earth (with a down-conductor system),

– to disperse it into the earth (with an earth-termination system).

The function of the internal LPS is to prevent dangerous sparking within the structure, using equipotential bonding or a separation distance, s, (and hence electrical isolation) between the LPS components and other electrically conducting elements internal to the structure.

Four classes of LPS (I, II, III and IV) are defined as a set of construction rules, based on the corresponding LPL. Each set includes level-dependent (e.g. rolling sphere radius, mesh width etc.) and level-independent (e.g. cross-sections, materials etc.) construction rules.

Where surface resistivity of the soil outside and of the floor inside the structure is kept low, life hazard due to touch and step voltages is reduced:

– outside the structure, by insulation of the exposed conductive parts, by equipotentialization of the soil by means of a meshed earthing system, by warning notices and by physical restrictions;

– inside the structure, by equipotential bonding of lines at entrance point into the structure.

LPS має відповідати вимогам IEC 62305-3.

8.4.2 Захист для зменшення відмов внутрішніх систем

Захист від LEMP для зниження ризику відмови внутрішніх систем має обмежувати:

- сплески внаслідок спалахів блискавки у будівлю (споруду) через резистивне та індуктивне зчеплення;
- сплески внаслідок спалахів блискавки поблизу будівлі (споруди) через індуктивне зчеплення;
- сплески, що передаються лініями, приєднаними до будівлі (споруди), внаслідок спалахів блискавки, у лінії або поблизу них;
- магнетне поле, безпосередньо зчеплене з апаратурою.

ПРИМІТКА Відмовою обладнання через електромагнетні поля, що безпосередньо випромінюються у обладнання, можна знехтувати за умови, що обладнання відповідає вимогам випробувань на радіочастотне (RF) випромінювання й стійкість до завад, встановлених відповідними стандартами з EMC (дивись IEC 62305-2 та IEC 62305-4).

Система, що захищається, має перебувати у LPZ 1 або вищій. Це досягається за допомогою заходів захисту електричних та електронних систем (SPM), яка складається з магнетних екранів, що послаблюють індуковане магнетне поле, яке індукує, та/або відповідного прокладення електропровідні для зменшення площі індукційних петель. На межах LPZ належить передбачати сполучення для металевих частин та систем, які перетинають межі. Ці сполучення може бути виконано сполучними провідниками або, за потреби, за допомогою SPD.

Заходи захисту для кожної LPZ мають відповідати IEC 62305-4.

Ефективного захисту від перенапруг, які спричиняють відмову внутрішніх систем, може бути також досягнуто за допомогою ізолювальних інтерфейсів та/або координованої системи SPD, обмежуючи перенапруги нижче значень номінальної імпульсної напруги, яку здатна витримати система, яка захищається.

Ізолювальні інтерфейси та SPD належить добирати та встановлювати відповідно до вимог IEC 62305-4.

The LPS shall comply with the requirements of IEC 62305-3.

8.4.2 Protection to reduce the failure of internal systems

The protection against LEMP to reduce the risk of failure of internal systems shall limit

– surges due to lightning flashes to the structure resulting from resistive and inductive coupling,
– surges due to lightning flashes near the structure resulting from inductive coupling,
– surges transmitted by lines connected to the structure due to flashes to or near the lines,
– magnetic field directly coupling with apparatus.

NOTE Failure of apparatus due to electromagnetic fields directly radiated into the equipment is negligible provided that apparatus complies with radio-frequency (RF) radiated emission and immunity tests defined by relevant EMC product standards (see IEC 62305-2 and IEC 62305-4).

The system to be protected shall be located inside an LPZ 1 or higher. This is achieved by means of electrical and electronic system protection measures (SPM) consisting of magnetic shields attenuating the inducing magnetic field and/or suitable routing of wiring to reduce the induction loop. Bonding shall be provided at the boundaries of an LPZ for metal parts and systems crossing the boundaries. This bonding may be accomplished by means of bonding conductors or, when necessary, by surge protective devices (SPDs).

The protection measures for any LPZ shall comply with IEC 62305-4.

Effective protection against overvoltages, causing failures of internal systems, may also be achieved by means of isolating interfaces and/or a coordinated SPD system, limiting overvoltages below the rated impulse withstand voltage of the system to be protected.

Isolating interfaces and SPDs shall be selected and installed according to the requirements of IEC 62305-4.

Додаток А
(інформативний)

Параметри струму блискавки

А.1 Спалахи блискавки до землі

Існують два основних типи спалаху:

- низобіжні спалахи, ініційовані низобіжним лідером від тучі до землі;
- верхобіжні спалахи, ініційовані верхобіжним лідером від узземленої будівлі (споруди) до тучі.

Низобіжні спалахи трапляються переважно на рівнинній місцевості та до невисоких будівель (споруд), тоді як для будівель (споруд), що витикаються на місцевості або панують над оточенням, домінують верхобіжні спалахи. Зі збільшенням ефективної висоти імовірність прямого удару у будівлю (споруду) зростає (дивись IEC 62305-2:2010, Додаток А) та змінюються фізичні умови.

Струм блискавки складається з одного або кількох різних ударів:

- імпульси тривалістю менше 2 мс (Рисунок А.1);
- довгі удари тривалістю понад 2 мс (Рисунок А.2).

Annex A
(informative)

Parameters of lightning current

A.1 Lightning flashes to earth

Two basic types of flashes exist:

– downward flashes initiated by a downward leader from cloud to earth;

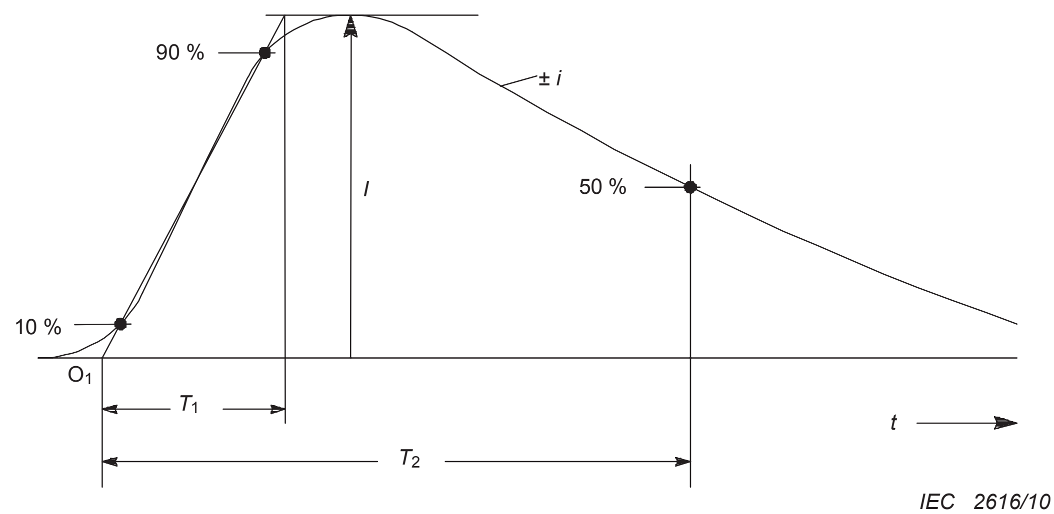
– upward flashes initiated by an upward leader from an earthed structure to cloud.

Mostly downward flashes occur in flat territory, and to lower structures, whereas for exposed and/or higher structures upward flashes become dominant. With effective height, the probability of a direct strike to the structure increases (see IEC 62305-2:2010, Annex A) and the physical conditions change.

A lightning current consists of one or more different strokes:

– impulses with duration less than 2 ms (Figure A.1)

– long strokes with duration longer than 2 ms (Figure A.2).



Позначення

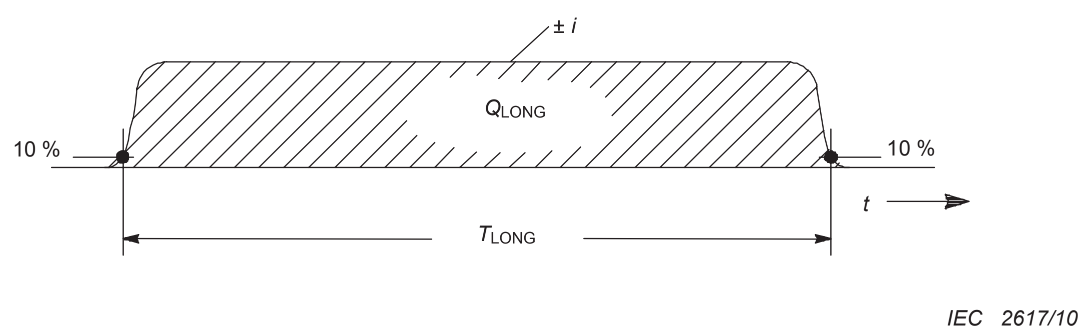
O_1	умовний початок
I	амплітуда струму
T_1	тривалість фронту
T_2	тривалість до половинного значення

Key

O_1	virtual origin
I	peak current
T_1	front time
T_2	time to half value

Рисунок А.1 - Визначення параметрів імпульсного струму (зазвичай T2 < 2 мс)

Figure A.1 – Definitions of impulse current parameters (typically T2 < 2 ms)



Позначення

T_{LONG}	тривалість
--Q_{LONG}	заряд довгого удару

Key

T_{LONG}	duration time
--Q_{LONG}	long stroke charge

Рисунок А.2 - Визначення параметрів струму довгого удару (зазвичай 2 мс < TLONG < 1 с)

Figure A.2 – Definitions of long duration stroke parameters (typically 2 ms <TLONG <1 s)

Подальша диференціація ударів визначається їхньою полярністю (позитивна чи негативна) та їхньої позиції під час спалаху (перший, подальший та накладений). Можливі компоненти показано на Рисунку А.3 для низобіжних спалахів, а на Рисунку А.4 - для верхобіжних спалахів.

Further differentiation of strokes comes from their polarity (positive or negative) and from their position during the flash (first, subsequent, and superimposed). The possible components are shown in Figure A.3 for downward flashes and in Figure A.4 for upward flashes.

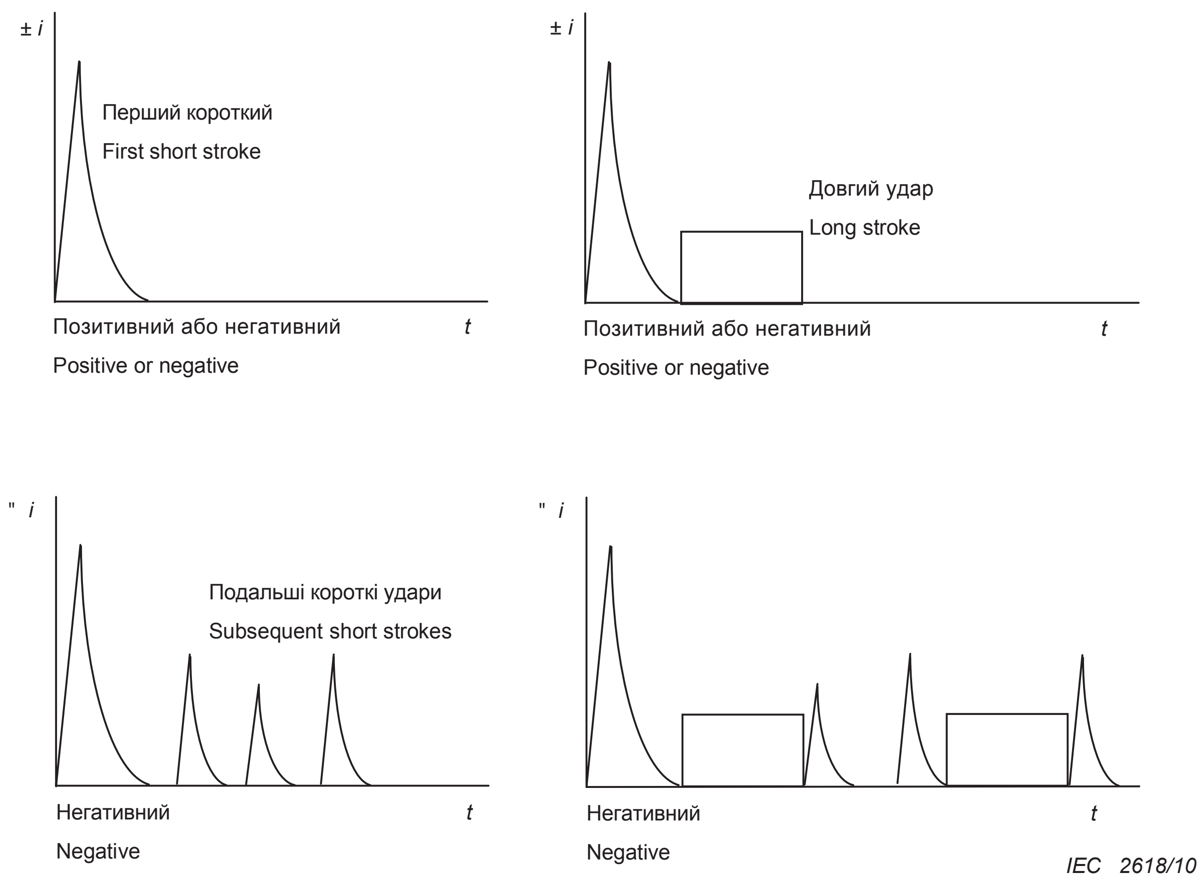


Рисунок А.3 – Можливі компоненти низобіжних спалахів (характерні для рівнинних місцевостей та невисоких будівель (споруд))

Figure A.3 – Possible components of downward flashes (typical in flat territory and to lower structures)

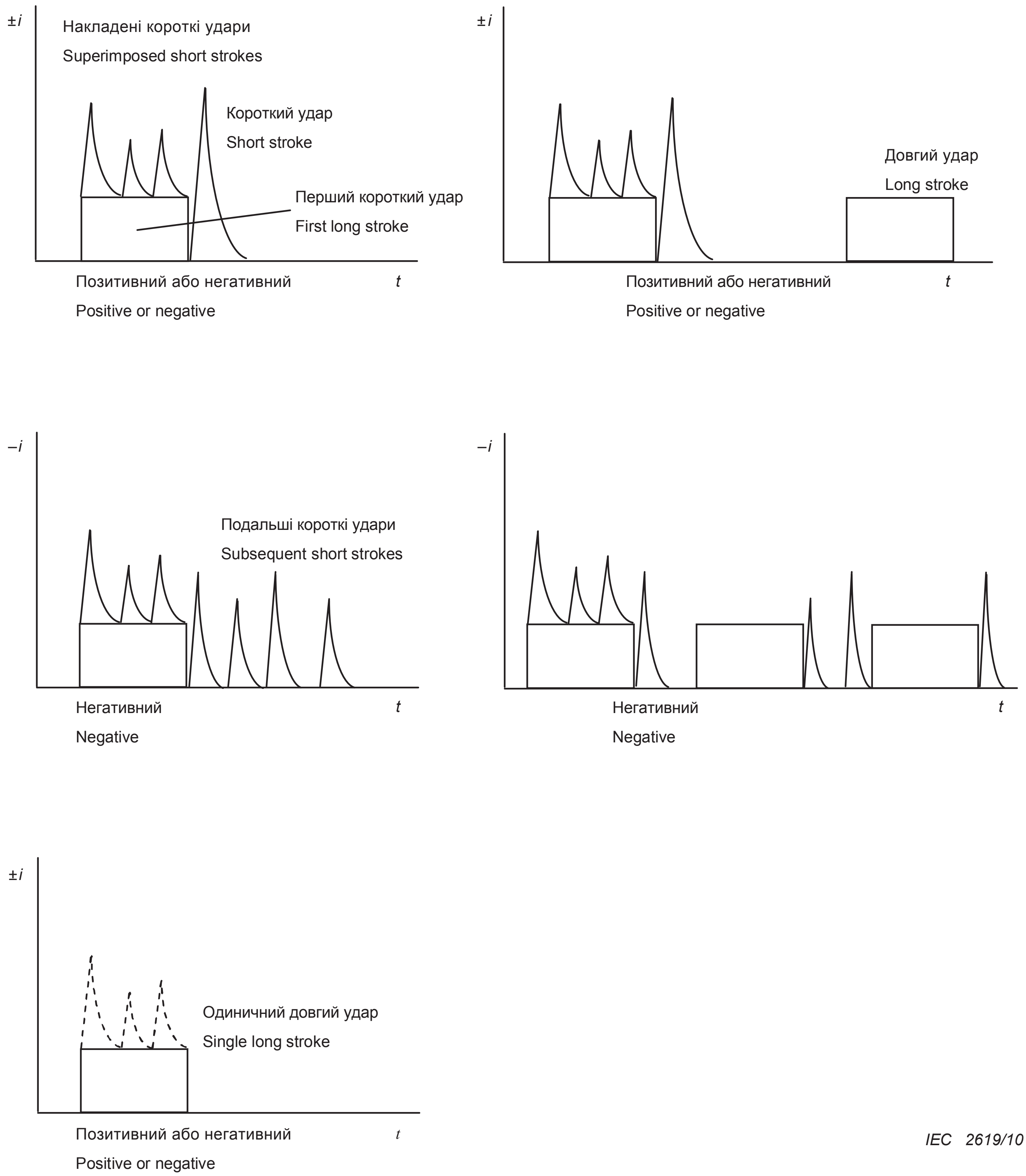


Рисунок А.4 - Можливі компоненти верхобіжних спалахів (характерні для будівель (споруд), що витикаються на місцевості або панують над оточенням)

Figure A.4 – Possible components of upward flashes (typical to exposed and/or higher structures)

Додатковим компонентом у верхобіжних спалахах є перший довгий удар з накладеними на нього, числом до десяти, коротких ударів або ж і без них. Але всі параметри імпульсу струму за верхобіжних спалахів є нижчими, ніж за низобіжних спалахів. Більший заряд довгого удару верхобіжного спалаху ще не є підтверджений. Тому параметри струму блискавки верхобіжного спалаху вважаються такими, що їх перевершують максимальні значення, які подано для низобіжних спалахів. Більш точне оцінювання параметрів струму блискавки та залежність їхньої величини від того, є це низобіжний чи верхобіжний спалах, є тепер у розгляді.

The additional component in upward flashes is the first long stroke with or without up to some ten superimposed impulses. But all impulse current parameters of upward flashes are less than those of downward flashes. A higher long stroke charge of upward flashes is not yet confirmed. Therefore the lightning current parameters of upward flashes are considered to be covered by the maximum values given for downward flashes. A more precise evaluation of lightning current parameters and their height dependency with regard to downward and upward flashes is under consideration.

A.2 Параметри струму блискавки

Параметри струму блискавки у цій частині IEC 62305 базуються на результатах Міжнародної ради з великих електричних систем (CIGRE), поданих у Таблиці А.1. Їхній статистичний розподіл може розглядатися як нормальний логарифмічний розподіл. Відповідне середнє значення μ та дисперсію σ_{log} подано у Таблиці А.2 та функцію розподілу показано на Рисунку А.5. На цій підставі може бути визначено імовірність появи будь-якого значення кожного параметру.

Передбачається співвідношення видів полярності у 10 % - позитивних та 90 % - негативних спалахів. Співвідношення видів полярності залежить від місцевості. За браком місцевої інформації, належить використовувати подане тут співвідношення.

Значення імовірності виникнення пікових значень струму блискавки, що перевищують ті, які перед цим розглядалися, повідомляється у Таблиці А.3.

A.2 Lightning current parameters

The lightning current parameters in this part of IEC 62305 are based on the results of the International Council on Large Electrical Systems (CIGRE) data given in Table A.1. Their statistical distribution can be assumed to have a logarithmic normal distribution. The corresponding mean value m and the dispersion σ_{log} are given in Table A.2 and the distribution function is shown in Figure A.5. On this basis, the probability of occurrence of any value of each parameter can be determined.

A polarity ratio of 10 % positive and 90 % negative flashes is assumed. The polarity ratio is a function of the territory. If no local information is available, the ratio given herein should be used.

The value of the probability of occurrence of lightning current peak values exceeding the previously considered is reported in Table A.3.

Таблиця А. 1 - Табульовані значення параметрів струму блискавки, які було взято з CIGRE (Electra № 41 або № 69) [3], [4]

Table A.1 – Tabulated values of lightning current parameters taken from CIGRE (Electra No. 41 or No. 69) [3], [4]

Параметр Parameter	Фіксовані значення для LPL I Fixed values for LPL I	Значення Values			Тип удару Type of stroke	Лінія на Рисунку А. 5 Line in Figure A.5
		95%	50%	5%		
I (кА)		4[a]	20[a]	90	Перший негативний короткий [b] First negative short[b]	1A + 1B
	50	4,9	11,8	28,6	Наступний негативний короткий [b] Subsequent negative short[b]	2
	200	4,6	35	250	Перший позитивний короткий (поодинчий) First positive short (single)	3
Q_{FLASH} (Кл) (C)		1,3	7,5	40	Негативний спалах Negative flash	4
	300	20	80	350	Позитивний спалах Positive flash	5
Q_{SHORT} (Кл) (C)		1,1	4,5	20	Перший негативний короткий First negative short	6
		0,22	0,95	4	Наступний негативний короткий Subsequent negative short	7
	100	2	16	150	Перший позитивний короткий (поодинчий) First positive short (single)	8
W/R (кДж/Ом) (kJ/Ω)		6	55	550	Перший негативний короткий First negative short	9
		0,55	6	52	Наступний негативний короткий Subsequent negative short	10
	10 000	25	650	15 000	Перший позитивний короткий First positive short	11
di/dt_{max} (кА/мкс) (kA/μs)		9,1	24,3	65	Перший негативний короткий [b] First negative short [b]	12
		9,9	39,9	161,5	Наступний негативний короткий [b] Subsequent negative short [b]	13
	20	0,2	2,4	32	Перший позитивний короткий First positive short	14
$di/dt_{30\%/90\%}$ (кА/мкс) (kA/μs)	200	4,1	20,1	98,5	Наступний негативний короткий [b] Subsequent negative short [b]	15
Q_{LONG} (Кл) (C)	200				Довгий Long	
T_{LONG} (с) (s)	0,5				Довгий Long	
Тривалість фронту (мкс) Front duration (μs)		1,8	5,5	18	Перший негативний короткий First negative short	
		0,22	1,1	200	Наступний негативний короткий Subsequent negative short	
		3,5	22	200	Перший позитивний короткий (поодинчий) First positive short (single)	

Таблиця А. 1 - Табульовані значення параметрів струму блискавки, які було взято з CIGRE (Electra № 41 або № 69) [3], [4]

Table A.1 – Tabulated values of lightning current parameters taken from CIGRE (Electra No. 41 or No. 69) [3], [4]

Параметр **Parameter**	**Фіксовані значення для LPL I** **Fixed values for LPL I**	**Значення** **Values**			**Тип удару** **Type of stroke**	**Лінія на Рисунку А. 5** **Line in Figure A.5**
		95%	50%	5%		
Тривалість удару (мкс) *Stroke duration (ms)*		30	75	200	Перший негативний короткий First negative short	
		6,5	32	140	Наступний негативний короткий Subsequent negative short	
		25	230	2 000	Перший позитивний короткий (поодинчий) First positive short (single)	
Інтервал часу (мс) *Time interval (ms)*		7	33	150	Багаторазові негативні удари Multiple negative strokes	
Загальна тривалість спалаху (мс) *Total flash duration (ms)*		0,15	13	1 100	Негативний спалах (всі) Negative flash (all)	
		31	180	900	Негативний короткий (без поодинчого) Negative flash (without single)	
		14	85	500	Позитивний спалах Positive flash	

[a] Значення *I* = 4 кА та *I* = 20 кА відповідають імовірності 98 % таі 80 %, відповідно.
The values of *I* = 4 kA and *I* = 20 kA correspond to a probability of 98 % and 80 %, respectively.

[b] Про параметри та відповідні значення повідомлено у Electra № 69.
Parameters and relevant values reported on Electra No. 69.

Таблиця А. 2 - Логарифмічний нормальний розподіл параметрів струму блискавки - Середнє арифметичне μ та дисперсія σ_{log}, обчислені для значень 95 % і 5 % від CIGRE (Electra № 41 або № 69) [3], [4]

Table A.2 – Logarithmic normal distribution of lightning current parameters – Mean μ and dispersion σ_{log} calculated from 95 % and 5 % values from CIGRE (Electra No. 41 or No. 69) [3], [4]

Параметр Parameter	Середнє μ Mean μ	Дисперсія[a] σ_{log} Dispersion[a] σ_{log}	Тип удару Type of stroke	Лінія на Рисунку А. 5 Line in Figure A.5
I (кА)	(61,1)	0,576	Перший негативний короткий (80 %)[b] First negative short (80 %)[b]	1A
	33,3	0,263	Перший негативний короткий (80 %)[b] First negative short (80 %)[b]	1B
	11,8	0,233	Наступний негативний короткий [b] Subsequent negative short[b]	2
	33,9	0,527	Перший позитивний короткий (поодинчий) First positive short (single)	3
Q_{FLASH} (Кл) (C)	7,21	0,452	Негативний спалах Negative flash	4
	83,7	0,378	Позитивний спалах Positive flash	5
Q_{SHORT} (Кл) (C)	4,69	0,383	Перший негативний короткий First negative short	6
	0,938	0,383	Наступний негативний короткий Subsequent negative short	7
	17,3	0,570	Перший позитивний короткий (поодинчий) First positive short (single)	8
W/R (кДж/Ом) (kJ/Ω)	57,4	0,596	Перший негативний короткий First negative short	9
	5,35	0,600	Наступний негативний короткий Subsequent negative short	10
	612	0,844	Перший позитивний короткий First positive short	11
di/dt_{max} (кА/мкс) (kA/μs)	24,3	0,260	Перший негативний короткий[b] First negative short[b]	12
	40,0	0,369	Наступний негативний короткий[b] Subsequent negative short[b]	13
	2,53	0,670	Перший позитивний короткий First positive short	14
$di/dt_{30\%/90\%}$ (кА/мкс) (kA/μs)	20,1	0,420	Наступний негативний короткий[b] Subsequent negative short[b]	15
Q_{LONG} (Кл) (C)	200		Довгий Long	
T_{LONG} (с) (s)	0,5		Довгий Long	

Таблиця А. 2 - Логарифмічний нормальний розподіл параметрів струму блискавки - Середнє арифметичне μ та дисперсія σ_{log}, обчислені для значень 95 % й 5 % від CIGRE (Electra № 41 або № 69) [3], [4]

Table A.2 – Logarithmic normal distribution of lightning current parameters – Mean μ and dispersion σ_{log} calculated from 95 % and 5 % values from CIGRE (Electra No. 41 or No. 69) [3], [4]

Параметр Parameter	Середнє μ Mean μ	Дисперсія[a] σ_{log} Dispersion[a] σ_{log}	Тип удару Type of stroke	Лінія на Рисунку А. 5 Line in Figure A.5
Тривалість фронту (мкс) Front duration (μs)	5,69	0,304	Перший негативний короткий First negative short	
	0,995	0,398	Наступний негативний короткий Subsequent negative short	
	26,5	0,534	Перший позитивний короткий (поодинчий) First positive short (single)	
Тривалість удару (мкс) *Stroke duration (ms)*	77,5	0,250	Перший негативний короткий First negative short	
	30,2	0,405	Наступний негативний короткий Subsequent negative short	
	224	0,578	Перший позитивний короткий (поодинчий) First positive short (single)	
Інтервал часу (мс) *Time interval (ms)*	32,4	0,405	Багаторазові негативні удари Multiple negative strokes	
Загальна тривалість спалаху (мс) *Total flash duration (ms)*	12,8	1,175	Негативний спалах (всі) Negative flash (all)	
	167	0,445	Негативний короткий (без поодинчого) Negative flash (without single)	
	83,7	0,472	Позитивний спалах Positive flash	

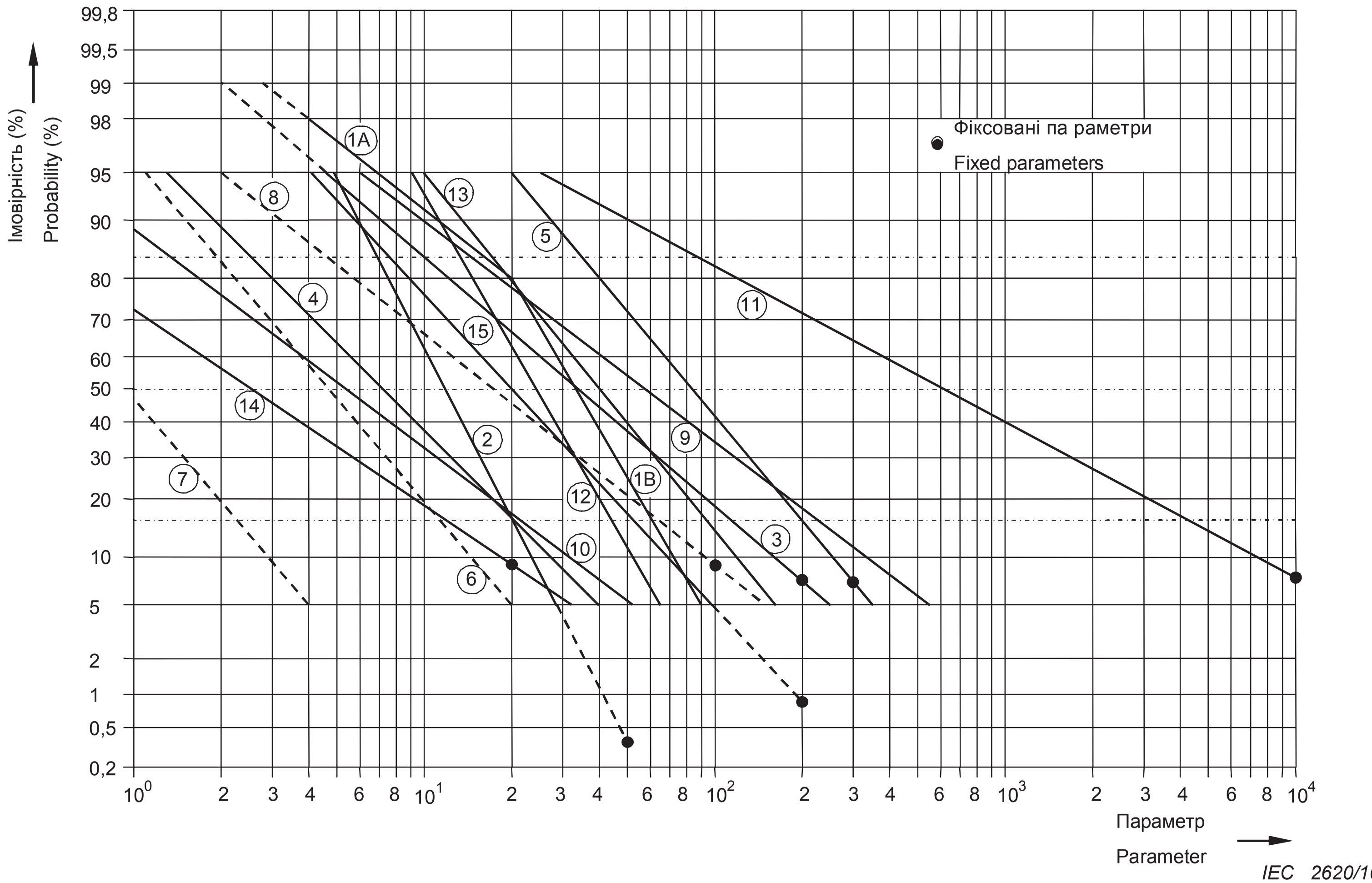
a *$\sigma_{log} = \log(X_{16\%}) - \log(X_{50\%})$ де X є значенням параметру.*
$\sigma_{log} = \log(X_{16\%}) - \log(X_{50\%})$ where X is the value of parameter.

b *Параметри й відповідні значення подано у Electra № 69.*
Parameters and relevant values reported on Electra No. 69.

Таблиця А.3 - Значення імовірності P як функції струму блискавки *I*

Table A.3 – Values of probability P as function of the lightning current *I*

I *(kA)*	***P***
0	1
3	0,99
5	0,95
10	0,9
20	0,8
30	0,6
35	0,5
40	0,4
50	0,3
60	0,2
80	0,1
100	0,05
150	0,02
200	0,01
300	0,005
400	0,002
600	0,001



ПРИМІТКА *Цифрові значення графіків дивись у Таблицях А.1 та А.2.*

NOTE *For numbering of curves see Tables A.1 and A.2.*

Рисунок А.5 - Кумулятивний розподіл частот параметрів струму блискавки (лінії для значень 95 % та 5 %)

Figure A.5 – Cumulative frequency distribution of lightning current parameters (lines through 95 % and 5 % value)

Усі значення, які закріплено за LPL, зазначеними у цьому стандарті, стосуються як низобіжних, так і верхобіжних спалахів.

All values fixed for LPL given in this standard relate to both downward and upward flashes.

ПРИМІТКА Значення параметрів блискавки зазвичай почерпнуто з вимірювань, які виконувалися на високих об'єктах. Статистичний розподіл, за грубого оцінювання тих пікових значень струму блискавки, які не відносяться до високих об'єктів, почерпнуто також з систем локації блискавок.

NOTE The value of lightning parameters is usually obtained from measurement taken on tall structures. Statistical distribution of roughly estimated lightning current peak values that does not consider the effect of tall structures is also available from lightning location systems.

A.3 Закріплення максимальних параметрів струму блискавки для LPL I

A.3 Fixing the maximum lightning current parameters for LPL I

A.3.1 Позитивний імпульс

A.3.1 Positive impulse

Механічна дія блискавки пов'язана з піковими значеннями струму (I) та з питомою енергією (W/R). Термічна дія пов'язана з питомою енергією (W/R), коли має місце резистивне зчеплення, та з зарядом (Q), якщо в установці виникає дуга. Перенапруги й небезпечні іскріння, спричинені індуктивним зчепленням, пов'язані з середньою крутістю (di/dt) фронту струму блискавки.

The mechanical effects of lightning are related to the peak value of the current (I), and to the specific energy (W/R). The thermal effects are related to the specific energy (W/R) when resistive coupling is involved and to the charge (Q) when arcs develop to the installation. Overvoltages and dangerous sparking caused by inductive coupling are related to the average steepness (di/dt) of the lightning current front.

Кожен з окремих параметрів ($I, Q, W/R, di/dt$) домінує, зазвичай, у кожному з механізмів пошкодження. Це належить брати до уваги, розробляючи методики випробувань.

Each of the single parameters ($I, Q, W/R, di/dt$) tend to dominate each failure mechanism. This shall be taken into account in establishing test procedures.

A.3.2 Позитивний імпульс і довгий удар

A.3.2 Positive impulse and long stroke

Значення I, Q та W/R, пов'язані з механічними та термічними діями, визначено для позитивних спалахів (оскільки 10 % значень є набагато вищими за відповідний 1 % значень негативних спалахів). З Рисунку A.5 (графіки 3, 5, 8, 11 та 14), за імовірності до 10 %, може бути взято такі значення:

I = 200 кА

Q_{FLASH} = 300 Кл

Q_{SHORT} = 100 Кл

W/R = 10 МДж/Ом

di/dt = 20 кА/мкс

The values of I, Q and W/R related to mechanical and thermal effects are determined from positive flashes (because their 10 % values are much higher than the corresponding 1 % values of the negative flashes). From Figure A.5 (lines 3, 5, 8, 11 and 14) the following values with probabilities below 10 % can be taken:

I = 200 kA

Q_{FLASH} = 300 C

Q_{SHORT} = 100 C

W/R = 10 MJ/Ω

di/dt = 20 kA/μs

Для першого короткого імпульсу, відповідно до Рисунку A.1, ці значення дають першу апроксимацію для тривалості фронту:

For a first positive impulse according to Figure A.1, these values give a first approximation for the front time:

$$T_1 = I / (di/dt) = 10\ \mu s$$

(T_1 не становить значного інтересу)

(T_1 is of minor interest)

Для експоненціально згасного удару є придатною така

For an exponentially decaying stroke, the following for-формула для апроксимації заряду та енергетичних величин ($T_1 << T_2$):

mulae for approximate charge and energy values apply ($T_1 << T_2$):

$$Q_{SHORT} = (1/0,7) \times I \times T_2$$

$$W/R = (1/2) \times (1/0,7) \times I^2 \times T_2$$

Ці формули, разом зі значеннями, наведеними вище, приводять до першої апроксимації для часу до половинного значення:

These formulae, together with the values given above, lead to a first approximation for the time to half value:

$$T_2 = 350 \text{ мкс } (\mu s)$$

Для довгого удару його заряд може бути приблизно розрахований як:

For the long stroke, its charge can be approximately calculated from:

$$Q_{LONG} = Q_{FLASH} - Q_{SHORT} = 200 \text{ Кл } (C)$$

Його тривалість, відповідно до Рисунку А.2, може бути оцінено, виходячи з даних Таблиці А.1,як:

Its duration time, according to Figure A.2, may be estimated from data in Table A.1 as:

$$T_{LONG} = 0,5 \text{ с } (s)$$

А.3.3 Перший негативний імпульс

A.3.3 First negative impulse

Для деяких дій, пов'язаних з індуктивним зчепленням, перший негативний імпульс призводить до більших індукованих напруг, приміром, для кабелів у лотках із залізобетону. З Рисунку А.5 (графіки 1 та 12) може бути взято такі значення з ймовірностями, нижчими за 1%:

For some inductive coupling effects, the first negative impulse leads to the highest induced voltages, e.g. for cables within cable ducts made of reinforced concrete. From Figure A.5 (lines 1 and 12) the following values with probabilities below 1 % can be taken:

$$I = 100 \text{ kA}$$

$$di/dt = 100 \text{ kA}/\mu s$$

Для першого негативного імпульсу відповідно до Рисунку А.1 ці значення дають першу апроксимацію для тривалості його фронту:

For a first negative impulse according to Figure A.1 these values give a first approximation for its front time of:

$$T_1 = I / (di/dt) = 1,0 \ \mu s$$

Його час до половинного значення може бути оцінений, виходячи з тривалості першого негативного імпульсу:

Its time to half value may be estimated from the stroke duration of first negative impulses:

$$T_2 = 200 \ \mu s$$

($T2$ не становить значного інтересу)

(T_2 is of minor interest).

А.3.4 Наступний імпульс

A.3.4 Subsequent impulse

Максимальне значення середньої крутості di/dt, пов'язане з небезпечним іскрінням, спричиненим індуктивним зчепленням, визначається для наступних імпульсів негативних спалахів (оскільки їхній 1% значень є трохи вищим, ніж 1% значень для перших негативних ударів або відповідних 10% значень

The maximum value of average steepness di/dt related to the dangerous sparking caused by inductive coupling is determined from subsequent impulses of negative flashes (because their 1 % values are somewhat higher than the 1 % values from first negative strokes or the corresponding 10 % values of the positive flashes). From позитивних спалахів). З Рисунку А.5 (графіки 2 та 15) може бути отримано такі значення з ймовірностями, нижчими за 1%:

Figure A.5 (lines 2 and 15) the following values with probabilities below 1 % can be taken:

$$I = 50\ кА$$

$$di/dt = 200\ кА/мкс\ (kA/\mu s)$$

Для першого імпульсу відповідно до Рисунку А.1 ці значення дають першу апроксимацію для тривалості його фронту:

For a subsequent impulse according to Figure A.1 these values give a first approximation for its front time of:

$$T_1 = I / (di/dt) = 0{,}25\ мкс\ (\mu s)$$

Його час до половинного значення може бути оцінений, виходячи з тривалості наступних негативних імпульсів:

Its time to half value may be estimated from the stroke duration of negative subsequent impulses:

$$T_2 = 100\ мкс\ (\mu s)$$

(T_2 не становить значного інтересу)

(T_2 is of minor interest).

А.4 Закріплення мінімальних параметрів струму блискавки

A.4 Fixing the minimum lightning current parameters

Ефективність системи перехоплення залежить від мінімальних параметрів струму блискавки та відповідних значень радіуса сфери, що котиться. Геометричні межі зон, які є захищеними від прямих спалахів блискавки, може бути визначено з використанням методу сфери, що котиться.

The interception efficiency of an air-termination system depends on the minimum lightning current parameters and on the related rolling sphere radius. The geometrical boundary of areas which are protected against direct lightning flashes can be determined using the rolling sphere method.

Відповідно до електро-геометричної моделі, радіус r сфери, що котиться (відстань останнього стрибка) є пов'язаним з піковим значенням струму першого імпульсу. У звіті[5] робочої групи IEEE (Інститут інженерів з електротехніки та радіоелектроніки*) наводиться таке співвідношення:

Following the electro-geometric model, the rolling sphere radius r (final jump distance) is correlated with the peak value of the first impulse current. In an IEEE working group report[5], the relation is given as

$$r = 10\ x \cdot I^{0,65} \qquad (A.1)$$

де

where

r радіус сфери, що котиться (м);

I піковий струм (кА)

r is the rolling sphere radius (m);

I is the peak current (kA).

Для конкретного радіусу r сфери, що котиться може бути прийнято, що усі спалахи з піковими значеннями вищими за відповідне пікове значення I, будуть перехоплені природними або спеціялізованими перехоплювачами. Тому імовірність пікових значень негативних і позитивних перших ударів з Рисунку А.5 (графіки 1А та 3) приймається як імовірність перехоплення. Беручи до уваги співвідношення полярності у 10 % для позитивних та 90 % для негативних спалахів, можна розрахувати повну імовірність перехоплення (дивись Таблицю 5).

For a given rolling sphere radius r it can be assumed that all flashes with peak values higher than the corresponding minimum peak value I will be intercepted by natural or dedicated air terminations. Therefore, the probability for the peak values of negative and positive first strokes from Figure A.5 (lines 1A and 3) is assumed to be the interception probability. Taking into account the polarity ratio of 10 % positive and 90 % negative flashes, the total interception probability can be calculated (see Table 5).

*Національна примітка

Додаток В
(інформативний)

Часові функції струму блискавки для цілей аналізу

Форма хвиль струму:

- першого позитивного імпульсу 10/350 мкс;
- першого негативного імпульсу 1/200 мкс;
- наступних негативних імпульсів 0,25/100 мкс

можуть бути визначені як:

Annex B
(informative)

Time functions of the lightning current for analysis purposes

The current shapes of

– the first positive impulse 10/350 μs,
– the first negative impulse 1/200 μs,
– the subsequent negative impulses 0,25/100 μs,

may be defined as:

$$i = \frac{I}{k} \times \frac{(t/T_1)^{10}}{1+(t/T_1)^{10}} \times \exp(-t/T_2) \qquad (B.1)$$

де:

I пікове значення струму;

k поправочний коефіцієнт пікового струму;

t час;

T_1 стала часу фронту;

T_2 стала часу спаду.

where

I is the peak current;

k is the correction factor for the peak current;

t is the time;

T_1 is the front time constant;

T_2 is the tail time constant.

Для форми хвилі першого позитивного імпульсу, першого негативного імпульсу та наступних негативних імпульсів для різних LPL є прийнятними параметри, подані у Таблиці В.1. Аналітичні криві, як функції часу, показано на Рисунках від В.1 до В.6.

For the current shapes of the first positive impulse, the first negative impulse and the subsequent negative impulses for different LPL, the parameters given in Table B.1 apply. The analytic curves as function of time are shown in Figures B.1 to B.6.

Таблиця В.1 - Параметри для рівняння (В.1)

Table B.1 – Parameters for Equation (B.1)

Параметр Parameter	**Перший позитивний імпульс First positive impulse**			**Перший негативний імпульс First negative impulse**			**Наступні негативні імпульси Subsequent negative impulse**		
	LPL			LPL			LPL		
	I	II	III - IV	I	II	III - IV	I	II	III - IV
I *(кА)*	200	150	100	100	75	50	50	37,5	25
k	0,93	0,93	0,93	0,986	0,986	0,986	0,993	0,993	0,993
T1 (мкс) (μs)	19	19	19	1,82	1,82	1,82	0,454	0,454	0,454
T2 (мкс) (μs)	485	485	485	285	285	285	143	143	143

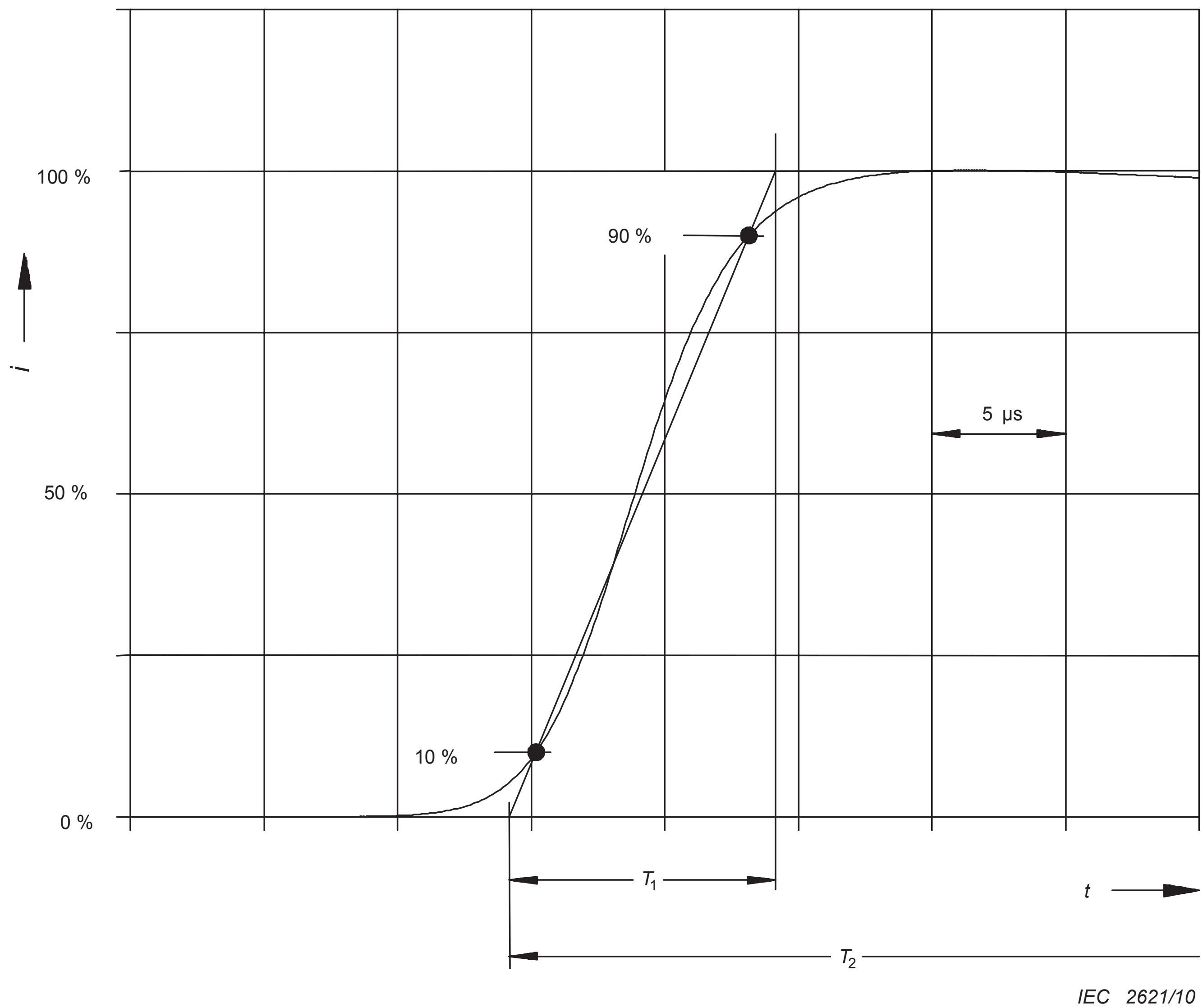


Рисунок B.1 – Форма фронту хвилі струму першого позитивного імпульсу

Figure B.1 – Shape of the current rise of the first positive impulse

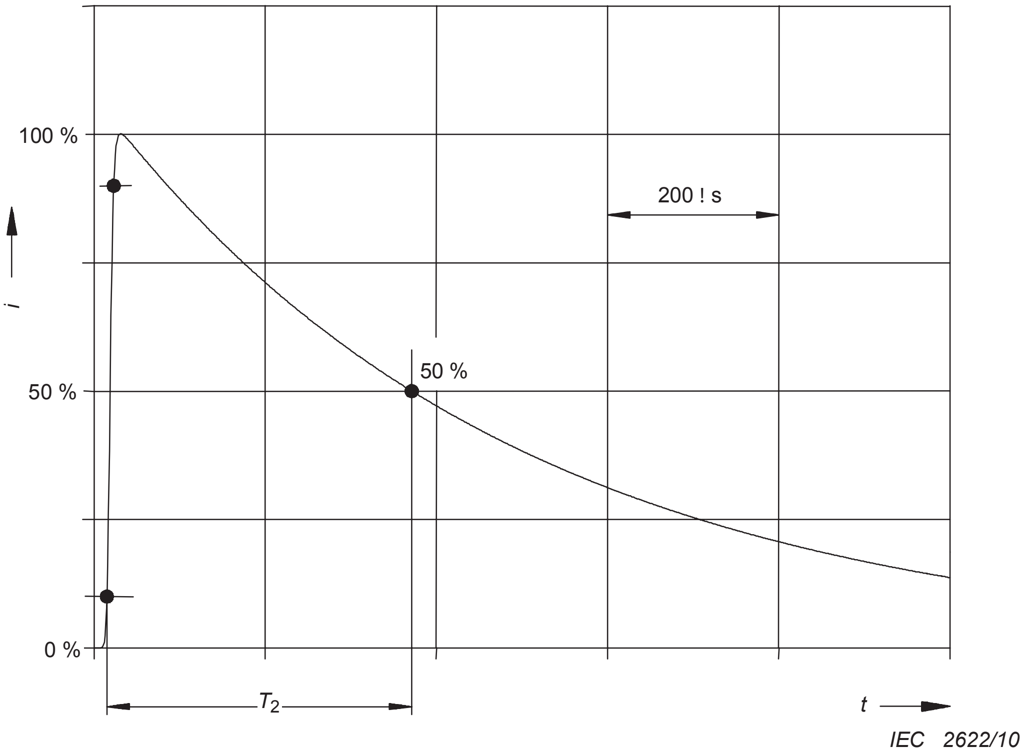


Рисунок B.2 – Форма спаду хвилі струму першого позитивного імпульсу

Figure B.2 – Shape of the current tail of the first positive impulse

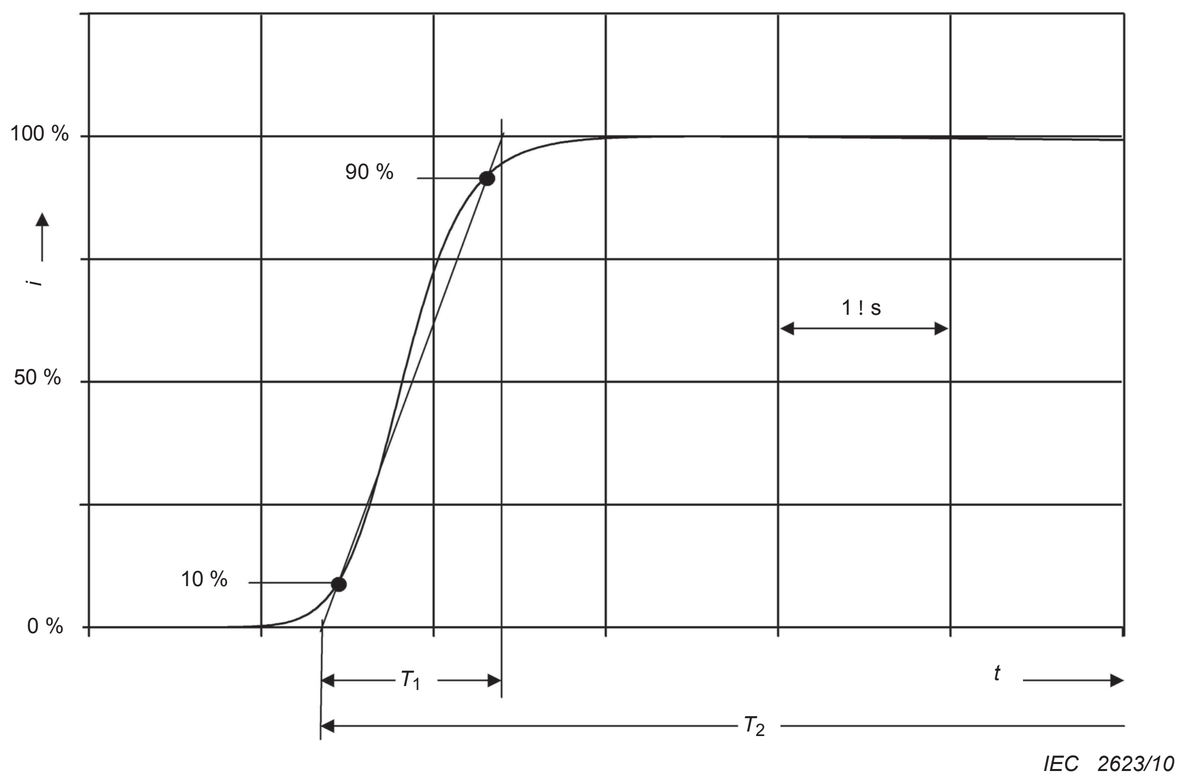


Рисунок B.3 – Форма фронту хвилі струму першого негативного імпульсу

Figure B.3 – Shape of the current rise of the first negative impulse

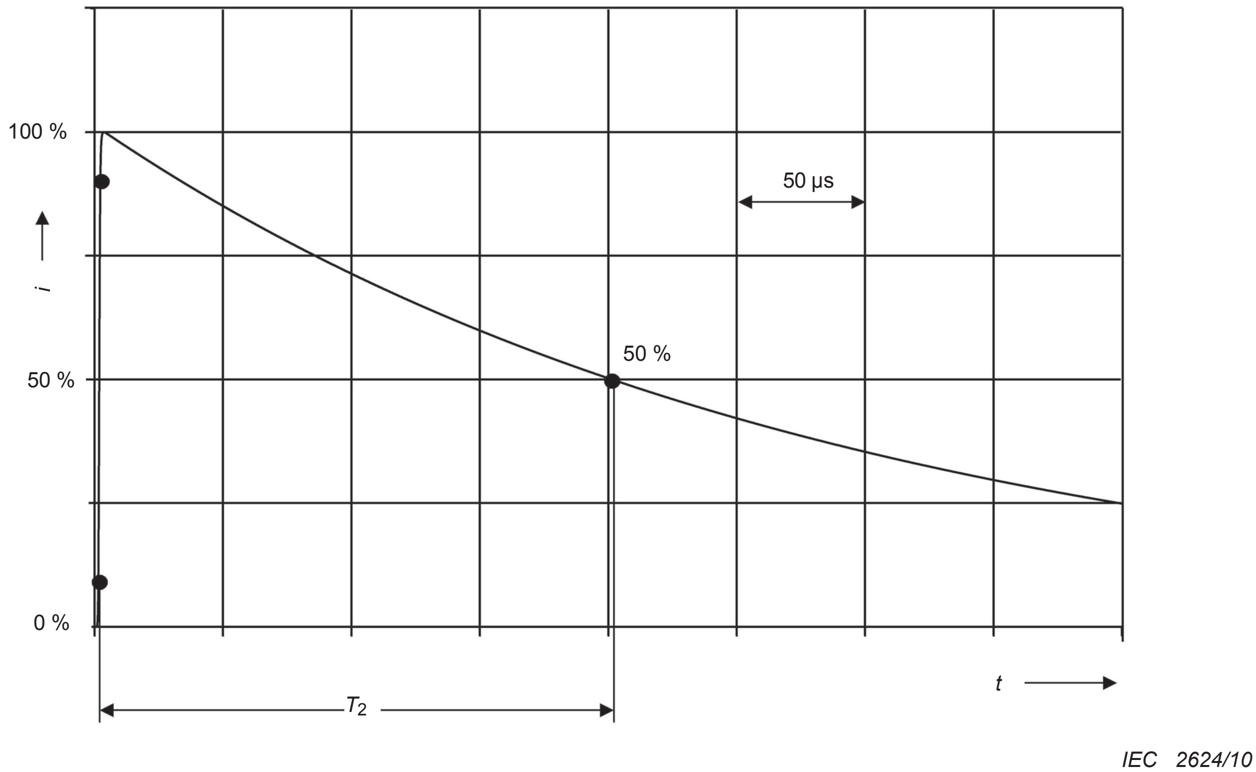


Рисунок B.4 – Форма спаду хвилі струму першого негативного імпульсу

Figure B.4 – Shape of the current tail of the first negative impulse

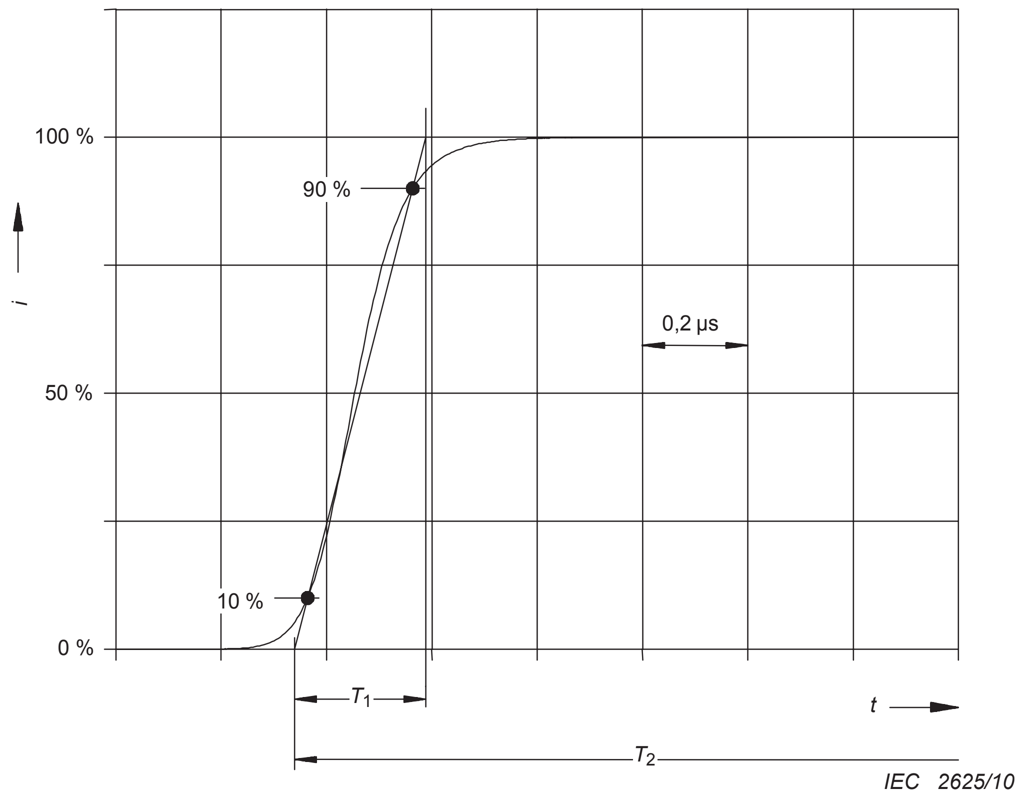


Рисунок B.5 – Форма фронту хвилі струму наступних негативних імпульсів

Figure B.5 – Shape of the current rise of the subsequent negative impulses

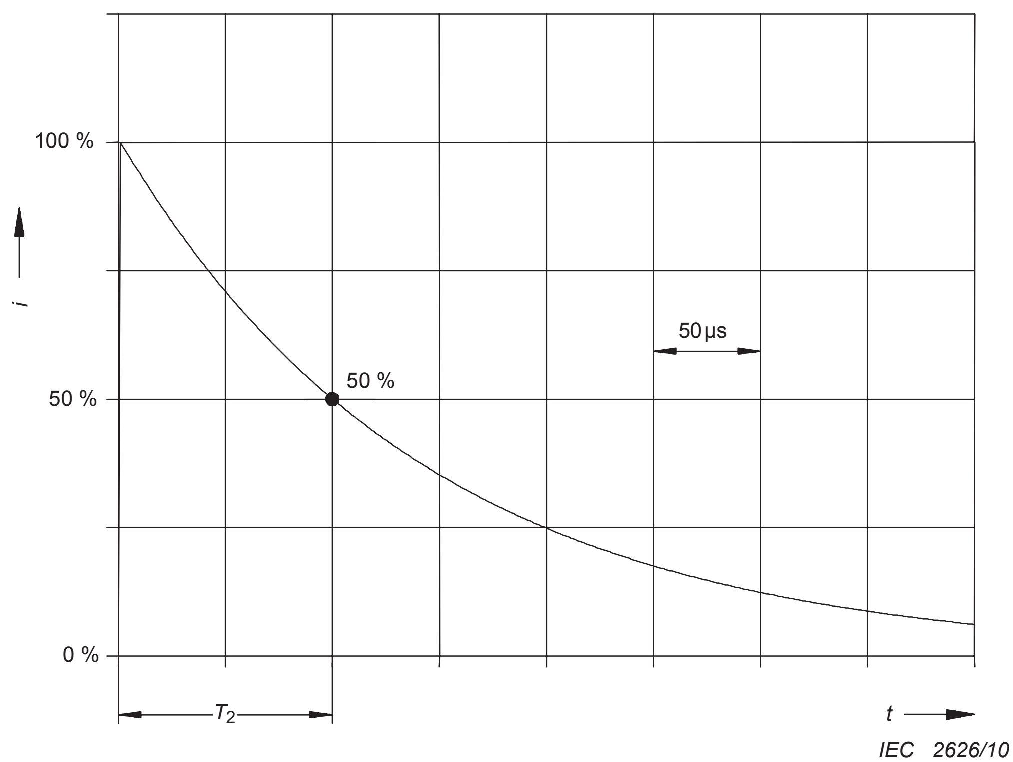


Рисунок B.6 – Форма спаду хвилі струму наступних негативних імпульсів

Figure B.6 – Shape of the current tail of the subsequent negative impulses

Довгий удар може бути описаний прямокутною формою хвилі із середнім струмом I та тривалістю TLONG відповідно до Таблиці 3.

The long stroke can be described by a rectangular wave-shape with an average current I and a duration TLONG according to Table 3.

З аналітичних кривих у функції часу може бути отримано щільність амплітуд струму блискавки (Рисунок В.7).

From the analytic curves as function of time, the amplitude density of the lightning current (Figure B.7) can be derived.

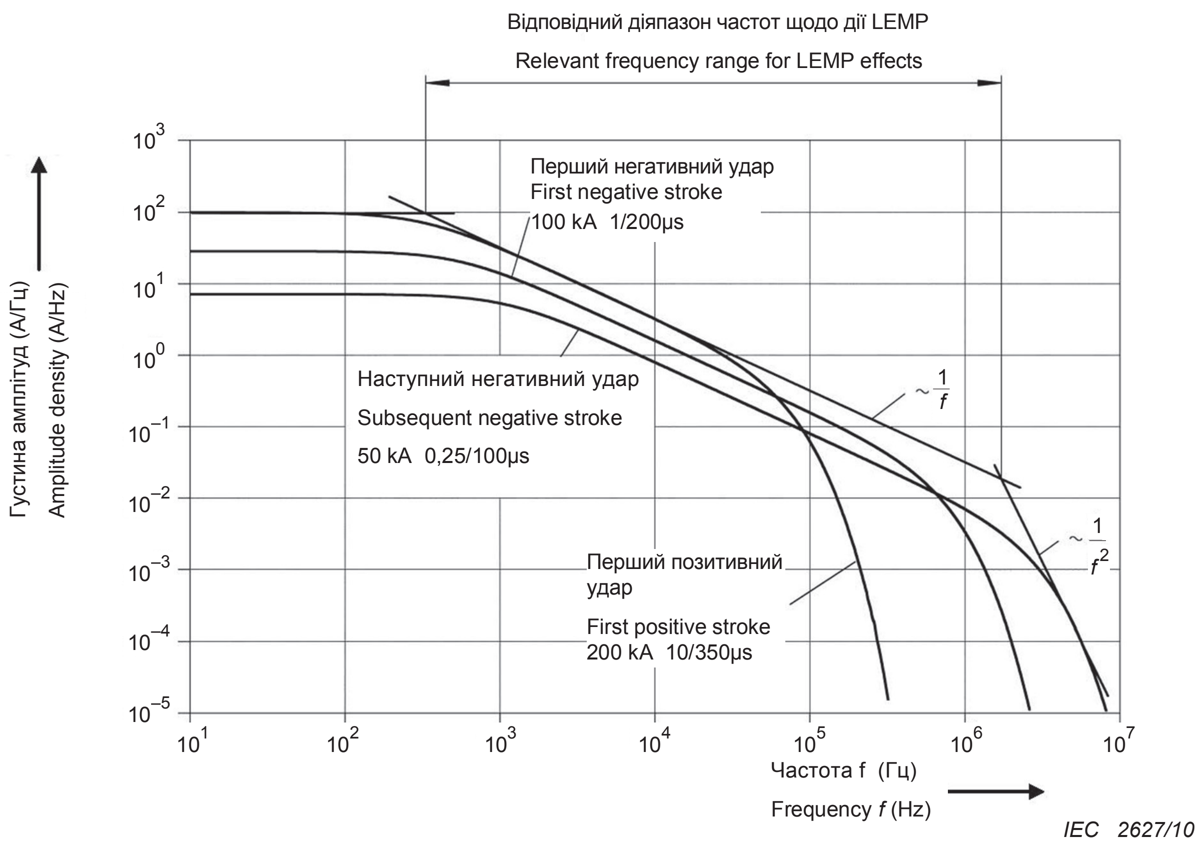


Рисунок В.7 – Щільність амплітуд струму блискавки, що відповідає LPL I

Figure B.7 – Amplitude density of the lightning current according to LPL I

Додаток С
(інформативний)

Моделювання струму блискавки для цілей тестування

C.1 Загальні положення

Якщо відбувається удар блискавки у будівлю (споруду), струм блискавки розподіляється всередині будівлі (споруди). При тестуванні окремих компонентів засобів захисту це має бути взято до уваги для вибору відповідних тестових параметрів для кожного компоненту. Для цього належить виконати системний аналіз.

C.2 Моделювання питомої енергії першого короткого удару та заряду довгого удару

Тестові параметри визначаються у Таблицях С.1 та С.2, а приклад генератора для випробувань показано на Рисунку С.1. Цей генератор може бути використаний для моделювання питомої енергії першого короткого удару у поєднанні із зарядом довгого удару.

Тести можуть використовуватися для оцінювання механічної цілісності, відсутності явищ неприйнятного нагрівання та топлення.

Тестові параметри, що відповідають моделюванню першого позитивного удару (піковий струм I, питома енергія W/R, та заряд Q_{SHORT}), подано у Таблиці С. 1. Ці параметри має бути отримано у одному й тому самому імпульсі. Цього можна досягти у експоненціяльно спадному струмі із T_2 близько 350 мкс.

Тестові параметри, що відповідають моделюванню довгого удару (заряд Q_{LONG}. й тривалість T_{LONG}), подано у Таблиці С.2.

Залежно від мети тестування й очікуваних механізмів ушкодження, випробування для першого позитивного імпульсу або довгого удару можуть застосовуватися окремо або у поєднаному випробуванні, де довгий удар йде безпосередньо за першим імпульсом. Випробування щодо топлення дугою належить виконувати з використанням обох видів полярності.

ПРИМІТКА Перший негативний імпульс для цілей тестування не використовується

Annex C
(informative)

Simulation of the lightning current for test purposes

C.1 General

If a structure is struck by lightning, the lightning current is distributed within the structure. When testing individual protection measure components, this must be taken into account by choosing appropriate test parameters for each component. To this end, a system analysis has to be performed.

C.2 Simulation of the specific energy of the first positive impulse and the charge of the long stroke

Test parameters are defined in Tables C.1 and C.2 and an example test generator is shown in Figure C.1. This generator may be used to simulate the specific energy of the first positive impulse combined with the charge of the long stroke.

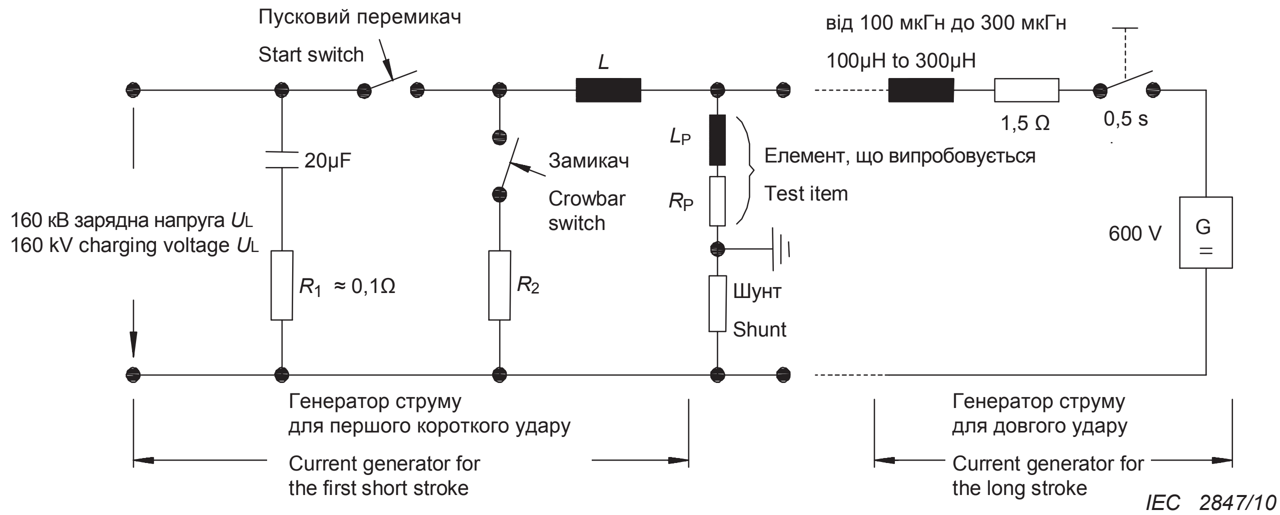
The tests may be used to assess mechanical integrity, freedom from adverse heating and melting effects.

The test parameters relevant for simulation of the first positive impulse (peak current I, the specific energy W/R, and the charge Q_{SHORT}) are given in Table C.1. These parameters should be obtained in the same impulse. This can be achieved by an approximately exponentially decaying current with T_2 in the range of 350 µs.

The test parameters relevant for the simulation of the long stroke (charge Q_{LONG} and duration T_{LONG}) are given in Table C.2.

Depending on the test item and the expected damage mechanisms, the tests for the first positive impulse or the long stroke can be applied singly or as a combined test, where the long stroke follows the first impulse immediately. Tests for arc melting should be performed using both polarities.

NOTE The first negative impulse is not to be used for test purposes.



ПРИМІТКА Значення, застосовні до LPL I

NOTE The values apply to LPL I.

Рисунок C.1 - Приклад тестового генератора для моделювання питомої енергії першого позитивного імпульсу й заряду довгого удару

Figure C.1 – Example test generator for the simulation of the specific energy of the first positive impulse and the charge of the long stroke

Таблиця C.1 - Тестові параметри першого позитивного імпульсу

Table C.1 – Test parameters of the first positive impulse

Тестові параметри **Test parameters**		**LPL**			**Допустиме відхилення** **Tolerance** **%**
		I	II	III - IV	
Піковий струм I *Peak current I*	*(кА)* *(kA)*	200	150	100	± 10
Заряд Q_{SHORT} *Charge* Q_{SHORT}	*(Кл)* *(C)*	100	75	50	± 20
Питома енергія *W/R* Specific energy *W/R*	(МДж/Ом) (MJ/Ω)	10	5,6	2,5	± 35

Таблиця C.2 - Тестові параметри довгого удару

Table C.2 – Test parameters of the long stroke

Тестові параметри **Test parameters**		**LPL**			**Допустиме відхилення** **Tolerance** **%**
		I	II	III - IV	
Заряд Q_{LONG} *Charge* Q_{LONG}	*(Кл)* *(C)*	200	150	100	± 20
Тривалість T_{LONG} Duration T_{LONG}	*(с)* *(s)*	0,5	0,5	0,5	± 10

C.3 Моделювання крутості фронту струму імпульсів

Крутість струму визначає індуковану магнетним полем напругу у петлях, встановлених біля провідників, які несуть струми блискавки.

Крутість струму короткого удару визначається як приріст струму Δi протягом часу зростання Δt (Рисунок С.2). Тестові параметри, які відповідають моделюванню крутості цього струму, подано у Таблиці С.3.

Приклади тестових генераторів показані на Рисунку С.3 та С.4 (їх може бути застосовано для моделювання крутості фронту струму блискавки, пов'язаного із прямим ударом блискавки). Моделювання може провадитися для першого позитивного імпульсу та наступного негативного імпульсу.

ПРИМІТКА Це моделювання охоплює крутості фронту струму імпульсів. Спад струму не чинить впливу на цей вид моделювання.

Моделювання відповідно до пункту С.3 може застосовуватися незалежно або у комбінації з моделюванням відповідно до пункту С.2.

Додаткові відомості щодо тестових параметрів моделювання впливів блискавки на компоненти LPS дивись у Додатку D.

C.3 Simulation of the front current steepness of the impulses

The steepness of the current determines the magnetically induced voltages in loops installed near conductors carrying lightning currents.

The current steepness of an impulse is defined as the rise of the current Δi during rise time Δt (Figure C.2). The test parameters relevant for the simulation of this current steepness are given in Table C.3.

Example test generators are shown in Figures C.3 and C.4, (these may be used to simulate the front steepness of a lightning current associated with a direct lightning strike). The simulation can be carried out for a first positive impulse and a subsequent negative impulse.

NOTE This simulation covers the front current steepness of impulses. The tail of the current has no influence on this kind of simulation.

The simulation according to Clause C.3 may be applied independently or in combination with the simulation according to Clause C.2.

For further information on test parameters simulating the effects of lightning on LPS components, see Annex D.

Таблиця С.3 - Тестові параметри імпульсів

Table C.3 – Test parameters of the impulses

Тестові параметри **Test parameters**		**LPL**			**Допустиме відхилення** **Tolerance** **%**
		I	II	III - IV	
Перший позитивний імпульс *First positive impulse*					
Δi	*(кА)*	200	150	100	± 10
Δt	*(мкс)(μs)*	10	10	10	± 20
Перший позитивний імпульс *First positive impulse*					
Δi	*(кА)*	50	37,5	25	± 10
Δt	*(мкс)(μs*	0,25	0,25	0,25	± 20

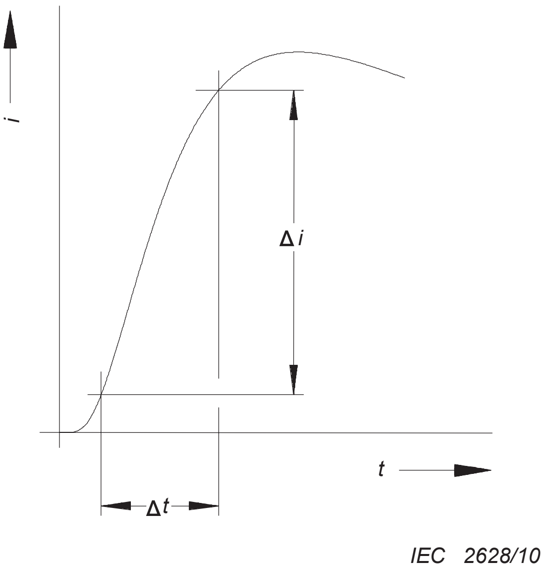
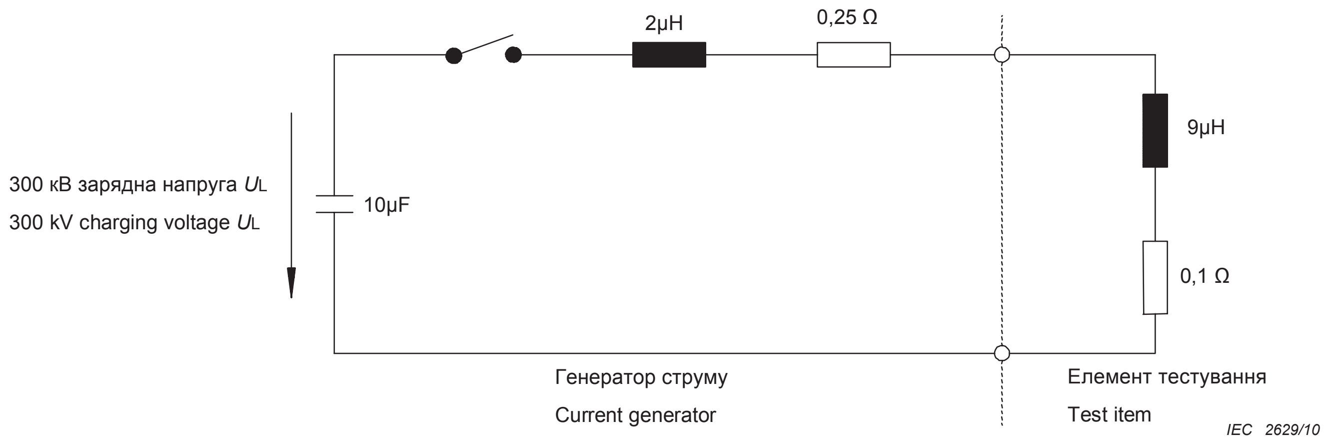


Рисунок C.2 - Визначення крутості струму відповідно до Таблиці С.3

Figure C.2 – Definition of the current steepness in accordance with Table C.3

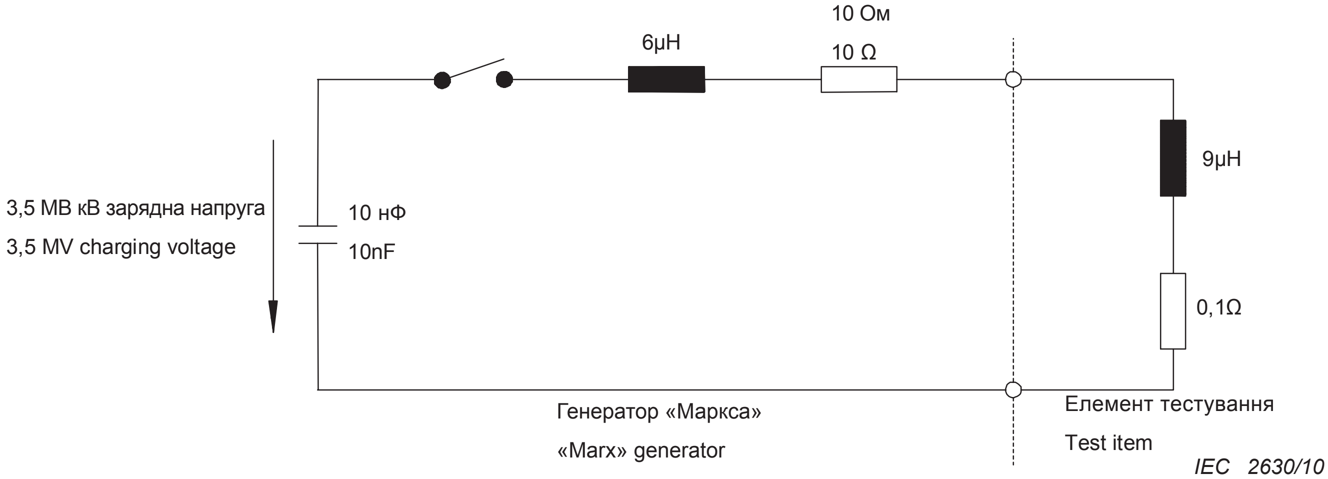


ПРИМІТКА Значення, застосовні до LPL I

NOTE The values apply to LPL I.

Рисунок C.3 - Приклад тестового генератора для моделювання крутості фронту першого позитивного імпульсу для великих елементів тестування

Figure C.3 – Example test generator for the simulation of the front steepness of the first positive impulse for large test items



ПРИМІТКА Значення, застосовні до LPL I

NOTE The values apply to LPL I.

Рисунок С.4 - Приклад тестового генератора для моделювання крутості фронту наступних негативних імпульсів для великих елементів тестування

Figure C.4 – Example test generator for the simulation of the front steepness of the subsequent negative impulses for large test items

Додаток D
(інформативний)

Тестові параметри для моделювання впливу блискавки на компоненти LPS

D.1 Загальні відомості

У додатку D подано базові параметри, які може бути застосовано в лабораторії для моделювання впливів блискавки. Цей додаток охоплює усі компоненти LPS, що піддаються впливу усіх або більшої частини струму блискавки, та може використовуватися разом із стандартами, що встановлюють вимоги й тести для кожного конкретного компоненту.

ПРИМІТКА Параметри, що відповідають системним аспектам (приміром, для координування пристроїв захисту від перенапруг), не розглядаються у цьому додатку.

D.2 Параметри струму, які відповідають точці удару

До параметрів струму блискавки, які відіграють роль у фізичній цілісності LPS, належать піковий струм *I*, заряд *Q*, питома енергія *W/R*, тривалість *T* та середня крутість струму *di/dt*. Кожен параметр має тенденцію домінувати у різних механізмах пошкоджень, як докладно аналізується нижче. Параметри струму, які враховуються при тестуванні, є комбінаціями цих значень, добраних для відображення у лабораторії фактичного механізму відмови частини LPS, яка випробовується. Критерії вибору визначальних величин подано у пункті D.5.

У таблиці D.1 записано максимальні значення *I, Q, W/R, T* та *di/dt*, що добираються при тестуванні залежно від необхідного рівня захисту.

Annex D
(informative)

Test parameters simulating the effects of lightning on LPS components

D.1 General

Annex D gives the basic parameters that may be used in a laboratory to simulate the effects of lightning. This annex covers all the components of an LPS subjected to all or a major part of the lightning current and may be used in conjunction with the standards specifying the requirements and the tests for each specific component.

NOTE Parameters relevant to system aspects (e.g. for the coordination of surge protective devices) are not considered in this annex.

D.2 Current parameters relevant to the point of strike

The lightning current parameters playing a role in the physical integrity of an LPS are in general the peak current *I*, the charge *Q*, the specific energy *W/R*, the duration *T* and the average steepness of the current *di/dt*. Each parameter tends to dominate a different failure mechanism, as analysed in detail below. The current parameters to be considered for tests are combinations of these values, selected to represent in laboratory the actual failure mechanism of the part of the LPS being tested. The criteria for the selection of the outstanding quantities are given in Clause D.5.

Table D.1 records the maximum values of *I, Q, W/R, T* and *di/dt* to be considered for tests, as a function of the protection level required.

Таблиця D.1 – Перелік параметрів загроз блискавки, що використовуються за розрахунку тестових значень для різних компонентів LPS та для різних LPL

Table D.1 – Summary of the lightning threat parameters to be considered in the calculation of the test values for the different LPS components and for the different LPL

Компонент Component	Основна проблема Main problem	Параметри загрози блискавки Lightning threat parameters					Примітки Notes
Перехоплювач Air-termination	Ерозія у точці дотику (приміром, тонка бляха) Erosion at attachment point (e.g. thin metal sheets)	LPL	Q_{LONG}, *Кл* Q_{LONG}, *C*	*T*			
		I *II* *III-IV*	*200* *150* *100*	< 1 с (прикладення Q_{LONG} у одиничному ударі) <1 s (apply Q_{LONG} in a single shot)			
Перехоплювач та доземний провідник Air-termination and downconductor	Омічне нагрівання Ohmic heating	LPL	*W/R кДж/Ом* *W/R kJ/Ω*	*T*			За розмірів згідно з IEC 62305-3 випробування є зайвими Dimensioning with IEC 62305- 3 render testing superfluous
		I *II* *III-IV*	10 000 5 600 2 500	Прикладення *W/R* у адіабатичній формі Apply *W/R* in an adiabatic configuration			
	Механічні впливи Mechanical effects	LPL	*I* кА	*W/R кДж/Ом* *W/R kJ/Ω*			
		I *II* *III-IV*	200 150 100	10 000 5 600 2 500			
Сполучні компоненти Connecting components	Комбінований вплив (тепловий, механічний та дуга) Combined effects (thermal, mechanical and arcing)	LPL	*I* кА	*W/R кДж/Ом* *W/R kJ/Ω*	*T*		
		I *II* *III-IV*	200 150 100	10 000 5 600 2 500	< 2 мс (прикладення I та W/R в одинично-му імпульсі) <2 ms (apply I and W/R in a single pulse)		
Земляне закінчення Earthterminations	Ерозія у точці дотику Erosion at attachment point	LPL	Q_{LONG}, *Кл* Q_{LONG}, *C*	*T*			Розміри зазвичай визначаються механічними/ хімічними аспектами (корозія й т.ін.) Dimensioning usually determined by mechanical / chemical aspects (corrosion etc.)
		I *II* *III-IV*	200 150 100	< 1 с (прикладення Q_{LONG} в одиничному ударі) <1 s (apply Q_{LONG} in a single shot)			

Таблиця D.1 – Перелік параметрів загроз блискавки, що використовуються за розрахунку тестових значень для різних компонентів LPS та для різних LPL

Table D.1 – Summary of the lightning threat parameters to be considered in the calculation of the test values for the different LPS components and for the different LPL

Компонент Component	Основна проблема Main problem	Параметри загрози блискавки Lightning threat parameters					Примітки Notes
SPD з іскровими проміжками SPDs containing spark gaps	Комбінований вплив (тепловий, механічний та дуга) Combined effects (thermal, mechanical and arcing)	LPL	*I* кА	Q_{SHORT}, *Кл* Q_{SHORT}, *C*	*W/R кДж/Ом* *W/R kJ/Ω*	di/dt кА/мкс di/dt kA/μs	Прикладення *I*, Q_{SHORT} та *W/R* в одиничному імпульсі (тривалість *T* < 2 мс); прикладення *Δi/Δt* у окремому імпульсі Apply *I*, Q_{SHORT}, and *W/R* in a single pulse (duration T<2 ms); apply *Δi/Δt* in a separate pulse
		I *II* *III-IV*	*200* *150* *100*	100 75 50	10 000 5 600 2 500	200 150 100	
SPD із блоками метал-оксидних резисторів SPDs containing metal-oxide resistor blocks	Енергетичні ефекти (переобтяження) Energy effects (overload)	LPL	Q_{SHORT}, *Кл* Q_{SHORT}, *C*				Належить перевірити обидва аспекти Both aspects need to be checked.
		I *II* *III-IV*	100 75 50				
	Діелектричні ефекти (пробиття/ розтріскування) Dielectric effect (flashover/ cracking)	LPL	*I* кА	*T*			Можуть розглядатися окремі тести Separate tests can be considered
		I *II* *III-IV*	200 150 100	< 2 мс (прикладення I в одиничному імпульсі) <2 ms (apply I in a single pulse)			

D.3 Розподіл струму

Параметри, подані у Таблиці 3.D, стосуються струму блискавки у точці удару. Насправді, струм тече до землі більш, ніж одним шляхом, оскільки у зовнішній LPS зазвичай є декілька доземних провідників та природних провідників. До того ж, до будівлі (споруди), яку захищено, зазвичай входять різні лінії (водопровід, газопровід, живильні й телекомунікаційні лінії, тощо). Для визначення параметрів фактичного струму, що протікає певними компонентами LPS, належить брати до уваги розподіл струму. Переважно, має бути оцінено амплітуду й форму хвилі струму, який тече компонентом у певному місці LPS. Якщо індивідуальне оцінювання не є можливим, параметри струму може бути оцінено за наступною процедурою.

Для оцінювання розподілу струму у зовнішній LPS може бути використаний коефіцієнт розподілення k_c (дивись Додаток С IEC 62305-3). Цей коефіцієнт дає оцінку частки струму, який тече доземними провідниками зовнішньої LPS за найгіршого випадку.

Для оцінювання розподілу струму за наявності зовнішніх струмопровідних частин та живильних й телекомунікаційних ліній, приєднаних до будівлі (споруди), яку захищено, може бути прийнято значення k_e та k'_e, розглянуті у Додатку Е.

Описаний вище підхід є застосовуваний для оцінювання пікового значення струму, який тече одним певним шляхом до землі. Обчислення інших параметрів струму виконується наступним чином:

D.3 Current sharing

The parameters given in the Table D.1 are relevant to the lightning current at the point of strike. In fact, the current flows to earth through more than one path, as several downconductors and natural conductors are normally present in an external LPS. Additionally, different lines normally enter the protected structure (water and gas pipes, power and telecommunication lines, etc.). For the determination of the parameters of the actual current flowing in specific components of an LPS, the sharing of the current has to be taken into account. Preferably, current amplitude and shape through a component at a specific location of the LPS should be evaluated. Where an individual evaluation is not possible, the current parameters may be assessed by means of the following procedures.

For the evaluation of the current sharing within the external LPS, the configuration factor k_c (see Annex C of IEC 62305-3:2010) may be adopted. This factor provides an estimate of the share of the lightning current flowing in down-conductors of the external LPS under worst-case conditions.

For the evaluation of the current sharing in presence of external conductive parts and power and telecommunication lines connected to the protected structure, the approximate values of k_e and k'_e considered in Annex E may be adopted.

The above-described approach is applicable for the evaluation of the peak value of the current flowing in one particular path to earth. The calculation of the other parameters of the current is carried out as follows:

$$I_p = k \times I \quad (D.1)$$

$$Q_p = k \times Q \quad (D.2)$$

$$(W / R)_p = k^2 \times (W / R) \quad (D.3)$$

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_p = k \times \left(\frac{di}{dt}\right) \quad (D.4)$$

де:

x_p значення величини, яка розглядається, (піковий струм I_p, заряд Q_p, питома енергія $(W/R)_p$, крутість струму $(di/dt)_p$), яка відповідає частковому шляху до землі "p";

where

x_p is the value of the quantity considered (peak current I_p, charge Q_p, specific energy $(W/R)_p$, current steepness $(di/dt)_p$) relevant to a particular path to earth "p";

x значення величини, яка розглядається, (піковий струм *I*, заряд *Q*, питома енергія *(W/R)*, крутість струму *(di/dt)*) яка відповідає повному струму блискавки;

k коефіцієнт розгалуження струму;

- k_c коефіцієнт розгалуження струму для зовнішньої LPS (дивись Додаток З у IEC 62305-3:2010);

- k_e та k'_e коефіцієнти розгалуження струму у зовнішніх струмопровідних частинах та живильних й телекомунікаційних лініях, які входять до захищуваної будівлі (споруди)(дивись Додаток Е).

x is the value of the quantity considered (peak current *I*, charge *Q*, specific energy *(W/R)*, current steepness *(di/dt)*) relevant to the total lightning current;

k is the current sharing factor:

- k_c for external LPS (see Annex C of IEC 62305-3:2010);

- k_e , k'_e in the presence of external conductive parts and power and telecommunication lines entering the protected structure (see Annex E).

D.4 Впливи струму блискавки, які спричиняють можливі ушкодження

D.4.1 Термічні впливи

Термічні впливи, пов'язані зі струмом блискавки, належать до резистивного нагрівання, спричиненого циркуляцією електричного струму, який протікає у опорі провідника або у LPS. Термічні впливи є також актуальними з огляду на тепло, яке виробляється на кінці дуг у точці прикладення та в усіх ізольованих частинах LPS, залучених до розвитку дуг (приміром, іскрові проміжки).

D.4.1.1 Резистивне нагрівання

Резистивне нагрівання має місце в будь-якому компоненті LPS, яким протікає значна частина струму блискавки. Мінімальної площі поперечного перерізу провідника має бути достатньо для запобігання перегріванню провідників до рівня, за якого може існувати небезпека пожежі навколо нього. Крім термічних аспектів, які обговорювалися у D.4.1, для частин, які піддаються впливу атмосферних чинників та/або корозії, належить розглядати механічну стійкість та критерії. Оцінювання нагріву провідників унаслідок протікання струму блискавки є необхідним якщо постають проблеми з огляду на ризик травмування людей, а також пожежі та збитків через вибух.

Нижче наведено посібник з оцінювання підвищення температури провідників, якими протікає струм блискавки.

D.4 Effects of lightning current causing possible damage

D.4.1 Thermal effects

Thermal effects linked with lightning current are relevant to the resistive heating caused by the circulation of an electric current flowing through the resistance of a conductor or into an LPS. Thermal effects are also relevant to the heat generated in the root of the arcs at the attachment point and in all the isolated parts of an LPS involved in arc development (e.g. spark gaps).

D.4.1.1 Resistive heating

Resistive heating takes place in any component of an LPS carrying a significant part of the lightning current. The minimum cross-sectional area of conductors must be sufficient to prevent overheating of the conductors to a level that would present a fire hazard to the surroundings. Despite the thermal aspects discussed in D.4.1, the mechanical withstand and durability criteria have to be considered for parts exposed to atmospheric conditions and/or corrosion. The evaluation of conductor heating due to lightning current flow is sometimes necessary when problems can arise because of the risk of personal injury and of fire or explosion damages.

Guidance is given below to evaluate the temperature rise of conductors subjected to the flow of a lightning current.

Аналітичний підхід представлено наступним чином:

Миттєва потужність, що розсіюється у вигляді теплоти в провіднику завдяки електричному струму, визначається як:

An analytical approach is presented as follows:

The instantaneous power dissipated as heat in a conductor due to an electrical current is expressed as:

$$P(t) = i^2 (t) \times R \qquad (D.5)$$

Теплова енергія, що генерується повним імпульсом блискавки є, таким чином, омічним опором шляху струму блискавки розглянутим компонентом LPS, помноженим на питому енергію імпульсу. Ця теплова енергія визначається у джоулях (Дж) або ватт-секундах (Вт с).

The thermal energy generated by the complete lightning pulse is therefore the ohmic resistance of the lightning path through the LPS component considered, multiplied by the specific energy of the pulse. This thermal energy is expressed in units of Joules (J) or Watt´seconds (W×s).

$$W = R \times \int i^2 (t) \times dt \qquad (D.6)$$

У висназі блискавки фази високої питомої енергії спалаху блискавки є дуже короткотривалими для того, щоб теплота, яка генерується у будівлі (споруді), могла відчутно розсіятися. Тому це явище може вважатися адіабатним.

In a lightning discharge, the high specific energy phases of the lightning flash are too short in duration for any heat generated in the structure to be dispersed significantly. The phenomenon is therefore to be considered adiabatic.

Температура провідників LPS може бути оцінена таким чином:

The temperature of the conductors of the LPS can be evaluated as follows:

$$\theta - \theta_0 = \frac{1}{\alpha}\left[\exp\left(\frac{\frac{W}{R} \times \alpha \times \rho_0}{q^2 \times \gamma \times C_w}\right) - 1\right] \qquad (D.7)$$

Характерні значення фізичних параметрів, зазначених у рівнянні (D.7) для різних матеріалів, що використовуються у LPS, наведено у Таблиці D.2. де:

- $\theta - \theta_0$ підвищення температури провідників (К);
- α температурний коефіцієнт опору (1/ К);
- W/R питома енергія імпульсу струму (Дж/Ом);
- ρ_0 питомий омічний опір провідника за температури навколишнього середовища (Ом·м);
- q площа поперечного перерізу провідника (м^2);
- γ густина матеріялу (кг/м^3);
- C_w прихована теплота топлення (Дж/кг·К);
- θ_s температура топлення (°С).

Characteristic values of the physical parameters reported in Equation (D.7), for different materials used in the LPS are recorder in Table D.2 where

- $\theta - \theta_0$ is the temperature rise of the conductors (K);
- α is the temperature coefficient of the resistance (1/K);
- W/R is the specific energy of the current impulse (J/W);
- ρ_0 is the specific ohmic resistance of the conductor at ambient temperature (Wm);
- q is the cross-sectional area of the conductor (m^2);
- γ is the material density (kg/m^3);
- C_w is the thermal capacity (J/kgK);
- θ_s is the melting temperature (°C).

Таблиця D.2 - Фізичні характеристики типових матеріялів, що використовуються в компонентах LPS

Table D.2 – Physical characteristics of typical materials used in LPS components

Величина Quantity	Матеріял Material			
	Алюміній Aluminium	Низьковуглецева сталь Mild steel	Мідь Copper	Нержавна сталь[a] Stainless steel[a]
ρ_0 (Ом· м) ρ_0 (Ωm)	29×10^{-9}	120×10^{-9}	$17{,}8 \times 10^{-9}$	700×10^{-9}
α (1/Л) α (1/K)	$4{,}0 \times 10^{-3}$	$6{,}5 \times 10^{-3}$	$3{,}92 \times 10^{-3}$	$0{,}8 \times 10^{-3}$
γ (кг/м^3) γ (kg/m^3)	2 700	7 700	8 920	8 000
θ_s (°C)	658	1 530	1 080	1 500
C_s (Дж/кг) C_s (J/kgK)	397×10^3	272×10^3	209×10^3	-
C_w (Дж/кг К) C_w (J/kgK)	908	469	385	500

[a] Аустенітна немагнетна
Austenitic non-magnetic.

Таблиця D.3 демонструє приклад застосування цього рівняння, підвищення температури провідників, виконаних з різних матеріалів, залежно від W/R та від площі поперечного перерізу провідника.

Table D.3 reports, as an example of application of this equation, the temperature rise of conductors made of different materials, as a function of the W/R and of the conductor cross-sectional area.

Таблиця D.3 - Підвищення температури для провідників різного поперечного перерізу у функції W/R

Table D.3 – Temperature rise for conductors of different sections as a function of W/R

Поперечний переріз мм^2 Crosssection mm^2	Матеріял Material											
	Алюміній Aluminium			Низьковуглецева сталь Mild steel			Мідь Copper			Нержавна сталь[a] Stainless steel[a]		
	W/R МДж/м MJ/Ω	W/R МДж/м MJ/Ω	W/R МДж/м MJ/Ω	W/R МДж/м MJ/Ω	W/R МДж/м MJ/Ω	W/R МДж/м MJ/Ω	W/R МДж/м MJ/Ω	W/R МДж/м MJ/Ω	W/R МДж/м MJ/Ω	W/R МДж/м MJ/Ω	W/R МДж/м MJ/Ω	W/R МДж/м MJ/Ω
	2,5	5,6	10	2,5	5,6	10	2,5	5,6	10	2,5	5,6	10
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	564	-	-	-	-	-	169	542	-	-	-	-
16	146	454	-	1 120	-	-	56	143	309	-	-	-
25	52	132	283	211	913	-	22	51	98	940	-	-
50	12	28	52	37	96	211	5	12	22	190	460	940
100	3	7	12	9	20	37	1	3	5	45	100	190

[a] Аустенітна немагнетна
Austenitic non-magnetic.

Типовий удар блискавки характеризується короткою тривалістю удару (час до половинного значення кілька 100 мкс) і високим піковим значенням струму. За таких обставин необхідно також ,брати до уваги скін-ефект. Однак, у більшості практичних випадків, пов'язаних з компонентами LPS, характеристики матеріалів (динамічна магнетна проникність провідника LPS) та геометрична конфігурація (площа поперечного перерізу провідника LPS) знижують внесок скін-ефекту у підвищення температури провідника до такого рівня, що ним можна знехтувати.

The typical lightning stroke is characterized by a short duration stroke (time to half value of a few 100 μs) and high current peak value. Under these circumstances, the skin effect should also be taken into consideration. However, in most of the practical cases linked with LPS components, the material characteristics (dynamic magnetic permeability of the LPS conductor) and the geometrical configurations (cross-sectional area of the LPS conductor) reduce the contribution of the skin effect to the temperature rise of the conductor to negligible levels.

Перший зворотній удар є тим компонентом спалаху блискавки, який найбільшою мірою пов'язаний з механізмом нагрівання

The component of the lightning flash most relevant to this heating mechanism is the first return stroke.

D.4.1.2 Термічне пошкодження у точці дотику

D.4.1.2 Attachment point thermal damage

Термічне пошкодження точки дотику можуть спостерігатися на усіх тих компонентах LPS, на яких виникає дуга, тобто системи перехоплення, іскрові проміжки, тощо

Attachment point thermal damage can be observed on all components of an LPS on which an arc development takes place, i.e. air-termination systems, spark gaps, etc.

У точці дотику можуть траплятися топлення та ерозія матеріялу. Насправді, у приелектродних зонах утворюється значна кількість теплоти від самої дуги, а також концентрація омічного нагрівання внаслідок високої густини струму. Переважна частина теплової енергії утворюється на поверхні металу або дуже близько до неї. Кількість теплоти, яка утворюється безпосередньо у приелектродній зоні дуги, перевищує той рівень, який може бути поглинутий металом за рахунок контактної теплопровідності , тому її надлишок випромінюється або витрачається на топлення або випаровування металу. Інтенсивність процесу пов'язана з амплітудою й тривалістю струму.

Material melting and erosion can occur at the attachment point. In fact, in the arc root area there is a large thermal input from the arc root itself, as well as a concentration of ohmic heating due to the high current densities. Most of the thermal energy is generated at or very close to the surface of the metal. The heat generated in the immediate root area is in excess of that which can be absorbed into the metal by conduction and the excess is irradiated or lost in melting or vaporizing of metal. The severity of the process is linked to the current amplitude and to the duration.

D.4.1.2.1 Загальні відомості

D.4.1.2.1 General

Кілька теоретичних моделей було розроблено для розрахунку термічного впливу на поверхню металу у точці дотику з каналом блискавки. Для спрощення у цьому стандарті буде подано лише модель анодного або катодного падіння напруги. Застосування цієї моделі є особливо ефективним для тонких шарів металу. У всякому разі, модель забезпечує консервативні результати завдяки тому що у ній прийнято, що уся енергія, яка надходить до точки дотику блискавки, використовується для топлення або випаровування матеріялу провідника, нехтуючи дифузією тепла досередини металу. Інші моделі включають у себе залежність пошкодження точки дотику блискавки від тривалості імпульсу струму.

Several theoretical models have been developed for the calculation of thermal effects on metal surfaces at the attachment point of a lightning channel. For sake of simplicity, this standard will report only the anode-or-cathode voltage drop model. The application of this model is particularly effective for thin metal skins. In all cases, it gives conservative results as it postulates that all the energy injected in the lightning attachment point is used to melt or vaporize conductor material, neglecting the heat diffusion within the metal. Other models introduce the dependence of the lightning attachment point damage on the duration of the current impulse.

D.4.1.2.2 Модель анодного-або-катодного падіння напруги

Доплив енергії *W* у приелектродній зоні дуги визначається як добуток анодного/катодного падіння напруги $u_{a,c}$, та заряду *Q* струму блискавки:

D.4.1.2.2 Anode-or-cathode voltage drop model

The energy input *W* at the arc root is assumed as given by the anode/cathode voltage drop $u_{a,c}$ multiplied by the charge *Q* of the lightning current:

$$W = \int_0^\infty u_{a,c}(t)\, i(t)\, dt = u_{a,c} \int_0^\infty |i(t)|\, dt \qquad (D.8)$$

Оскільки значення $u_{a.c}$ є достатньо незмінним у тому діапазоні струму, який тут розглядається, заряд струму блискавки (*Q*) відповідає переважно перетворенню енергії у приелектродній зоні дуги.

Анодне-або-катодне падіння напруги $u_{a.c}$ має значення у кілька десятків вольт.

Спрощений метод припускає, що вся енергія, яка генерується у дузі, йде лише на топлення. Рівняння (D.9) використовує це припущення, але це призводить до перецінювання розтопленого об'єму:

As $u_{a.c}$ is fairly constant in the current range considered here, the charge of the lightning current (*Q*) is primarily responsible for the energy conversion in the arc root.

The anode-or-cathode voltage drop $u_{a.c}$ has a value of a few tens of volts.

A simplified approach assumes that all of the energy developed at the arc root is used only for melting. Equation (D.9) uses this assumption but leads to an overestimate of the melted volume.

$$V = \frac{u_{a,c} \times Q}{\gamma} \times \frac{1}{C_W \times (\theta_s - \theta_u) + C_s} \qquad (D.9)$$

де:

- *V* об'єм розтопленого металу (м³);
- $u_{a.c}$ анодне-або-катодне падіння напруги (В);
- *Q* заряд струму блискавки (Кл);
- γ густина матеріалу (кг/м³);
- C_w теплоємність матеріалу (Дж/кг·К);
- θ_s температура топлення (°С);
- θ_u навколишня температура (°С);
- C_s прихована теплота топлення (Дж/кг).

where

- *V* is the volume of metal melted (m³);
- $u_{a.c}$ is the anode-or-cathode voltage drop (assumed as constant) (V);
- *Q* is the charge of the lightning current (C);
- γ is the material density (kg/m³);
- C_w is the thermal capacity (J/kgK);
- θ_s is the melting temperature (°C);
- θ_u is the ambient temperature (°C);
- C_s is the latent heat of melting (J/kg).

Типові значення фізичних параметрів, зазначених у цьому рівнянні, для різних матеріалів, що застосовних у LPS, вміщено у Таблиці D.2.

В основному заряд має розглядатися як сума заряду зворотного удару й тривалого струму блискавки.

Characteristic values of the physical parameters reported in this equation, for differentmaterials used in an LPS, are recorded in Table D.2.

Basically, the charge to be considered is the sum of the charge of the return stroke and the lightning continuing

Лабораторні дослідження показали, що вплив заряду зворотного удару є значно нижчим за вплив тривалого струму.

current. Laboratory experience has revealed that the effects of the return stroke charge are of minor importance when compared to the effects of the continuing current.

D.4.2 Механічні ефекти

D.4.2 Mechanical effects

Механічні ефекти, спричинені струмом блискавки, залежать від амплітуди й тривалості струму, а також від пружних властивостей механічної конструкції, на яку чиниться вплив. Там, де це є доречним, механічні ефекти також залежать від сил тертя, що діють між частинами LPS при їхньому контакті один з одним.

Mechanical effects caused by the lightning current depend on the amplitude and the duration of the current as well as on the elastic characteristics of the affected mechanical structure. Mechanical effects also depend on the friction forces acting between parts of the LPS in contact with one another, where relevant.

D.4.2.1 Магнетна взаємодія

D.4.2.1 Magnetic interaction

Сили магнетної взаємодії виникають між двома провідниками зі струмами або якщо є лише один провідник зі струмом, який утворює кут або петлю.

Magnetic forces occur between two current-carrying conductors or, if only one currentcarrying conductor exists, where it forms a corner or a loop.

Коли ланкою тече струм, амплітуда електродинамічних зусиль, які виникають за різних положень ланки, залежать від амплітуди струму блискавки та геометричної конфігурації ланки. Проте, механічна дія цих сил залежить не лише від їхніх амплітуд, але також від загальної форми та тривалості струму й від геометричної конфігурації установки.

When a current flows through a circuit, the amplitude of the electrodynamic forces developed at the various positions of the circuit depend on both the amplitude of the lightning current and the geometrical configuration of the circuit. The mechanical effect of these forces, however, depends not only on their amplitude but also on the general form of the current, its duration, as well as on the geometrical configuration of the installation.

D.4.2.1.1 Електродинамічні зусилля

D.4.2.1.1 Electrodynamic forces

Електродинамічні зусилля, утворені струмом i, що тече провідником, який має довгі паралельні ділянки довжиною l , розділені відстанню d (довга й невелика петля), як показано на Рисунку D.1, можуть бути приблизно обчислені за таким рівнянням:

Electrodynamic forces developed by a current, i, flowing in a conductor having long parallel sections of length l and distance d (long and small loop), as shown in Figure D.1, can be approximately calculated using the following equation:

$$F(t) = \frac{\mu_0}{2\pi} \times i^2(t) \times \frac{l}{d} = 2 \times 10^{-7} \times i^2(t) \times \frac{l}{d} \qquad (D.10)$$

де:

F(t) електродинамічне зусилля (Н);

i струм (А);

μ_0 магнетна проникність вільного протору (порожня) ($4\pi \times 10^{-7}$ Гн/м);

l довжина провідника (м);

d відстань між прямолінійними паралельними ділянками провідника (м).

where

F(t) s the electrodynamic force (N);

i is the current (A);

μ_0 s the magnetic permeability of free space (vacuum) ($4\pi \times 10^{-7}$ H/m);

l is the length of conductors (m);

d is the distance between the straight parallel sections of the conductor (m).

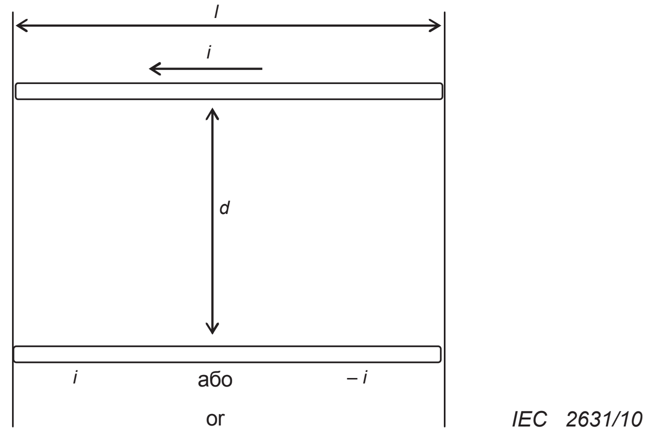


Рисунок D.1 - Загальне розташування двох провідників для розрахунку електродинамічних зусиль

Figure D.1 – General arrangement of two conductors for the calculation of electro-dynamic force

У LPS наведено приклад симетричного кутового розташування провідників, що утворюють кут у 90°, із затискачем, розташованим поблизу кута, як показано на Рисунку D.2. Діаграму механічних напруг для такої конфігурації показано на Рисунку D.3. Осьова сила, що діє на горизонтальний провідник, прагне витягнути провідник із затискача. Числове значення сили вздовж горизонтального провідника, зважаючи на силу струму у 100 кА та довжину вертикального провідника у 0,5 м, показано на Рисунку D.4.

In an LPS an example is given by a symmetric corner arrangement of conductors, forming an angle of 90°, with a clamp positioned in the vicinity of the corner as shown in Figure D.2. The diagram of the stresses for this configuration is reported in Figure D.3. The axial force on the horizontal conductor tends to pull the conductor out of the clamp. The numerical value of the force along the horizontal conductor, considering a peak current value of 100 kA and a length of a vertical conductor of 0,5 m, is shown in Figure D.4.

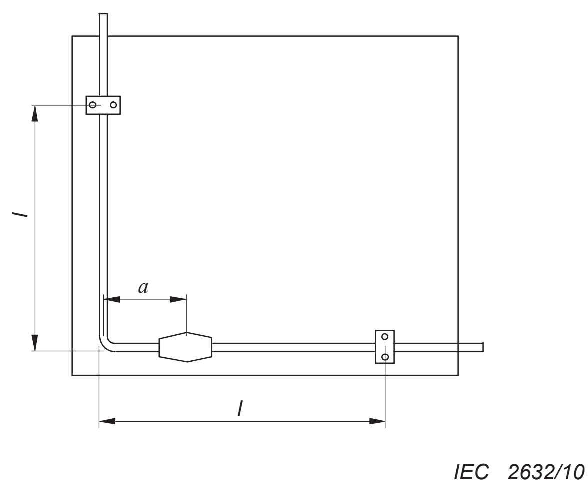


Рисунок D.2 - Типове розташування провідника у LPS

Figure D.2 – Typical conductor arrangement in an LPS

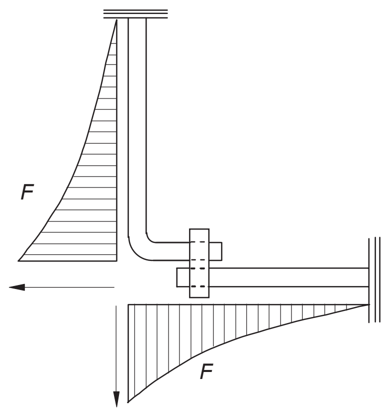
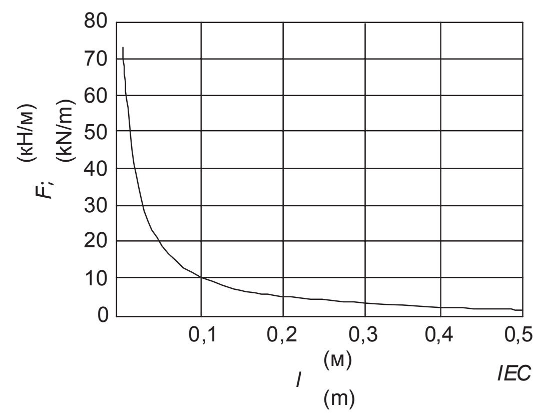


Рисунок D.3 - Діаграма механічних напруг F для конфігурації, показаної на Рисунку D.2

Figure D.3 – Diagram of the stresses F for the configuration of Figure D.2



ПРИМІТКА Пікове значення струму складає 100 кА та довжина вертикального провідника становить 0,5 м

NOTE The peak current value is 100 kA and the length of the vertical conductor is 0,5 m.

Рисунок D.4 – Сила, що діє на одиницю довжини *F'* вздовж горизонтального провідника, показаного на Рисунку D.2

Figure D.4 – Force per unit length *F'* along the horizontal conductor of Figure D.2

D.4.2.1.2 Дія електродинамічних зусиль

В одиницях амплітуди прикладеної сили миттєве значення електродинамічного зусилля *F(t)* є пропорційним квадрату миттєвого струму $I(t)^2$. В одиницях напруги, що виникає в механічній конструкції LPS та виражається добутком пружної деформації *δ(t)* і сталої пружності *k* конструкції LPS, необхідно розглядати два ефекти. Власна частота механічних

D.4.2.1.2 Effects of electrodynamic forces

In terms of amplitude of applied force, the instantaneous value of the electrodynamic force *F(t)* is proportional to the square of the instantaneous current $i(t)^2$. In terms of the stress development within the mechanical LPS structure, expressed by the product of the elastic deformation *δ(t)* and the elastic constant *k* of the LPS structure, two effects should be considered. The natural mechanical коливань (пов'язана із пружними властивостями конструкції LPS) та залишкова деформація LPS (пов'язана з її пластичними властивостями) є найбільш важливими параметрами. Більш того, у багатьох випадках вплив сил тертя в межах конструкції також має неабияке значення.

Амплітуда коливань пружної конструкції LPS, спричинених електродинамічними зусиллями, породженими струмом блискавки, може бути оцінена за допомогою диференціальних рівнянь другого порядку; основним фактором є відношення тривалості імпульсу струму до періоду власних механічних коливань конструкції LPS. Типова умова стосовно LPS полягає у тому, що періоди власних коливань конструкції набагато довші за ті, що у прикладеної сили (тривалість імпульсу струму блискавки). У цьому випадку максимальна механічна напруга виникає після припинення імпульсу струму й має пікове значення, що залишається нижчим пікового значення прикладеної сили. У більшості випадків механічною напругою можна знехтувати.

Пластична деформація трапляється, коли напруга розтягнення перевищує межу пружності матеріалу. Якщо матеріал LPS м'який, приміром, алюміній або відпалена мідь, то електродинамічні зусилля можуть деформувати провідники у куті або петлі. Отже, компоненти LPS має бути побудовано таким чином, аби витримувати ці зусилля й виказувати істотні пружні властивості.

Загальна механічна напруга, прикладена до конструкції LPS, залежить від інтегралу за часом прикладеної сили й, відповідно, від питомої енергії, пов'язаної з імпульсом струму. Вона також залежить від форми імпульсу струму та його тривалості (порівняно з періодом власних коливань конструкції). Усі ці параметри, що роблять вплив, належить брати до уваги під час випробувань.

D.4.2.2 Пошкодження ударною акустичною хвилею

Коли струм блискавки тече дугою, утворюється ударна хвиля. Інтенсивність удару залежить від пікового значення струму й швидкості наростання струму.

На загал, пошкодження ударною акустичною хвилею є маловажним для металевих частин LPS, але може спричинити пошкодження навколишніх об'єктів.

frequency (linked with the elastic behaviour of the LPS structure) and the permanent deformation of the LPS structure (linked with its plastic behaviour) are the most important parameters. Moreover, in many cases the effect of the friction forces within the structure are also of significant importance.

The amplitude of the vibrations of the elastic LPS structure, caused by an electrodynamic force developed by the lightning current, can be evaluated by means of second order differential equations; the key factor is the ratio between the duration of the current impulse and the period of natural mechanical oscillation of the LPS structure. The typical condition encountered in LPS applications consists of natural oscillation periods of the structure much longer than that of the applied force (duration of the lightning current impulse). In this case the maximum mechanical stress occurs after the cessation of the current impulse and has a peak value that remains lower than that of the applied force. In most cases, maximum mechanical stress can be neglected.

Plastic deformation occurs when the tensile stress exceeds the elastic limit of the material. If the material composing the LPS structure is soft, for example aluminium or annealed copper, the electrodynamic forces can deform the conductors in corners and loops. LPS components should therefore be designed to withstand these forces and to show essentially an elastic behaviour.

The total mechanical stress applied to the LPS structure depends on the time integral of the applied force and therefore on the specific energy associated with the current impulse. It also depends on the shape of the current impulse and its duration (compared with the period of natural oscillation of the structure). All these influencing parameters must therefore be taken into account during testing.

D.4.2.2 Acoustic shock wave damage

When a lightning current flows in an arc a shock wave is produced. The severity of the shock is dependent upon the peak current value and the rate of rise of the current.

In general, the damage due to the acoustic shock wave is insignificant on metal parts of the LPS but can cause damage to surrounding items.

D.4.3 Комбіновані ефекти

Практично, теплові й механічні ефекти відбуваються одночасно. Якщо нагрівання матеріалу компонентів (стрижні, затискачі тощо) є достатнім для розм'якшення матеріалу, то при цьому може виникнути набагато сильніше пошкодження, ніж у іншому випадку. У крайніх випадках провідник може бути розтоплений вибуховим чином та спричинити пошкодження навколишньої конструкції. Якщо поперечний переріз металу є достатнім для безпечної роботи у загальному сенсі, належить перевіряти лише механічну цілісність.

D.4.3 Combined effects

In practice, both thermal and mechanical effects occur simultaneously. If the heating of the material of the components (rods, clamps, etc.) is sufficient to soften the materials, much greater damage can occur than otherwise. In extreme cases, the conductor could explosively fuse and cause considerable damage to the surrounding structure. If the crosssection of the metal is sufficient to safely handle the overall action, only mechanical integrity need be checked.

D.4.4 Іскріння

На загал, іскріння є важливим лише в умовах вогненебезпечного оточення або за присутності легкозаймистих матеріялів. У більшості практичних випадків іскріння не є важливим для компонентів LPS.

Трапляються два різних типи іскріння, тобто теплове іскріння та іскріння через напругу. Теплове іскріння відбувається, коли дуже значний струм змушений перетинати місце стику двох струмопровідних матеріялів. Теплове іскріння відбувається переважно біля країв усередині з’єднання, якщо його занадто слабо затягнено; це відбувається передовсім через високу густину струму й недостатнє затягнення з’єднання. Інтенсивність теплового іскріння пов'язана з питомою енергією, й тому найбільш критичною фазою блискавки є перший зворотний удар. Іскріння через напругу відбувається, коли струм змушений текти спіральним шляхом, приміром, усередині стику, якщо напруга, індукована у такій петлі, перевищує напругу пробиття між металевими частинами. Індукована напруга є пропорційною індуктивності, помноженій на крутість струму блискавки. Найбільш критичним компонентом іскріння через напругу є наступний негативний удар.

D.4.4 Sparking

Sparking is generally important only in flammable environments or in the presence of combustible materials. In most practical cases, sparking is not important for LPS components.

Two different types of sparking can occur, i.e. thermal sparking and voltage sparking. Thermal sparking occurs when a very high current is forced to cross a joint between two conducting materials. Most thermal sparking occur near the edges inside a joint if the interface pressure is too low; this is due primarily to high current density and inadequate interface pressure. The intensity of the thermal sparking is linked to the specific energy and therefore, the most critical phase of the lightning is the first return stroke. Voltage sparking occurs where the current is forced to take convoluted paths, e.g. inside a joint, if the voltage induced in such a loop exceeds the breakdown voltage between the metal parts. The induced voltage is proportional to the self inductance multiplied by the steepness of the lightning current. The most critical lightning component for voltage sparking is therefore the subsequent negative stroke.

D.5 Компоненти LPS, доречні проблеми й тестові параметри

D.5.1 Загальні відомості

Системи захисту від блискавки складаються з декількох різних компонентів, кожний з яких має у системі конкретну функцію. Тип компонентів та конкретні обтяження, яким вони піддаються, вимагають спеціального розгляду при визначенні лабораторних тестів для перевірки їхньої продуктивності.

D.5 LPS components, relevant problems and test parameters

D.5.1 General

Lightning protection systems are made of several different components, each having a specific function within the system. The nature of the components and the specific stresses to which they are subjected, require special consideration when setting up laboratory tests to check their performance.

D.5.2 Перехоплення

Вплив на систему перехоплення виникає як від механічної, так і від термічної дії (як про це йтиметься нижче у D.5.3, але зазначимо, що значна частина струму блискавки буде протікати провідником перехоплення, який зазнав удару), а також, у деяких випадках, від дії дугової ерозії, особливо у природних компонентах LPS, як от тонкі металеві покрівлі або покриття фасадів (де може відбуватися перфорування або надмірне підвищення температури задньої поверхні) та натягнені провідники.

Щодо дії дугової ерозії, належить розглядати два головних тестових параметри, тобто заряд довготривалого струму та його тривалість.

Заряд визначає доплив енергії у дузі. Зокрема, удари великої тривалості, як видається, є найбільш вагомими для цього впливу, тоді як короткими ударами можна знехтувати.

Тривалість струму грає важливу ролю у передачі теплоти до матеріалу. Тривалість струму, який прикладається при тестуванні, має відповідати тривалості довготривалих ударів (від 0,5 с до 1 с).

D.5.3 Доземні провідники

Впливи на доземні провідники, спричинені блискавкою, можна розділити на дві головні категорії:

- теплові ефекти внаслідок омічного нагрівання;
- механічні ефекти, пов'язані з магнетною взаємодією, коли струм блискавки розгалужується провідниками, розташованими один поряд з одним, або коли струм змінює напрямок (вигини або з’єднання провідників, розташованих під певним кутом один одного).

У більшості випадків ці два ефекти діють незалежно один від одного й для перевірки кожного ефекту можна проводити окремі лабораторні тести. Цей підхід може бути застосований у всіх випадках, коли нагрівання, зумовлене протіканням струму блискавки, суттєво не змінює механічні характеристики.

D.5.3.1 Омічне нагрівання

Розрахунки й вимірювання стосовно нагрівання провідників внаслідок протікання струму блискавки провідником для різних поперечних перерізів та матеріалів було опубліковано кількома авторами. Основні результати у вигляді графіків і формул

D.5.2 Air termination

Effects on air-termination systems arise from both mechanical and thermal effects (as discussed below in D.5.3, but noting that a high proportion of the lightning current will flow in an air-termination conductor which is struck) and also, in some cases, arc erosion effects, particularly in natural LPS components such as thin metal roof or wall skins (where puncture or excessive rear surface temperature rise may occur) and suspended conductors.

For arc erosion effects, two main test parameters should be considered, i.e. the charge of the long duration current and its duration.

The charge governs the energy input at the arc root. In particular, long duration strokes appear to be the most severe for this effect whilst short duration strokes can be neglected.

The duration of the current has an important role in the heat transfer phenomena into the material. The duration of the current applied during the tests should be comparable to those of long duration strokes (0,5 s to 1 s).

D.5.3 Down-conductors

Effects on down-conductors caused by lightning can be divided into two main categories:

– thermal effects due to resistive heating;
– mechanical effects linked with the magnetic interaction where the lightning current is shared by conductors positioned in the vicinity of one another or when the current changes direction (bends or connections between conductors positioned at a given angle with respect to one another).

In most cases, these two effects act independently from each other and separate laboratory tests can be carried out to check each effect from the other. This approach can be adopted in all cases in which the heating developed by the lightning current flow does not modify substantially the mechanical characteristics.

D.5.3.1 Resistive heating

Calculations and measurements relating to the heating of conductors of different crosssections and materials due to lightning current flowing along a conductor have been published by several authors. The main results in terms of plots and formulae are summarized in D.4.1.1.

наведено у D.4.1.1. Тому, у загальному випадку, для перевірки поведінки провідника стосовно підвищення температури, проведення лабораторних тестів є зайвим.

У всіх випадках, коли вимагається лабораторне випробування, належить брати до уваги такі міркування:

- головними тестовими параметрами, які має бути розглянуто, є питома енергія й тривалість імпульсу струму;
- питома енергія визначає підвищення температури внаслідок Джоулевого нагрівання, спричиненого протіканням струму блискавки. Числові значення, які має бути розглянуто, відповідають першому удару. Помірковані дані отримано за розгляду позитивних ударів;
- тривалість імпульсу струму має вирішальний вплив на теплообмін відносно умов середовища, яке оточує розглядуваний провідник. У більшості випадків тривалість імпульсу струму є такою короткою, що процес нагрівання може розглядатися як адіабатний.

D.5.3.2 Механічні впливи

Як це обговорювалося у D.4.2.1, механічні взаємодії виникають між провідниками, якими проходить струм блискавки. Сила є пропорційною добутку струмів, що протікають провідниками (або квадрату струму, якщо розглядається одиничний зігнутий провідник) і обернено пропорційною відстані між провідниками.

Звичайна ситуація, за якої може трапитися видимий ефект, виникає, коли провідник утворює петлю або є зігнутим. Коли струм блискавки протікає таким провідником, то на цей провідник буде діяти механічна сила, що намагатиметься витягнути контур і випрямити кут, згинаючи провідник у зворотний бік. Величина такої сили є пропорційною квадрату амплітуди струму. Належить, одначе, чітко розрізняти електродинамічну силу, яка є пропорційною квадрату амплітуди струму, та відповідну напругу, яка залежить від пружних властивостей механічної конструкції LPS. Для конструкцій LPS з відносно низькими власними частотами, напруга, що виникає в конструкції LPS, буде значно нижчою за електромагнетну силу. У цьому випадку лабораторні тести для перевірки механічної поведінки провідника, зігнутого під прямим кутом не є потрібними, якщо виконуються вимоги цього

No laboratory test is therefore necessary, in general, to check the behaviour of a conductor with respect to temperature rise.

In all cases for which a laboratory test is required, the following considerations shall be taken into account:

– the main test parameters to be considered are the specific energy and the impulse current duration;
– the specific energy governs the temperature rise due to the Joule heating caused by the flow of the lightning current. Numerical values to be considered are those relevant to the first stroke. Conservative data are obtained by considering positive strokes;
– the impulse current duration has a decisive influence on the heat exchange process with respect to the ambient conditions surrounding the considered conductor. In most cases the duration of the impulse current is so short that the heating process can be considered to be adiabatic.

D.5.3.2 Mechanical effects

As discussed in D.4.2.1, mechanical interactions are developed between conductors carrying lightning current. The force is proportional to the product of the currents flowing in the conductors (or to the square of the current if a single bent conductor is considered) and is linked with the inverse of the distance between the conductors.

The usual situation in which a visible effect can occur is when a conductor forms a loop or is bent. When such a conductor carries the lightning current, it will be subjected to a mechanical force which tries to extend the loop and to straighten the corner and thus to bend it outward. The magnitude of this force is proportional to the square of the current amplitude. A clear distinction should be made, however, between the electrodynamic force, which is proportional to the square of the current amplitude, and the corresponding stress dependent on the elastic characteristics of the mechanical LPS structure. For LPS structures of relatively low natural frequencies, the stress developed within the LPS structure would be considerably lower than the electrodynamic force. In this case, no laboratory test is necessary to check the mechanical behaviour of a conductor bent at a right-angle as long as the cross-sectional areas of the present стандарту у частині площі поперечного перерізу.

standard requirements are fulfilled.

У всіх випадках, для яких є необхідним проведення лабораторних випробувань (особливо для тонких матеріалів), ці міркування має бути враховано. Належить враховувати три параметри першого зворотного удару: тривалість, питома енергія імпульсу струму та, у випадку жорстких систем, амплітуда струму.

In all cases for which a laboratory test is required (especially for soft materials), the following considerations should be taken into account. Three parameters of the first return stroke are to be considered: the duration, the specific energy of the impulse current and, in the case of rigid systems, the amplitude of the current.

Тривалість імпульсу струму, у порівнянні з періодом власних механічних коливань конструкції LPS, визначає тип механічного відгуку системи у сенсі зміщення:

The duration of the impulse current, compared with the period of the natural mechanical oscillation of the LPS structure, governs the type of mechanical response of the system in terms of displacement:

- Якщо тривалість імпульсу є набагато коротшою за період власних механічних коливань конструкції LPS (нормальний випадок для конструкції LPS, уражений імпульсами блискавки), маса й пружність системи оберігає її від зміщення та відповідна механічна напруга істотно залежить від питомої енергії імпульсу струму. Пікове значення імпульсу струму має обмежений вплив.

- Якщо тривалість імпульсу є порівнянною або вона перевищує період власних механічних коливань конструкції, зміщення системи є більш чутливим до форми прикладеної напруги. У цьому випадку за випробувань належить відтворювати пікове значення імпульсу струму та його питому енергію.

– If the duration of the impulse is much shorter than the period of natural mechanical oscillation of the LPS structure (normal case for LPS structures stressed by lightning impulses), the mass and elasticity of the system prevents it from being displaced appreciably and the relevant mechanical stress is essentially related to the specific energy of the current impulse. The peak value of the impulse current has a limited effect.

– If the duration of the impulse is comparable with or higher than the period of natural mechanical oscillation of the structure, the displacement of the system is more sensitive to the shape of the applied stress. In this case, the peak value of the current impulse and its specific energy needs to be reproduced during the test.

Питома енергія імпульсу струму визначає напругу, що спричиняє пружну й пластичну деформацію конструкції LPS. Числові значення, які має бути враховано, відповідають першому удару.

The specific energy of the impulse current governs the stress causing the elastic and plastic deformation of the LPS structure. Numerical values to be considered are those relevant to the first stroke.

Максимальні значення імпульсного струму визначають довжину максимального зміщення конструкції LPS у випадку жорстких систем, що мають високі частоти власних коливань. Числові значення, які має бути враховано, відповідають першому удару.

The maximum values of the impulse current govern the length of the maximum displacement of the LPS structure, in case of rigid systems having high natural oscillation frequencies. Numerical values to be considered are those relevant to the first stroke.

D.5.3.3 Сполучні компоненти

D.5.3.3 Connecting components

Компоненти, які сполучають сусідні провідники LPS, є можливими точками механічної й теплової вразливості, у яких виникають дуже високі обтяження.

Connecting components between adjacent conductors of an LPS are possible points of mechanical and thermal weakness where very high stresses occur.

Якщо злучник розташовано таким чином, що провідник утворює прямий кут, головний вплив обтяжень пов'язано з механічними силами, які прагнуть випрямити систему провідників та подолати сили

In the case of a connector placed in such a manner as to make the conductor follow a right angle, the main effects of the stresses are linked with mechanical forces which tend to straighten the conductor set and overcome тертя між сполучним компонентом й провідниками таким чином, аби висмикнути провідники зі з'єднання. Також є можливим розвиток дуг у точках контакту окремих частин. До того ж, значний ефект має нагрівання, зумовлене концентрацією струму на малих контактних поверхнях.

the friction forces between the connecting component and the conductors, thus pulling the connection apart. The development of arcs at the points of contact of the different parts is possible. Moreover, the heating effect caused by the concentration of current over small contact surfaces has a notable effect.

Лабораторні випробування показали, що важко відокремити дії одну від одної за наявності комплексного синергізму. На механічну міцність впливає локальне топлення зони контакту. Відносні зсуви сполучних компонентів сприяють розвитку дуг й відповідному інтенсивному виділенню теплоти.

Laboratory tests have shown that it is difficult to separate each effect from the others as a complex synergism takes place. Mechanical strength is affected by local melting of the area of contact. Relative displacements between parts of the connection components promote the development of arcs and the consequential intense heat generation.

За відсутності дієвої моделі, лабораторні випробування належить виконувати таким чином, аби представити якнайдокладніше відповідні параметри струму блискавки в найкритичніших ситуаціях, тобто відповідні параметри струму блискавки має бути представлено у єдиному електричному тесті.

In the absence of a valid model, laboratory tests should be conducted in such a way as to represent as closely as possible the appropriate parameters of the lightning current in the most critical situation, i.e. the appropriate parameters of the lightning current shall be applied by means of a single electrical test.

У цьому випадку належить розглядати три параметри: пікове значення, питому енергію й тривалість імпульсу струму.

Three parameters should be considered in this case: the peak value, the specific energy and the duration of the impulse current.

Максимальні значення імпульсного струму визначають максимальну силу, або, якщо електродинамічна розтяжна сила перевищить силу тертя, довжину максимального зміщення конструкції LPS. Числові значення, які належить враховувати, відповідають першому удару. Надійні дані можна отримати, беручи до уваги позитивні удари.

The maximum values of the impulse current govern the maximum force, or, if and after the electrodynamic pulling force exceeds the friction force, the length of the maximum displacement of the LPS structure. Numerical values to be considered are those relevant to the first stroke. Conservative data are obtained by considering positive strokes.

Питома енергія імпульсу струму визначає нагрівання контактних поверхонь, де струм концентрується на невеликих ділянках. Числові значення, які належить враховувати, відповідають першому удару. Надійні дані можна отримати, беручи до уваги позитивні удари.

The specific energy of the current impulse governs the heating at contact surfaces where the current is concentrated over small areas. Numerical values to be considered are those relevant to the first stroke. Conservative data are obtained by considering positive strokes.

Тривалість імпульсу струму визначає максимальне зміщення конструкції після того, як буде перевищено сили тертя, та відіграє важливу ролю у процесі передачі теплоти до матеріалу.

The duration of the impulse current governs the maximum displacement of the structure after friction forces are exceeded and has an important role in the heat transfer phenomena into the material.

D.5.3.4 Земляне закінчення

D.5.3.4 Earth-termination

Реальні проблеми з електродами земляного закінчення пов'язані з хімічною корозією й механічними пошкодженнями, спричиненими силами, які є відмінними від електродинамічних сил. У практичних випадках, електродугова ерозія уземлювального електроду уземлення не має особливого значення.

The real problems with earth-termination electrodes are linked with chemical corrosion and mechanical damage caused by forces other than electrodynamic forces. In practical cases, erosion of the earth electrode at the arc root is of minor importance. It is, however, to be considered that, contrary to air-terminations, a typical LPS has

Однак, необхідно враховувати, що на відміну від блискавковідводів, типова LPS має кілька земляних закінчень. Струм блискавки розподіляється між декількома уземлювальними електродами й, таким чином, спричиняє менший вплив. У цьому випадку належить розглядати два головних тестових параметри:

- заряд визначає доплив енергії до приелектродної зони дуги. Зокрема, внеском першого удару можна знехтувати, тоді як довгі удари справляють більш сувору дію на цей компонент;
- тривалість імпульсу струму відіграє важливу ролю у процесі передачі теплоти до матеріалу. Тривалість імпульсів струму, які прикладаються під час тестів, має бути порівнянною із довгими ударами (від 0,5 до 1 с).

several earth-terminations. The lightning current will be shared between several earthing electrodes, thus causing less important effects at the arc root. Two main test parameters should be considered in this case:

– the charge governs the energy input at the arc root. In particular, the contribution of the first stroke can be neglected since long duration strokes appear to be the most severe for this component;
– the duration of the current impulse has an important role in the heat transfer phenomena into the material. The duration of the current impulses applied during the testing should be comparable to those of long duration strokes (0,5 s to 1s).

D.6 Пристрої захисту від імпульсних перенапруг (SPD)

D.6 Surge protective device (SPD)

D.6.1 Загальні відомості

Дія напруги на SPD, спричинена блискавкою, залежить від типу розглядуваного SPD, з особливою увагою до того, є чи відсутній іскровий проміжок.

D.6.1 General

The effects of the stress on an SPD caused by lightning depend on the type of SPD considered, with particular reference to the presence or absence of a gap.

D.6.2 SPD, які містять іскрові проміжки

Вплив на іскрові проміжки, спричинений блискавкою, можна розділити на дві основних категорії:

- ерозія електродів проміжку нагріванням, топленням або випаровуванням матеріалу:
- механічна напруга, спричинена ударною хвилею виснаги.

Вкрай важко досліджувати ці впливи окремо, оскільки обидва пов'язані комплексними співвідношеннями з основними параметрами струму блискавки.

Для іскрових проміжків лабораторні випробування належить виконувати таким чином, аби представити якомога більш відповідні параметри струму блискавки у якомога більш критичних ситуаціях: тобто усі відповідні параметри струму блискавки мають бути представлені у одному електричному обтяженні.

У цьому випадку належить брати до уваги п'ять параметрів: пікове значення, заряд, тривалість, питому енергію і швидкість наростання імпульсного струму.

D.6.2 SPD containing spark gaps

Effects on spark gaps caused by lightning can be divided into two major categories:

– the erosion of the gap electrodes by heating, melting and vaporizing of material;
– the mechanical stress caused by the shock wave of the discharge.

It is extremely difficult to investigate separately these effects, as both are linked with the main lightning current parameters by means of complex relationships.

For spark gaps, laboratory tests shall be conducted in such a way as to represent as closely as possible the appropriate parameters of the lightning current in the most critical situation, i.e. all the appropriate parameters of the lightning current shall be applied by means of a single electrical stress.

Five parameters shall be considered in this case: the peak value, the charge, the duration, the specific energy and the rate of rise of the impulse current.

Пікове значення визначає інтенсивність ударної хвилі. Числові значення, які належить брати до уваги, відповідають першому удару. Надійні дані можна одержати розглядаючи позитивні удари.

Заряд визначає доплив енергії до дуги. Енергія у дузі нагріватиме, топитиме й, можливо, випаровуватиме частину матеріялу електроду у точці дотику дуги. Числові значення, які належить враховувати, відповідають усьому спалаху блискавки. Однак, зарядом тривалого струму у багатьох випадках можна знехтувати, залежно від конфігурації системи електроживлення (TN, TT або IT).

Тривалість імпульсу струму визначає процес передачі теплоти до маси електроду й, як наслідок, просування фронту топлення.

Питома енергія імпульсу струму визначає магнетне само-стиснення дуги та фізику плазмових струменів електроду, що повстають на поверхні поділу між електродом й дугою (що може роздмухати значну кількість розтопленого матеріялу). Числові значення, які необхідно враховувати, відповідають першому удару. Надійні дані можна одержати при розгляді позитивних ударів.

ПРИМІТКА: Для іскрових проміжків, що використовуються у системах електроживлення, можлива амплітуда супровідного струму промислової частоти являє собою важливий фактор впливу, який належить брати до уваги.

D.6.3 SPD, що містять метал-оксидні варистори

Обтяження метал-оксидних варисторів, спричинених блискавкою, можна розділити на дві основні категорії: переобтяження й поверхневий пробій. Кожна категорія характеризується режимами відмов, породжених різними явищами та обумовленими різними параметрами. Відмова метал-оксидних SPD пов'язана з його найнижчими характеристиками, й отже навряд чи може трапитися синергізм між різними фатальними обтяженнями. Видається, що прийнятним буде проводити окремі тести, аби перевірити поведінку за кожної з умов відмови.

Переобтяження спричиняються тим, що кількість поглиненої енергії перевищує можливості пристрою. Надлишкова енергія, яка тут розглядається, належить до дії власне блискавки. Проте, для SPD, які встановлено у системах електроживлення, супровідний струм, що упорскується до пристрою системою живлення негайно після припинення

The current peak value governs the severity of the shock-wave. Numerical values to be considered are those relevant to the first stroke. Conservative data are obtained by considering positive strokes.

The charge governs the energy input in the arc. The energy in the arc will heat up, melt and possibly vaporize part of the electrode material at the attachment point of the arc. Numerical values to be considered are those relevant to the whole lightning flash. However, the charge of the long duration current can be neglected in many cases, depending on the configuration of the power supply system (TN, TT or IT).

The duration of the impulse current governs the heat transfer phenomena into the mass of the electrode and the resulting propagation of the melt front.

The specific energy of the current impulse governs the self-magnetic compression of the arc and the physics of the electrode plasma jets developed at the interface between the electrode surface and the arc (which can blow out a significant amount of molten material). Numerical values to be considered are those relevant to the first stroke. Conservative data are obtained by considering positive strokes.

NOTE For spark gaps used on power supply systems, the possible power frequency follow current amplitude constitutes an important stress factor, which must be taken into consideration.

D.6.3 SPD containing metal-oxide varistors

Stress to metal-oxide varistors caused by lightning can be divided into two main categories: overload and flash-over. Each category is characterized by failure modes generated by different phenomena and governed by different parameters. The failure of a metal-oxide SPD is linked with its weakest characteristics and therefore it is unlikely that synergism between different fatal stresses can occur. It appears, therefore, to be acceptable to carry out separate tests to check the behaviour under each failure mode condition.

Overloads are caused by an amount of absorbed energy exceeding the capabilities of the device. The excessive energy considered here is related to the lightning stress itself. However, for SPDs installed on power supply systems, the follow current injected in the device by the power system immediately after the cessation of the lightning current flow can also play an important role in протікання струму блискавки, може також відігравати важливу ролю у руйнівному пошкодженні SPD. Нарешті, SPD може бути зруйновано внаслідок теплової нестабільності за прикладеної напруги з огляду на негативний температурний коефіцієнт вольт-амперної характеристики резисторів. Для моделювання переобтяження метал-оксидних варисторів має бути розглянуто один основний параметр: заряд.

the fatal damage of the SPD. Finally, an SPD can be fatally damaged by thermal instability under the applied voltage related to the negative temperature coefficient of the volt-ampere characteristics of the resistors. For the overload simulation of metal-oxide varistors, one main parameter is to be considered: the charge.

Заряд визначає надходження енергії до блоку метал-оксидних резисторів за умови незмінності залишкової напруги блоку метал-оксидних резисторів. Числові значення, які має бути враховано, відповідають спалаху блискавки.

The charge governs the energy input into the metal-oxide resistor block, considering as a constant the residual voltage of the metal-oxide resistor block. Numerical values to be considered are those relevant to the lightning flash.

Причиною поверхневих пробоїв та розколювань є те, що амплітуда імпульсів струму перевищує можливості резисторів. Цей характер відмови зазвичай свідчить про поверхневі пробої уздовж оболонки, які часом дістаються до блоку резисторів, спричиняючи тріщину або отвір перпендикулярно до оболонки. Відмова переважно пов'язана з втратою діелектричних властивостей оболонки блоку резисторів.

Flashovers and cracking are caused by the amplitude of current impulses exceeding the capabilities of the resistors. This failure mode is generally evidenced by an external flashover along the collar, sometimes penetrating into the resistor block causing a crack or a hole perpendicular to the collar. The failure is mainly linked with a dielectric collapse of the collar of the resistor block.

Для моделювання цього явища блискавки належить розглянути два основних параметри: максимальне значення й тривалість імпульсу струму.

For the simulation of this lightning phenomenon, two main parameters should be considered: the maximum value and the duration of the impulse current.

Максимальне значення імпульсу струму визначає, через відповідний рівень залишкової напруги, чи буде перевищено максимальна міцність діелектрика оболонки резисторів. Числові значення, які належить враховувати, відповідають першому удару. Надійні дані можна одержати при розгляді позитивних ударів.

The maximum value of the impulse current determines, through the corresponding level of residual voltage, whether the maximum dielectric strength on the resistor collar is exceeded. Numerical values to be considered are those relevant to the first stroke. Conservative data are obtained by considering positive strokes.

Тривалість імпульсу струму визначає тривалість впливу діелектричного обтяження на оболонку резисторів.

The duration of the impulse current governs the duration of application of the dielectric stress on the resistor collar.

D.7 Огляд тестових параметрів стосовно випробувань компонентів LPS

D.7 Summary of the test parameters to be adopted in testing LPS components

У Таблиці D.1 наведені найбільш критичні аспекти кожного компонента LPS за виконання ним своїх функцій та подано ті параметри струму блискавки, які має бути відтворено за лабораторних випробувань.

Table D.1 summarizes the most critical aspects of each LPS component during the performance of its function and gives the parameters of the lightning current to be reproduced in laboratory tests.

Числові значення, наведені у Таблиці D.1, відповідають параметрам блискавки у точці удару.

The numerical values given in Table D.1 are relevant to the lightning parameters of importance at the point of strike.

Тестові значення належить обчислювати з урахуванням розгалуження струму, що може бути

Test values should be calculated considering the current sharing which can be expressed by means of the current виражене за допомогою коефіцієнта розгалуження струму, як це було обговорено у пункті D.3.

sharing factor, as discussed in Clause D.3.

Числові значення параметрів, які використовуються за тестування, можуть, таким чином, бути розраховані на основі даних, поданих у Таблиці D.1, з доданням зменшувальних коефіцієнтів, пов'язаних з розгалуженням струму, як це виражено у формулі, наведеній у пункті D.3.

The numerical values of the parameters to be used during the tests can therefore be calculated on the base of the data given in Table D.1, applying the reduction factors linked with current sharing, as expressed by the formulae reported in Clause D.3.

Додаток E
(інформативний)

Імпульси грозового походження у різних точках установки

E.1 Огляд

Для визначення розмірів провідників, SPD та обладнання, належить визначити ступінь загрози внаслідок імпульсів у конкретній точці встановлення цих компонентів. Імпульси можуть повставати від (часткових) струмів блискавки та від індукованих явищ у петлях установки. Загроза від таких імпульсів має бути нижчою за рівні стійкості використовуваних компонентів (за необхідності, визначених відповідними тестами).

E.2 Імпульси, спричинені спалахами до будівлі (споруди) (джерело ушкодження S1)

E.2.1 Імпульси, що протікають зовнішніми струмопровідними частинами й лініями, приєднаними до будівлі (споруди)

Коли струм блискавки тече до землі, він розподіляється між системою земляного закінчення, зовнішніми струмопровідними частинами й лініями, які приєднано до них безпосередньо або за допомогою SPD.

Якщо

$$I_F = k_e \times I \qquad (E.1)$$

є частиною струму блискавки, яка відповідає кожній зовнішній струмопровідній частині або лінії, то k_e залежить від:

- числа паралельних шляхів
- стандартного імпедансу їхнього уземлення для підземних частин або їхнього опору уземлення там, де надземні частини приєднано до підземних частин - для надземних частин;
- стандартного імпедансу уземлення системи земляного закінчення.

Annex E
(informative)

Surges due to lightning at different installation points

E.1 Overview

For dimensioning of conductors, SPDs and apparatus, the threat due to surges at the particular installation point of these components should be determined. Surges can arise from (partial) lightning currents and from induction effects into installation loops. The threat due to these surges must be lower than the withstand levels of the components used (defined by adequate tests as necessary).

E.2 Surges due to flashes to the structure (source of damage S1)

E.2.1 Surges flowing through external conductive parts and lines connected to the structure

When conducted to earth, the lightning current is divided between the earth-termination system, the external conductive parts and the lines, directly or via SPDs connected to them.

If

is the part of the lightning current relevant to each external conductive part or line, then the current sharing factor k_e depends on:

– the number of parallel paths;

– their conventional earthing impedance for underground parts, or their earth resistance, where overhead parts connect to underground, for overhead parts;

– the conventional earthing impedance of the earth-termination system.

- *для підземної установки*
- *for underground installation*

$$k_e = \frac{Z}{Z_1 + Z \times (n_1 + n_2 \times \frac{Z_1}{Z_2})} \qquad (E.2)$$

- *для надземної установки*
- *for overhead installation*

$$k_e = \frac{Z}{Z_2 + Z \times (n_2 + n_1 \times \frac{Z_2}{Z_1})} \qquad (E.3)$$

де:

Z стандартний імпеданс уземлення системи земляного закінчення;

Z_1 стандартний імпеданс уземлення для зовнішніх частин або ліній (Таблиця Е. 1), які проходять під землею;

Z_2 опір уземлення уземлювального пристрою, що приєднує зовнішню лінію до землі. Якщо опір уземлення у точці уземлення не є відомим, то може бути використане значення Z1, показане у Таблиці Е. 1, (де питомий опір відповідає точці уземлення).

ПРИМІТКА 2 Це значення приймається у формулі, що подана вище, щоб бути одним й тим самим для кожної точки уземлення. Якщо це не так, належить використовувати складніші співвідношення.

n_1 загальне число зовнішніх частин або ліній, що проходять під землею;

n_2 загальне число зовнішніх частин або ліній, що проходять над землею;

I струм блискавки, що відповідає класу захисту (LPL) , який розглядається.

Припускаючи, у першому наближенні, що одна половина струму блискавки тече системою земляного закінчення, й що $Z_2 = Z_1$, значення k_e для зовнішньої провідної частини або лінії може бути оцінене як:

where

Z is the conventional earthing impedance of the earth-termination system;

Z_1 is the conventional earthing impedance of the external parts or lines (Table E.1) running underground;

Z_2 is the earth resistance of the earthing arrangement connecting the overhead line to ground. If the earth resistance of the earthing point is not known, the value of Z1 shown in Table E.1 may be used (where the resistivity is relevant to the earthing point).

NOTE 1 This value is assumed in the above formula to be the same for each earthing point. If this is not the case,more complex equations need to be used.

n_1 is the overall number of external parts or lines running underground;

n_2 is the overall number of external parts or lines running overhead;

I is the lightning current relevant to the lightning protection level (LPL) considered.

Assuming as a first approximation that one half of the lightning current flows in the earthtermination system and that $Z_2 = Z_1$, the value of k_e may be evaluated for an external conductive part or line by:

$$k_e = 0,5 / (n_1 + n_2) \qquad (E.4)$$

Якщо вхідні лінії (приміром електричні й телекомунікаційні лінії) не є екранованими або не є прокладеними металевою оболонкою, кожний з n' провідників лінії несе рівну частину струму блискавки

If entering lines (e.g. electrical and telecommunication lines) are unshielded or not routed in metal conduit, each of the n' conductors of the line carries an equal part of the lightning current

$$k'_e = k_e / n' \qquad (E.5)$$

де n' - загальне число провідників.

n' being the total number of conductors.

Для екранованих ліній, з'єднаних на вході, значення коефіцієнту розподілення струму k'_e для кожного з n' провідників екранованої лінії визначаються у такий спосіб:

For shielded lines bonded at the entrance, the values of current sharing factor k'_e for each of the n' conductors of a shielded line are given by:

$$k'_e = k_e \times R_s / (n' \times R_s + R_c) \qquad (E.6)$$

де:

R_s омічний опір одиниці довжини екрана;

R_c омічний опір одиниці довжини внутрішнього провідника.

where

R_s is the ohmic resistance per unit length of shield;

R_c is the ohmic resistance per unit length of inner conductor.

ПРИМІТКА 3 Ця формула може недооцінювати роль екрану у відведенні струму блискавки внаслідок взаємної індуктивності між провідником і екраном.

NOTE 2 This formula may underestimate the role of the shield in diverting lightning current due to mutual inductance between core and shield.

Таблиця Е. 1 - Значення стандартного імпедансу уземлення Z та Z_1 відповідно до питомого опору ґрунту

Table E.1 – Conventional earthing impedance values Z and Z_1 acco rding to the resistivity of the soil

ρ, Ом м ρ, Ω m	Z_1[a], Ом Z_1[a], Ω	Імпеданс уземлення, відповідно до класу LPS [b], Z, Ом Conventional earthing impedance related to the type of LPS [b], Z, Ω		
		I	II	III - IV
≤ 100	8	4	4	4
200	11	6	6	6
500	16	10	10	10
1 000	22	10	15	20
2 000	28	10	15	40
3 000	35	10	15	60

ПРИМІТКА Значення, наведені у цій таблиці, належать до імпедансу закопаного провідника за умов імпульсу (10/ 350 мкс)
NOTE Values reported in this table refer to the conventional earthing impedance of a buried conductor under impulse condition (10/350 μs).

[a] Значення стосуються зовнішніх частин понад 100 м завдовжки. Для зовнішніх частин, коротших за 100 м, у ґрунтах з високим питомим опором (>500 Ом м) значення Z_1 може бути подвоєно.
Values referred to external parts length over 100 m. For length of external parts lower than 100 m in high resistivity soil (> 500 Ωm) values of Z_1 could be doubled.

b Системи уземлення, які відповідають п. 5.4 IEC 62305-3:2010.
Earthing system complying with 5.4 of IEC 62305-3:2010.

Е.2.2 Фактори, що впливають на розподіл струму блискавки у лініях живлення

За докладних розрахунків, кілька факторів можуть впливати на амплітуду й форму таких імпульсів:

- довжина кабелю може впливати на розподіл струму й характеристики форми залежно від співвідношення L/R;
- різні імпеданси нейтрального та фазного провідників можуть впливати на розподіл струму між провідниками лінії;

ПРИМІТКА 1 Приміром, якщо нейтральний (*N*) провідник уземлено у кількох місцях, то менший імпеданс *N*, порівняно з фазними провідниками L_1, L_2, і L_3, може призвести до протікання 50 % струму провідником N, тоді як решту 50 % буде розподілено між іншими 3-ма фазними провідниками (17 % на кожну). Якщо *N*, L_1, L_2 і L_3 мають однакові імпеданси, то кожен з провідників нестиме біля 25 % струму.

- різні імпеданси трансформатора можуть впливати на розподіл струму (цим впливом

E.2.2 Factors influencing the sharing of the lightning current in power lines

For detailed calculations, several factors can influence the amplitude and the shape of such surges:

- the cable length can influence current sharing and shape characteristics due to the L/R ratio;
- different impedances of neutral and phase conductors can influence current sharing among line conductors;

NOTE 1 For example, if the neutral (*N*) conductor has multiple earths, the lower impedance of *N* compared with phase conductors L_1, L_2, and L_3 could result in 50 % of the current flowing through the *N* conductor with the remaining 50 % being shared by the other 3 phase conductors (17 % each). If *N*, L_1, L_2, and L_3 have the same impedance, each conductor will carry approximately 25 % of the current.

- different transformer impedances can influence current sharing (this effect is negligible, if the можна знехтувати, якщо трансформатор є захищений SPD, який узбочує його імпеданс);

- співвідношення між стандартними опорами уземлення трансформатора й пристроїв з боку обтяження можуть впливати на розподіл струму (що нижчим є імпеданс трансформатора, тим вищим є струм імпульсу, який плине до низьковольтної системи);
- паралельні споживачі спричиняють зниження ефективного імпедансу низьковольтної системи; це може підвищити частковий струм блискавки, який плине до системи.

ПРИМІТКА 2 Для більш детальної інформації зверніться до Додатку D, IEC 62305-4:2010.

E.3 Імпульси у лініях, приєднаних до будівлі (споруди)

E.3.1 Імпульси за спалахів до ліній (джерело пошкодження S3)

Для прямих спалахів блискавки до приєднаних ліній належить брати до уваги розподіл струму блискавки на два напрямки лінії та пробиття ізоляції.

Вибір значення I_{imp} може базуватися на значеннях, поданих у Таблиці E.2 та E.3 для систем низької напруги й та Таблиці E.3 для систем телекомунікації де переважні значення I_{imp} пов'язані з рівнем захисту від блискавки (LPL).

transformer is protected by SPDs bypassing its impedance);

- the relation between the conventional earthing resistances of the transformer and the items on the load side can influence current sharing (the lower the transformer impedance, the higher is the surge current flowing into the low voltage system);
- parallel consumers cause a reduction of the effective impedance of the low voltage system; this may increase the partial lightning current flowing into this system.

NOTE 2 Refer to Annex D of IEC 62305-4:2010 for more information.

E.3 Surges relevant to lines connected to the structure

E.3.1 Surges due to flashes to lines (source of damage S3)

For direct lightning flashes to connected lines, partitioning of the lightning current in both directions of the line and the breakdown of insulation should be taken into account.

The selection of the I_{imp} value can be based on values given in Tables E.2 and E.3 for lowvoltage systems and Table E.3 for telecommunication systems where the preferred values of I_{imp} are associated with the lightning protection level (LPL).

Таблиця Е.2 - Очікувані імпульсні переобтяження струмом у системах низької напруги, спричинені спалахами блискавки

Table E.2 – Expected surge overcurrents due to lightning flashes on low-voltage systems

LPL (клас) (class)	Системи низької напруги Low-voltage systems			
	Прямі та непрямі спалахи до забезпечень Direct and indirect flashes to the service		Спалах поблизу будівлі (споруди)[a] Flash near the structure[a]	Спалах до будівлі (споруди)[a] Flash to the structure[a]
	Джерело пошкодження S3 (прямий спалах)[b] Source of damage S3 (direct flash)[b] Форма імпульсу: 10/350 мкс кА Current shape: 10/350 μs kA	Джерело пошкодження S4 (непрямий спалах)[c] Source of damage S4 (indirect flash)[c] Форма імпульсу: 8/20 мкс кА Current shape: 8/20 μs kA	Джерело пошкодження S3 (індукований струм)[c] Source of damage S3 (induced current)[c] Форма імпульсу[d]: 8/20 мкс кА Current shape[d]: 8/20 μs kA	Джерело пошкодження S1 (індукований струм)[c] Source of damage S1 (induced current)[c] Форма імпульсу[d]: 8/20 мкс кА Current shape[d]: 8/20 μs kA
III - IV	5	2,5	0,1	5
II	7,5	3,75	0,15	7,5
I	10	5	0,2	10

ПРИМІТКА Усі значення стосуються кожного з провідників лінії

NOTE All values refer to each line conductor.

[a] На величину очікуваних імпульсів надструмів впливає довжина петлі провідників та відстань від струму, який індукує. Значення у Таблиці Е.2 стосуються короткозамкненої неекранованої петлі провідників, прокладених у різний спосіб у великих будинках (площа близько 50 м^2, у 5 м завширшки), відстань у 1 м від стін будівлі (споруди), всередині неекранованої будівлі (споруди) з LPS (k_c = 0,5). Для інших петель та характеристик будівлі (споруди), значення належить помножити на коефіцієнти K_{S1}, K_{S2}, K_{S3} (дивись розділ В.4 IEC 62305-2:2010).

Loop conductors routing and distance from inducing current affect the values of expected surge overcurrents. Values in Table E.2 refer to short-circuited, unshielded loop conductors with different routing in large buildings (loop area in the order of 50 m^2, width = 5 m), 1 m apart from the structure wall, inside an unshielded structure or building with LPS (k_c = 0,5). For other loop and structure characteristics, values should be multiplied by factors K_{S1}, K_{S2}, K_{S3} (see Clause B.4 of IEC 62305-2:2010).

[b] Значення стосуються удару, який припав на останню опору, поблизу споживача, багатопровідної (три фази + нейтраль) лінії.

Values relevant to the case of the strike to the last pole of the line close to the consumer and multiconductor (three phase + neutral) line

[c] Значення стосуються повітряних ліній. Для підземних ліній значення належить переполовинити.

Values referred to overhead lines. For buried lines values can be halved.

[d] Індуктивність та опір петлі впливають на форму індукованого струму. Якщо опором петлі можна знехтувати, належить припускати форму 10/350 мкс. Це є той випадок, коли у ланці з індукованим струмом встановлено SPD типу, який відтинає

Loop inductance and resistance affect the shape of the induced current. Where the loop resistance is negligible, the shape 10/350 μs should be assumed. This is the case where a switching type SPD is installed in the induced circuit.

Таблиця Е.3 - Очікувані імпульсні переобтяження струмом у системах телекомунікації, спричинені спалахами блискавки

Table E.3 – Expected surge overcurrents due to lightning flashes on telecommunication systems

LPL (клас) (class)	Системи телекомунікації[a] Telecommunication systems[a]			
	Прямі та непрямі спалахи до забезпечень Direct and indirect flashes to the service		Спалах поблизу будівлі (споруди)[a] Flash near the structure[a]	Спалах до будівлі (споруди)[a] Flash to the structure[a]
	Джерело пошкодження S3 (прямий спалах)[c] Source of damage S3 (direct flash)[c] Форма імпульсу: 10/350 мкс кА Current shape: 10/350 μs kA	Джерело пошкодження S4 (непрямий спалах)[d] Source of damage S4 (indirect flash)[d] Форма імпульсу: 8/20 мкс кА Current shape: 8/20 μs kA	Джерело пошкодження S3 (індукований струм) Source of damage S3 (induced current) Форма імпульсу: 8/20 мкс кА Current shape: 8/20 μs kA	Джерело пошкодження S1 (індукований струм) Source of damage S1 (induced current) Форма імпульсу: 8/20 мкс кА Current shape: 8/20 μs kA
III - IV	1	0,035	0,1	5
II	1,5	0,085	0,15	7,5
I	2	0,160	0,2	10

ПРИМІТКА Усі значення стосуються кожного з провідників лінії

NOTE All values refer to each line conductor.

[a] Зверністься до рекомендацій UTU-T[6]K.67 по додаткові відомості.
Refer to ITU-T Recommendation K.67 [6] for more information.

[b] Індуктивність та опір петлі впливають на форму індукованого струму. Значення у Таблиці Е.3 стосуються короткозамкненої неекранованої петлі провідників, прокладених у різний спосіб у великих будинках (площа близько 50 м^2, у 5 м завширшки), відстань у 1 м від стін будівлі (споруди), всередині неекранованої будівлі (споруди) з LPS (k_c = 0,5). Для інших петель та характеристик будівлі (споруди), значення належить помножити на коефіцієнти K_{S1}, K_{S2}, K_{S3} (дивись розділ В.4 IEC 62305-2:2010).
Loop conductors routing and distance from inducing current affect the values of expected surge overcurrents.
Values in Table E.3 refer to short-circuited, unshielded loop conductors with different routing in large buildings (loop area in the order of 50 m^2, width = 5 m), 1 m apart from the structure wall, inside an unshielded structure or building with LPS (k_c = 0,5).
For other loop and structure characteristics, values should be multiplied by factors K_{S1}, K_{S2}, K_{S3} (see Clause B.4 of IEC 62305-2:2010).

[c] Значення стосуються неекранованих ліній з численними парами. Для неекранованого кабелю відводу до споживача значення мають бути у 5 разів вищими
Values referred to unshielded lines with many pairs. For an unshielded drop wire, values could be 5 times higher.

[d] Значення стосуються повітряних ліній. Для підземних ліній значення належить переполовинити.
Values referred to overhead unshielded lines. For buried lines values can be halved.

Для екранованих ліній величини переобтяження струмом, подані у Таблиці Е.2, можуть бути зменшені з коефіцієнтом 0,5.

For shielded lines, the values of the overcurrents given in Table E.2 can be reduced by a factor of 0,5.

ПРИМІТКА Передбачається, що опір екрану приблизно дорівнює опору усіх лінійних провідників у паралель.

NOTE It is assumed that the resistance of the shield is approximately equal to the resistance of all line conductors in parallel.

E.3.2 Імпульси унаслідок спалахів поряд із лініями (джерело пошкодження S4)

E.3.2 Surges due to flashes near the lines (source of damage S4)

Імпульси від спалахів поблизу ліній мають енергії набагато нижчі, ніж ті, які пов'язані зі спалахами до ліній (джерело пошкоджень S3).

Surges from flashes near lines have energies much lower than those associated with flashes to lines (source of damage S3).

Очікувані переобтяження струмом, пов'язані з конкретним рівнем захисту від блискавки, наведено у Таблицях E.2 та E.3.

Expected overcurrents, associated with a specific lightning protection level (LPL) are given in Tables E.2 and E.3.

Для екранованих ліній величини переобтяження струмом, наведені у Таблицях E.2 та E.3, можуть бути зменшені з коефіцієнтом 0,5.

For shielded lines the values of overcurrents given in Tables E.2 and E.3 can be reduced by a factor 0,5.

E.4 Імпульси унаслідок індукційної дії (джерело пошкодження S1 або S2)

E.4 Surges due to induction effects (source of damage S1 or S2)

E.4.1 Загальні положення

E.4.1 General

Імпульси унаслідок індукційної дії від магнетних полів, які генерується або близькими спалахами блискавки (джерело S2), або струмом блискавки, що протікає зовнішньою LPS, або просторовим екраном LPZ 1 (джерело S1), мають типову форму струму 8/20 мкс. Такі імпульси має бути розглянуто поблизу або на клемах апаратів усередині LPZ 1 та на межі зон LPZ 1/2.

Surges due to induction effects from magnetic fields, generated either from nearby lightning flashes (source S2) or from lightning current flowing in the external LPS or the spatial shield of LPZ 1 (source S1) have a typical current shape of 8/20 µs. Such surges are to be considered close to or at the terminal of apparatus inside LPZ 1 and at the boundary of LPZ 1/2.

E.4.2 Імпульси усередині неекранованої LPZ 1

E.4.2 Surges inside an unshielded LPZ 1

Усередині неекранованої LPZ 1 (приміром, захищеною лише зовнішньою LPS відповідно до IEC 62305-3 з шириною сітки понад 5 м) належить очікувати на відносно сильні імпульси унаслідок індукційної дії не ослабленого магнетного поля.

Inside an unshielded LPZ 1 (e.g. protected only by an external LPS according to IEC 62305-3 with mesh width greater than 5 m) relatively high surges are to be expected due to the induction effects from the undamped magnetic field.

Очікувані переобтяження струмом, пов'язані з конкретним рівнем захисту від блискавки (LPL), подано у Таблицях E.2 та E.3.

Expected overcurrents, associated with a specific lightning protection level (LPL) are given in Tables E.2 and E.3.

E.4.3 Імпульси усередині екранованих LPZ

E.4.3 Surges inside shielded LPZs

Усередині тих LPZ, які мають ефективне просторове екрануванням (вимагається сітка шириною менше 5 м згідно Додатка A IEC 62305-4:2010), генерування імпульсів унаслідок індукційної дії магнетних полів значно зменшується. У таких випадках імпульси є набагато нижчими за подані у Таблицях E.2 та E.3.

Inside LPZs with effective spatial shielding (requiring mesh width below 5 m according to Annex A of IEC 62305-4:2011), the generation of surges due to induction effects from magnetic fields is strongly reduced. In such cases the surges are much lower than those given in E.4.2.

Усередині LPZ 1 ефекти індукції є нижчими через послаблення, спричинене просторовим екраном.

Inside LPZ 1 the induction effects are lower due to the damping effect of its spatial shield.

Усередині LPZ 2 імпульси далі знижуються завдяки каскадній дії обох просторових екранів LPZ 1 й LPZ 2.

Inside LPZ 2 the surges are further reduced due to the cascaded effect of both spatial shields of LPZ 1 and LPZ 2.

E.5 Загальна інформація стосовно SPD

E.5 General information relating to SPDs

Використання SPD залежить від їхньої стійкості, класифікованої у IEC 61643-1[7] для живильних та у IEC 61643-21[8] для телекомунікаційних систем.

The use of SPDs depends on their withstand capability, classified in IEC 61643-1[7] for power and in IEC 61643-21[8] for telecommunication systems.

SPD, за місцем їхнього встановлення, використовуються наступним чином:

a) На уводі лінії до будівлі (споруди) (на межі LPZ 1, приміром, у головному розподільному щиті MB);

- SPD, випробувані Iimp (типова форма струму 10/350), приміром, SPD, випробувані відповідно до Класу I;
- SPD, випробувані In. (типова форма струму 8/20), приміром, SPD, випробувані відповідно до Класу II;

b) Поряд з апаратами, які має бути захищено, (на межі LPZ 2 і вищої, приміром, у вторинному розподільному щиті SB, або у розетці SA);

- SPD, випробувані I_{imp} (типова форма струму 10/350), тобто SPD, випробувані відповідо до Класу I для силових SPD);
- SPD, випробувані I_n. (типова форма струму 8/20), приміром, SPD, випробувані відповідно до Класу II;
- SPD, випробувані комбінованою хвилею (типова форма струму 8/20), приміром, SPD, випробувані відповідно до Класу III.

SPDs to be used according to their installation position are as follows:

a) At the line entrance into the structure (at the boundary of LPZ 1, e.g. at the main distribution board MB):

- SPD tested with Iimp (typical current shape 10/350), e.g. SPD tested according to Class I;
- SPD tested with In (typical current shape 8/20), e.g. SPD tested according to Class II.

b) Close to the apparatus to be protected (at the boundary of LPZ 2 and higher, e.g. at a secondary distribution board SB, or at a socket outlet SA):

- SPD tested with I_{imp} (typical current shape 10/350), e.g. SPD tested according to Class I for power SPDs);
- SPD tested with I_n (typical current shape 8/20), e.g. SPD tested according to Class II);
- SPD tested with a combination wave (typical current current shape 8/20), e.g. SPD tested according to Class III.

Бібліографія

[1] IEC 60664-1:2007, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests (Координація ізоляції для устаткування систем низької напруги. Частина 1: Принципи, вимоги й випробування)

[2] IEC 61000-4-5, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test (Електромагнетна сумісність (EMC) - Частина 4-5: Випробування і способи виміру – Випробування на стійкість до імпульсів)

[3] BERGER K., ANDERSON R.B., KRÖNINGER H., Parameters of lightning flashes. (Параметри спалахів блискавки). CIGRE Electra No 41 (1975), p. 23 – 37

[4] ANDERSON R.B., ERIKSSON A.J., Lightning parameters for engineering application. (Параметри блискавки для інженерного застосування). CIGRE Electra No 69 (1980), p. 65 – 102

[5] IEEE working group report, Estimating lightning performance of transmission lines-Analytical models. (Оцінювання дії блискавки на лінії електропередачі – Аналітичні моделі). IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 8, n. 3, July 1993

[6] ITU-T Recommendation K.67, Expected surges on telecommunications and signalling networks due to lightning (Очікувані імпульси у мережах телекомунікації та сигналізації через дію блискавки).

[7] IEC 61643-1, Low-voltage surge protective devices – Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems – Requirements and tests (Низьковольтні SPD - Частина 1: SPD, приєднані до низьковольтних систем розподілу енергії - Вимоги й випробування).

[8] IEC 61643-21 Low-voltage surge protective devices – Part 21: Surge protective devices connected to telecommunications and signalling networks – Performance requirements and testing methods (Низьковольтні SPD - Частина 21: SPD, приєднані до мереж телекомунікації та сигналізації – Експлуатаційні вимоги й методи випробування).

Bibliography

[1] IEC 60664-1:2007, Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests

[2] IEC 61000-4-5, Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test

[3] BERGER K., ANDERSON R.B., KRÖNINGER H., Parameters of lightning flashes. CIGRE Electra No 41 (1975), p. 23 – 37

[4] ANDERSON R.B., ERIKSSON A.J., Lightning parameters for engineering application. CIGRE Electra No 69 (1980), p. 65 – 102

[5] IEEE working group report, Estimating lightning performance of transmission lines- Analytical models. IEEE Transactions on Power Delivery, Volume 8, n. 3, July 1993

[6] ITU-T Recommendation K.67, Expected surges on telecommunications and signalling networks due to lightning

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

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

Міні-словничок

випромінні – излучающие

випромінний – излучающий