

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого  
Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

**«До захисту в ЕК»**

Директор інституту

\_\_\_\_\_ Сергій БЛАЖЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_» лютого 2023 р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Сергій БАЛЮТА  
(підпис) (ім'я та прізвище)

«\_\_» лютого 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Електротехнічні системи електроспоживання»

на тему: «Улаштування сучасних засобів та методів систем блискавкозахисту електричних мереж напругою 0,4-10 кВ»

---

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЗЕЛ-2-5М

\_\_\_\_\_ Павленко Юлія Михайлівна  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник Бориченко Олена Володимирівна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультанти

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент

Олександр МАРТИНЮК

(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2023 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально - науковий інженерно - технічний інститут ім. акад І.С.Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Електротехнічні системи електроспоживання»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри ЕПЕМ

Сергій БАЛЮТА

“11” листопада 2022 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Павленко Юлії Михайлівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Улаштування сучасних засобів та методів систем блискавкозахисту електричних мереж напругою 0,4-10 кВ»

керівник роботи Бориченко Олена Володимирівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 11 ” листопада 2022 року № 810-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 10 лютого 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Інсталяція сучасних засобів й методів побудови блискавкозахисту електричних мереж напругою 0,4-10кВ.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1) Дослідження систем й методів побудови блискавкозахисту існуючих в Україні. 2)

Проаналізувати реальний стан існування грозової активності на території України. 3)

Провести порівняльний аналіз вже існуючих засобів й методів побудови

блискавкозахисту. 4) Запропонувати варіації підвищення ефективності систем й

методів побудови блискавкозахисту в промислових й адміністративних установах

електричних мереж. 5) Виконати аналіз проекту для визначення можливостей

принципової його ринкового впровадження й напрямків реалізації цього впровадження

з метою підвищення ефективності систем й методів побудови блискавкозахисту в

промислових й адміністративних установах електричних мереж.

5. Перелік графічного матеріалу

Презентація до пояснювальної записки – « 12 слайдів »

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 11 листопада 2022 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на магістерську роботу	11.11.2022 р.	Виконано
2	Вступ	12 - 14.11.2022 р.	Виконано
3	Аналіз літературних джерел	15 – 16.11.2022р.	Виконано
4	Складання плану роботи	16 – 17.11.2022 р.	Виконано
5	Робота над першим розділом	18.11.– 30.11.2022р.	Виконано
6	Робота над другим розділом	01.12.-11.12.2022 р.	Виконано
7	Робота над третім розділом	12.12.-22.12.2022 р.	Виконано
8	Робота над четвертим розділом	23.12.-07.01.2023р.	Виконано
9	Робота над п'ятим розділом розробка стартап проекту. Висновок.	08.01.-21.01.2023р.	Виконано
10	Оформлення пояснювальної записки	22.01.–26.01.2023 р.	Виконано
11	Оформлення графічної частини роботи (презентація)	27.01.-31.01.2023р.	Виконано
12	Подання готової роботи для перевірки на плагіат	10.02.2023 р.	Виконано

**Здобувач**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Павленко Ю.М.**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

**Бориченко О.В.**

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Павленко Ю.М. Улаштування сучасних засобів та методів систем блискавкозахисту електричних мереж напругою 0,4-10 кВ.

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Національний Університет Харчових Технологій

Київ 2023

У дипломній роботі розглянуто питання підвищення надійності функціонування електричних мереж, із застосуванням засобів й методів захисту від перенавантаження мережі у разі виникнення грозової активності.

Для досягнення поставленої мети вирішуються наступні актуальні задачі:

1. Дослідження систем блискавкозахисту що існують в теперешній час в Україні.
2. Аналіз стану грозової діяльності усїєї території України.
3. Проведення порівняльного аналізу існуючих засобів й методів побудови систем активного блискавкозахисту.
4. Розробити методи та засоби підвищення ефективності функціонування систем блискавкозахисту в промислових й адміністративних будівлях та електричних мереж в цілому.
5. Провести економічний аналіз проекту для визначення можливостей принципового ринкового впровадження й можливих напрямків реалізації цього практичного впровадження.

Об'єкт дослідження: побудова ефективної роботи електричних мереж.

Предмет дослідження: вдосконалення існуючих сучасних засобів й методів систем блискавкозахисту електричних мереж напругою 0,4-10 кВ.

Методи досліджень: для розв'язання й аналізу поставлених завдань й задач використані чисельні та статистичні методи, а також методи теорії моделювання, тощо.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Формалізований структурний огляд в Україні вже існуючих систем та пристроїв блискавкозахисту.
2. Для систем блискавкозахисту запропоновано принципово нове рішення, а саме – систему активного блискавкозахисту системи електропостачання.

Практичне значення одержаних результатів надає можливість запропонувати, розробити та впровадити більш ефективні системи блискавкозахисту в Україні.

**Ключові слова:** ефективність захисту, система електропостачання, захист людей та споруд, блискавкоприймач, струмовідвід, блискавкозахист, активний блискавкозахист, іонізація повітряного проміжку, заземлювач.

## ANNOTATION

Pavlenko Y.M. Installation of modern means and methods of lightning protection systems of electrical networks with a voltage of 0.4-10 kV.

141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

National University of Food Technologies

Kyiv 2023

The thesis examines the issue of increasing the reliability of the operation of electrical networks, using means and methods of protection against network overload in the event of thunderstorm activity.

To achieve the goal, the following urgent tasks are solved:

1. Research of lightning protection systems that currently exist in Ukraine.
2. Analysis of the state of thunderstorm activity throughout the territory of Ukraine.
3. Carrying out a comparative analysis of existing means and methods of building active lightning protection systems.
4. To develop methods and means of increasing the efficiency of the functioning of lightning protection systems in industrial and administrative buildings and electrical networks as a whole.
5. To conduct an economic analysis of the project to determine the possibilities of principled market implementation and possible directions of implementation of this practical implementation.

The object of research: construction of efficient operation of electrical networks.

Research subject: improvement of existing modern means and methods of lightning protection systems of electrical networks with a voltage of 0,4-10 kV.

Research methods: numerical and statistical methods, as well as methods of modeling theory, etc., are used to solve and analyze the tasks and problems.

Scientific novelty of the obtained results.

1. Formalized structural review of existing lightning protection systems and devices in Ukraine.
2. A fundamentally new solution is proposed for lightning protection systems, namely, a system of active lightning protection of the power supply system.

The practical significance of the obtained results provides an opportunity to propose, develop and implement more effective lightning protection systems in Ukraine.

**Key words:** protection effectiveness, power supply system, protection of people and buildings, lightning arrester, current arrester, lightning protection, active lightning protection, air gap ionization, grounding device.

## ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1 ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 2 СИСТЕМА БЛИСКАВКОЗАХИСТУ ВИРОБНИЧИХ Й ЖИТЛОВИХ БУДІВЛЬ ТА СПОРУД .....	18
2.1 Що собою являє явище блискавки .....	18
2.2 Узагальнений опис грозової активності в виробничих й житлових будівлях та спорудах .....	21
2.3 Руйнівні наслідки явища блискавки .....	22
2.4 Усі класи об'єктів захисту .....	25
2.5 Методи й засоби побудови систем блискавкозахисту .....	27
2.5.1 Система блискавкозахисту яка відноситься до категорії зовнішнього облаштування .....	27
2.5.1.1 Використання вертикального заземлювача стовпового типу	29
2.5.1.2 Улаштування та використання заземлювачів фундаментних	29
2.5.1.3 Інші поширені типи металевих покрівель .....	37
2.5.1.4 Покрівлі будівель та споруд шифером та деревом .....	37
2.5.1.5 Усі типи керамічної плитки .....	38
2.5.2 Внутрішня система блискавкозахисту яка використовується в житлових будівлях й спорудах .....	38
2.6 Області захисту від грозового явища житлових і виробничих будівель й споруд .....	40
ВИСНОВКИ ПО ЦЬОМУ РОЗДІЛУ.....	44
РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА СИСТЕМИ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ НА СТАНЦІЯХ ТА ПІДСТАНЦІЯХ .....	45
3.1 Побудова повного комплексного блискавкозахисту захисту станцій та підстанцій .....	45

3.2 Забезпечення блискавкозахисту електричних станцій та підстанцій від прямих вражень блискавки .....	47
3.3 Принцип роботи громовідводів .....	47
3.4 Умови монтажу громовідводів .....	51
3.5 Умови вибору пристрою захисту від імпульсних перенапруг ...	52
3.5.1 Призначення, галузь використання та конструкція розрядників	52
3.5.2 Конструкція пристрою для обмеження перенапруг .....	54
3.6 Заходи охорони праці систем захисту електроустановок .....	55
3.7 Електроустановки станції та підстанції які підлягають блискавкозахисту .....	56
ВИСНОВОК ПО ЦЬОМУ РОЗДІЛУ .....	57
РОЗДІЛ 4 ПРИНЦИП ПОБУДОВИ УСТАТКУВАННЯ СИСТЕМИ АКТИВНОГО БЛИСКАВКОЗАХИСТУ .....	58
4.1 Конструкція активного блискавкозахисту з наявністю живлення	58
4.2 Конструкція активного блискавкозахисту без живлення .....	62
4.2.1 Принцип функціонування .....	63
4.3 Розрахунок ефективної частоти іонізації при наявності блискавки	68
4.4 Розрахунок рівноваги потоку електронів при наявності блискавки	73
ВИСНОВОК ПО ЦЬОМУ РОЗДІЛУ .....	74
РОЗДІЛ 5 САРТАП ПРОЄКТ «УЛАШТУВАННЯ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ Й МЕТОДІВ СИСТЕМ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ НАПРУГОЮ 0,4-10 кВ» .....	75
5.1 Загальна концепція даного проєкту .....	75
5.2 Технічний зміст концепції даного проєкту .....	77
5.3 Аналіз ринкових перспектив для реалізації ефективних стартап проєктів .....	78
5.4 Формування ринкової стратегії проєкту .....	86
5.5 Побудова маркетингового плану даного проєкту .....	89
ВИСНОВОК ПО ЦЬОМУ РОЗДІЛУ .....	94
ВИСНОВКИ.....	95
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	97
ДОДАТКИ .....	101

## РОЗДІЛ 1 ВСТУП

**Структура і обсяг дисертаційної роботи.** Робота складається зі наступних частин: вступу, п'яти розділів основної частини, самого проєкту, узагальнених висновків, списку використаних та рекомендованих літературних джерел. Загальний обсяг дисертації складає 104 сторінки, у тому числі 90 сторінок основного тексту, 45 ілюстрацій, 27 таблиць, список використаних та рекомендованих джерел, що містить 36 найменувань на 4-х аркушах.

**Актуальність теми.** Відомо, що, блискавкозахист споруд та будівель, розподільчих підстанцій й станцій – це сукупний комплекс спеціальних пристосувань і практичних рішень для безпеки будівлі, а також обладнання і життєдіяльності людей, які знаходяться на гарантії безперебійного електропостачання. Тобто, щорічно, на Землі відбувається близько 19-ти мільйонів гроз, це близько 57 тисяч за день. Ураження блискавки – це небезпечний та дуже наслідковий процес для людського здоров'я, нажалі деякі випадки призводять до смерті. Для споруд і будівель існує ризик контакту явища блискавки з цими спорудами і будівлями, які отримують цей удар, також виникає руйнація або загорання споруд і будівель, а також суттєве пошкодження дуже електротехнічного обладнання. Тож, природнее явище блискавки – це найнебезпечніший потужніший струмовий розряд грозового явища, який проявляється між хмарами у небі і землею. Блискавка може руйнувати все те що буде на її шляху. Щоб уникнути суттєвої руйнації – використовують систему блискавкозахисту. На перший погляд існуюча проста конструкції є ефективною та результативною, зокрема захист різних житлових, промислових або комерційних будівель і споруд чи систем безперебійного електропостачання споживачів. Завдяки системи блискавкозахисту є можливість гарантувати відносну безпеку майна та життя людей в цілому [9-12].

У свою чергу система блискавкозахисту унеможливиює ураження від блискавок та не тільки забезпечує відносну безпеку будівлі й споруди, а також захищає електричну мережу та комутаційне і захисне устаткування, радіозв'язок, антени для радіо та телебачення, вишки мобільного зв'язку, димові труби, різне технологічне обладнання й ін., тому необхідність монтажу чи інсталювання систем захисту край потрібна тим, що напруга в одному грозовому розряді досягає від 10 до 50 мільйонів вольт й силою струму близько 350000 ампер. Відомо, що при цьому явищі супроводжується наявністю термічного впливу та електродинамічного явища, а також звуковим й світловим супроводженням, після чього як правило виникають пошкодження на цілісності споруд, тому в таких випадках, коли у будівлях відсутнє наявність якісної якісного та надійної системи блискавкозахисту може призвести до наступного: пожежі, фізичного руйнування будівель та споруд, руйнації електропроводки та комутаційного та захисного устаткування, а також унебезпечує життя людей і тварин в цілому. Наочно на рисунку 2 продемонстровано карту, за календарний рік, погодинно на усій території України, середню тривалість грозової активності. Тому знаючи про це, багато хто, не використовує або взагалі не встановлюює системи блискавкозахисту споруд і будівель взагалі [6-12].

#### **Зв'язок роботи з науковими планами, програмами, темами.**

В роботі виконані дослідження що відповідають навчальній програмі «Релейний захист та автоматика», «Електричні та електронні апарати», «Електрична частина станцій та підстанцій», «Монтаж та експлуатація», «Системи електропостачання».

**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження є підвищення надійності функціонування електричних мереж, із застосуванням засобів й методів захисту від перенавантаження мережі у разі виникнення грозової активності.

Для досягнення поставленої мети вирішуються наступні актуальні задачі:

1. Дослідження систем блискавкозахисту що існують в теперешній час в Україні.
2. Аналіз стану грозової діяльності усій території України.
3. Проведення порівняльного аналізу існуючих засобів й методів побудови систем активного блискавкозахисту.
4. Розробити методи та засоби підвищення ефективності функціонування систем блискавкозахисту в промислових й адміністративних будівлях та електричних мереж в цілому.
5. Провести економічний аналіз проекту для визначення можливостей принципового ринкового впровадження й можливих напрямків реалізації цього практичного впровадження.

**Об'єкт дослідження:** побудова ефективної роботи електричних мереж.

**Предмет дослідження:** вдосконалення існуючих сучасних засобів й методів систем блискавкозахисту електричних мереж напругою 0,4-10кВ.

**Методи досліджень:** для розв'язання й аналізу поставлених завдань й задач використані чисельні та статистичні методи, а також методи теорії моделювання, тощо.

#### **Наукова новизна отриманих результатів.**

1. Формалізований структурний огляд в Україні вже існуючих систем та пристроїв блискавкозахисту.
2. Для систем блискавкозахисту запропоновано принципово нове рішення, а саме – систему активного блискавкозахисту системи електропостачання.

**Практичне значення одержаних результатів** надає можливість запропонувати, розробити та впровадити більш ефективні системи блискавкозахисту в Україні.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, додатків, списку літературних джерел, який містить 36 найменувань. Основний текст викладено на 113 сторінках, у тому числі 90 сторінок основного тексту, 45 ілюстрацій, 27 таблиць, список використаних та рекомендованих джерел, що містить 36 найменувань на 4-х аркушах.

**Апробація результатів дисертаційної роботи.** Головні положення дисертації доповідалися на науково-технічній конференції магістрів «Улаштування сучасних засобів й методів систем блискавкозахисту електричних мереж напругою 0,4-10 кВ». Відомо, що, блискавкозахист споруд та будівель, розподільчих підстанцій й станцій – це сукупний комплекс спеціальних пристосувань і практичних рішень для безпеки будівлі, а також обладнання і життєдіяльності людей, які знаходяться на гарантії безперебійного електропостачання. Тобто, щорічно, на Землі відбувається близько 19-ти мільйонів гроз, це близько 57 тисяч за день. Ураження блискавки – це небезпечний та дуже наслідковий процес для людського здоров'я, нажалі деякі випадки призводять до смерті. Для споруд і будівель існує ризик контакту явища блискавки з цими спорудами і будівлями, які отримують цей удар, також виникає руйнація або загорання споруд і будівель, а також суттєве пошкодження дуже електротехнічного обладнання. Тож, природнее явище блискавки – це найнебезпечніший потужніший струмовий розряд грозового явища, який проявляється між хмарами у небі і землею. Блискавка може руйнувати все те що буде на її шляху. Щоб уникнути суттєвої руйнації – використовують систему блискавкозахисту. На перший погляд існуюча проста конструкції є ефективною та результативною, зокрема захист різних житлових, промислових або комерційних будівель і споруд чи систем безперебійного електропостачання споживачів. Завдяки системи блискавкозахисту є можливість гарантувати відносну безпеку майна та життя людей в цілому

[7-9].

У свою чергу система блискавкозахисту унеможливиює ураження від блискавок та не тільки забезпечує відносну безпеку будівлі й споруди, а також захищає електричну мережу та комутаційне і захисне устаткування, радіозв'язок, антени для радіо та телебачення, вишки мобільного зв'язку, димові труби, різне технологічне обладнання й ін., тому необхідність монтажу чи інсталювання систем захисту край потрібна тим, що напруга в одному грозовому розряді досягає від 10 до 50 мільйонів вольт й силою струму близько 350000 ампер. Відомо, що при цьому явищі супроводжується наявністю термічного впливу та електродинамічного явища, а також звуковим й світловим супроводженням, після чього як правило виникають пошкодження на цілісності споруд, тому в таких випадках, коли у будівлях відсутня наявність якісної якісного та надійної системи блискавкозахисту може призвести до наступного: пожежі, фізичного руйнування будівель та споруд, руйнації електропроводки та комутаційного та захисного устаткування, а також унебезпечує життя людей і тварин в цілому. Наочно зображено на рисунку 2 продемонстровано карту, за календарний рік, погодинно на усій території України, середню тривалість грозової активності. Тому знаючи про це, багато хто, не використовує або взагалі не встановлює системи блискавкозахисту споруд і будівель взагалі [6-12]. Завдяки блискавкозахисту можна гарантувати безпеку майна і життя людей [5-9], представлено на рисунку 1.1. При цьому це явище супроводжується сильним тепловим ударом, а також звуковою й світловою енергією, після якого як правило в цьому випадку виникають проблеми на цілісність споруд [8, 9].

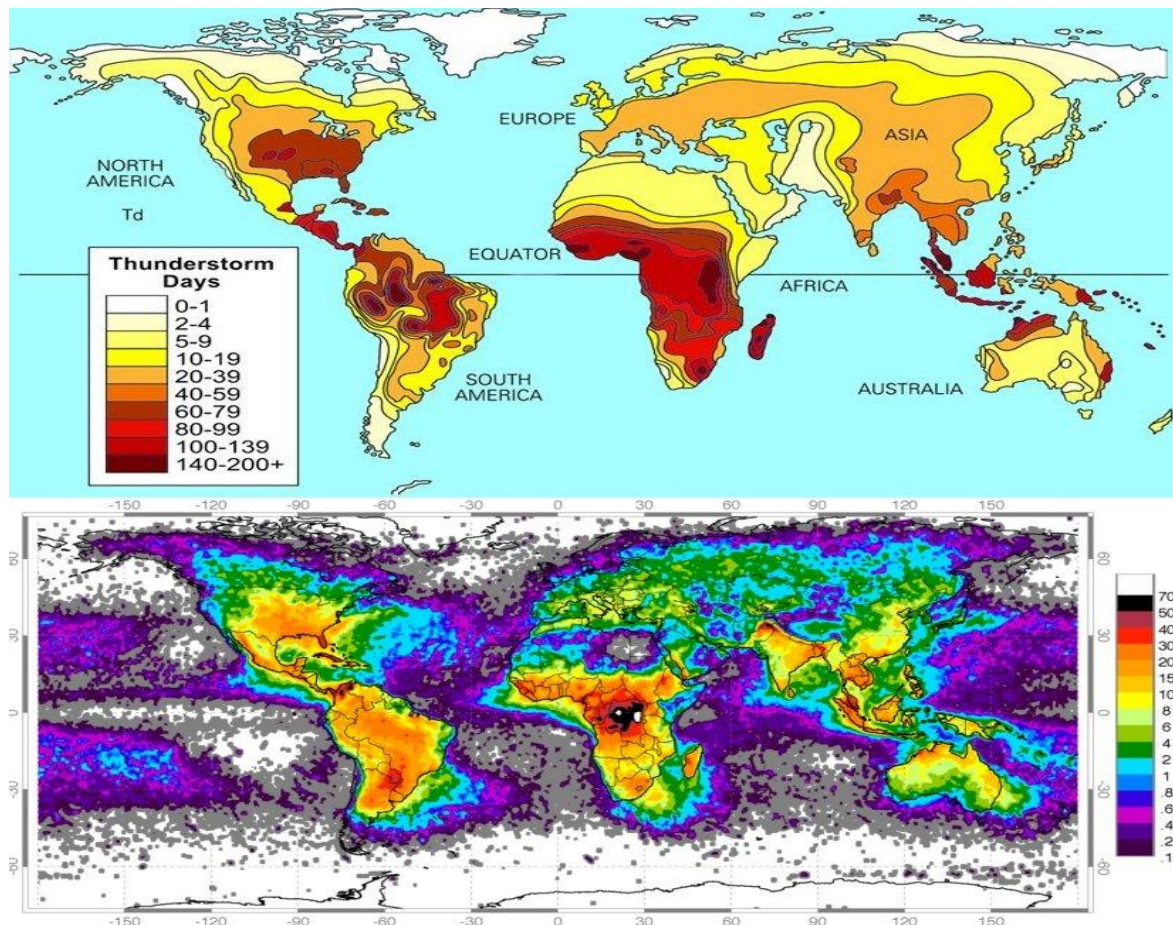
Тому, в таких випадках, коли у будівлях відсутня якісна й надійна система блискавкозахисту це призводить до: виникнення пожежі, фізичного руйнування будівлі, знищення електропроводки і устаткування,

небезпека життя людей і тварин [11-15].

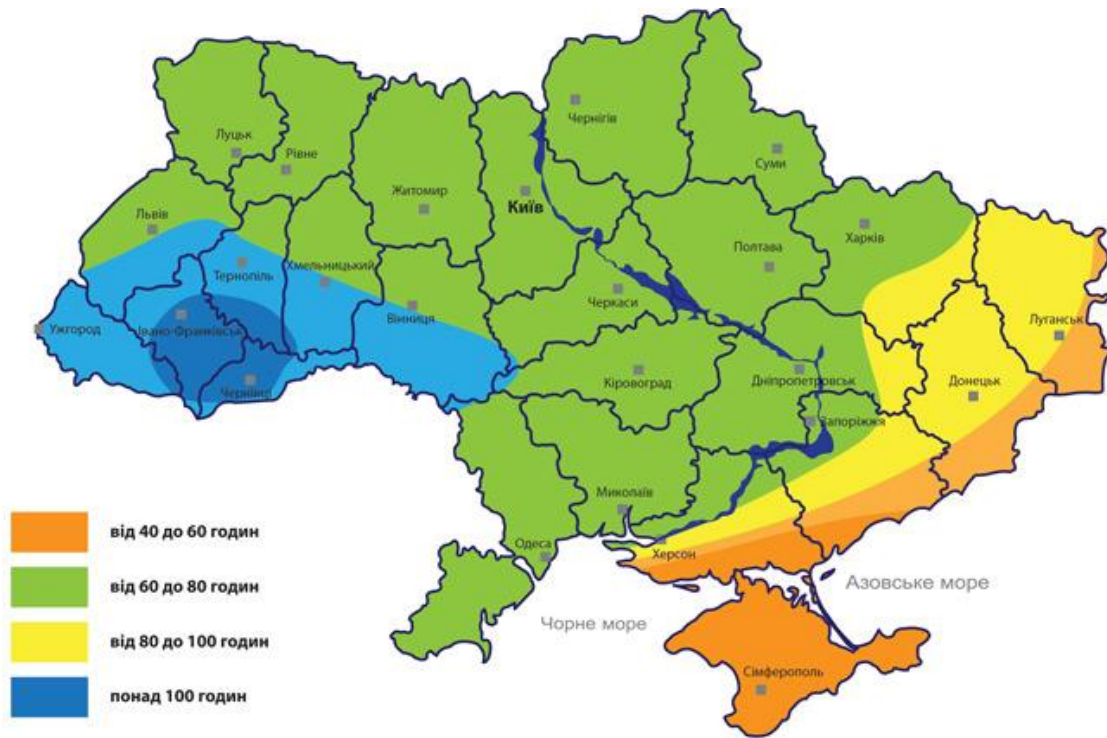


Рисунок 1.1 - Приклад винекнення блискавки.

На рисунку 1.2 представлено карту, статистика за рік, погодинно на усій території України, представлено середню тривалість гроз. Володіючи цією інформацією, багато хто, нехтує встановленням цих системи і конструкцій блискавкозахисту споруд і будівель [6, 8].



(1)



(2)

Регіон	Грозові години ( $T_h$ )
Крим	40–60
Центр, Північ, Південь	60–80
Окремі регіони Карпат	100
Зони місцевих гроз (зокрема Київ)	100

3)

Грозові години ( $T_h$ )	10–20	20–40	40–60	60–80	80–100	>100
$N_g$ , ударів у 1 км <sup>2</sup> на рік	1	2	4	5,5	7	8,5

4)

Рисунок 1.2 – Зображення карти середньо-статистичної тривалості гроз протягом року, у годинах: 1 – у світі; 2 – на усій території України; 3 – грозові години; 4 – кількість ударів на 1 км<sup>2</sup>.

Відомо, що, грозоактивність на усій Україні впливає на роботу системи електропостачання в цілому, в таблиці 1.1 представлено результати кількості вимикань повітряної лінії (ПЛ) 0,4 й 10 кВ [8, 17, 24].

Також нам слід відзначити наступне, що, різноманітність характеру й кількості пошкоджень ПЛ в результаті виникнення грозового явища, в таблиці 2, відображено класифікацію пошкоджень ПЛ – блискавкою. В одній тільки області України з часом посилилася грозова активність, яка практично підтверджує заходи щодо суттєвої необхідності посилення блискавкозахисту енергооб'єктів. Слід відзначити, що, у межах України грозова активність як правило змінюється нерівномірно: найбільш інтенсивно грозова активність зростає на територіях Західної, Південно-Західної, Південної, Дніпровської й Північної енергосистем, це дуже наглядно представлено на рисунку 1.3, де наведено приклади негативних наслідків виникнення грозового явища [2, 3, 10].

Таблиця 1.1 – Представлено статистику відмикань ПЛ 0,4 і 10 кВ [10].

Отримані статистичні дані від ліцензіатів				Коефіцієнт кореляції між щорічною кількістю відмикань і щорічною тривалістю гроз
Напруга ПЛ, кВ	Узагальнена довжина ПЛ, км	Кількість наявних вимикань на ПЛ		
		всього $n$	у тому числі без пошкодження $n_6/y$	
0,4	59761	8471	5921	0,975
10	37648	3871	2636	0,85

На рисунку 1.4 представлено наглядний приклад руйнації розподільчого пристрою без наявної системи блискавкозахисту [6, 14, 29].

Із загальних спостережень нам відомо, що, у регіонах Центральної й Донбаської енергосистем, спостерігалися зони суттєвого зниження грозової активності [6-12].

Проте, враховуючи ДСТУ EN 62305-1, введений Мінекономрозвитку України від 1 серпня 2012 року, методи подання, технічні засоби й форми спостережень за грозовою діяльністю підлягають вдосконаленню й перегляду - ДСТУ EN 62305- 4 стандарт [8, 18, 29].

З метою підвищення якості вихідних даних щодо проектування блискавкозахисту об'єктів електроенергетики рекомендовано

застосовувати сучасну ГІС-технологію й реалізувати ефективну систему корегування напрямлення блискавки, а також використовувати більш ефективну технологію блискавкозахисту – такзваний «активний захист» від ураження блискавкою. Крім того, використовуючи детальний аналіз існуючої аварійності електромережі підтверджено наявність ефективності використання грозозахисту мережі 220-750 кВ. [11, 12, 13].



Рисунок 1.3 – У цьому випадку струм блискавки склав близько 50 кА і як слідство, удар блискавки фізично зруйнував частину генератора, при цьому спричинивши некоректну роботу або повну непридатність електричного устаткування [8-10].

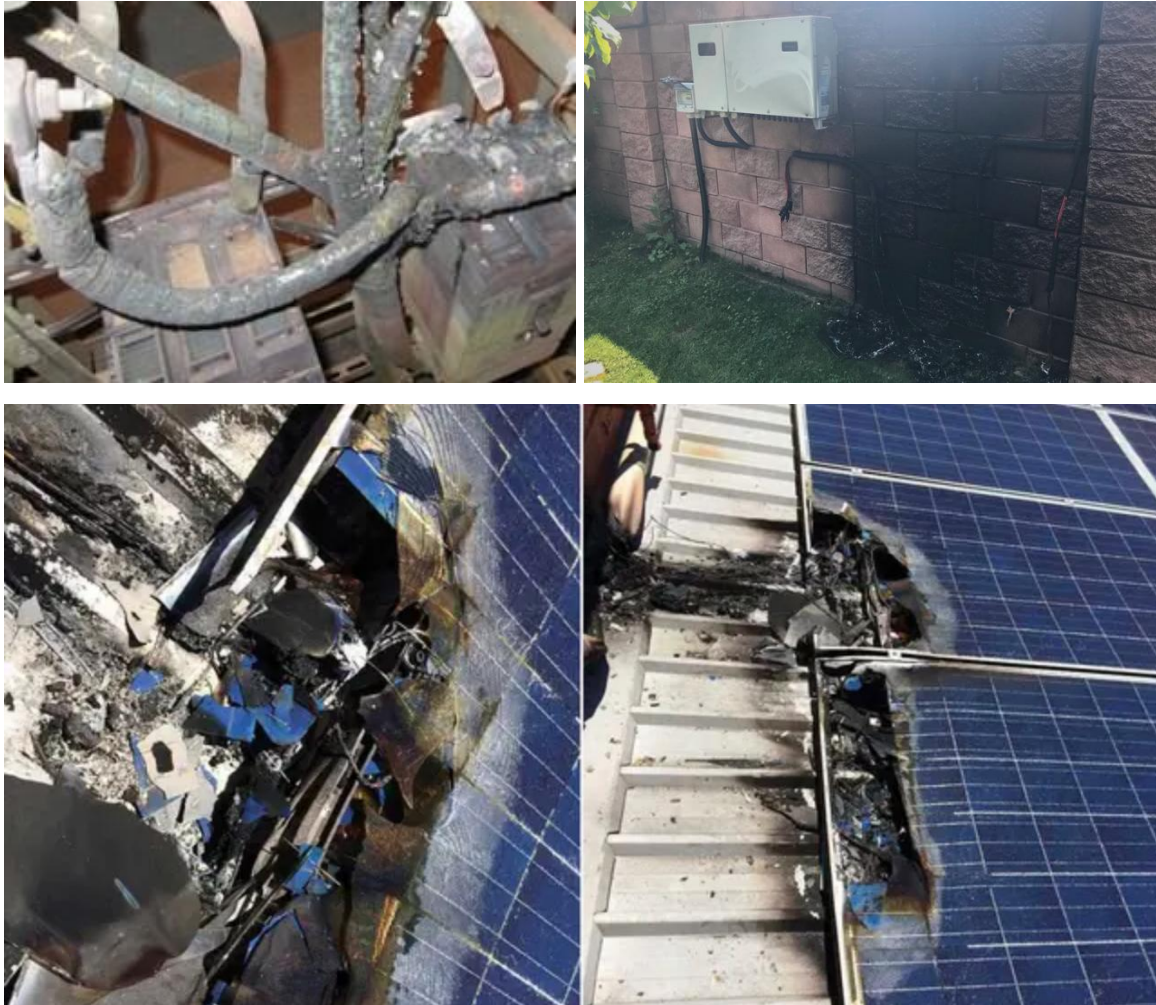


Рисунок 1.4 – Приклад руйнування розподільного пристрою [5-7].

Таблиця 1.2 – Представлено формування ушкоджень повітряних ліній [12].

Напруга ПЛ, кВ	Відмикання ПЛ ДП «Укренерго» за (2008-2015 рр.) й їх причини і наслідки							
	Всього	у тому числі:						
		без пошкодженн я лінійних елементів	пошкодженн я лінійних елементів	класифікація пошкоджень				
				пошкодже ння ізоляції у гірляндах фаз	пошкодж ення ізоляції в підвісці троса	обрив гірлянди	обрив троса	пошкодж ення проводу
750	20	14	7	4	1	1	-	1
330	236	190	51	22	3	16	9	1
220	126	93	37	26	2	9	-	-

## РОЗДІЛ 2 СИСТЕМА БЛИСКАВКОЗАХИСТУ ВИРОБНИЧИХ Й ЖИТЛОВИХ БУДІВЛЬ І СПОРУД

### 2.1 Що собою являє явище блискавки.

Відомо, що, блискавка – це гігантський електричний розряд, який може утворюватись між грозовою хмарою й землею або будь-якою наземною конструкцією/спорудою, що завжди супроводжується яскравим спалахом і звуковими гуркотом – **громом** [5, 16, 23]. Спалахи блискавки рідко бувають поодинакими, зазвичай вони бувають від 2-3 або до декількох десятків розрядів. Утворення цього явища можливе в купчасто-дощових хмарах або шарувато-дощових хмарах, величезних розмірів (зустрічаються до 7 км заввишки) [11, 13, 21]. Розряд блискавки як правило починається з попереднього розвитку передвісника — слабкосвітлого каналу струму величиною в сотні ампер. Тому залежно від напрямку руху ведучого — вниз, від хмар або вгору, від наземних споруд — блискавка поділяється на «низхідну» і «висхідну» [10, 13, 28]. Ці дані про падіння блискавки накопичуються протягом тривалого періоду часу в багатьох країнах світу. Інформація про висхідну блискавку почала з'являтися лише в останні десятиліття, коли почалися систематичні спостереження за впливом грозового явища на дуже високі споруди, такі як телевежі [4, 6, 9].

Передвісник спадаючої блискавки як правило виникає під впливом грозового процесу, і її поява не може залежити від наявності будь-якої структури на поверхні земної поверхні. Коли «лідер» рухається напрямком до землі, «контрлідер», який вказує на хмару, може бути мотивований об'єктами, що розташовані на Землі [3, 14, 29]. Ймовірне зіткнення одного з лідера, що спускається (або торкання останнього на поверхні Землі) визначає, куди блискавка вдарить на землю або в якийсь існуючий предмет/об'єкт. В свою чергу, висхідний лідер буде збуджений високою заземленою конструкцією, на вершині якої різко посилюється

електричне поле під час грозового явища [11, 15, 35]. Поява нових лідерів і факт сталого розвитку визначають, де буде негативний результат. У рівнинній місцевості висхідна блискавка вражає об'єкти висотою понад 150 м, а в гірській місцевості вони частіше спостерігаються через гострі елементи рельєфу й будівлі меншої висоти [4, 6, 11].

Пропонуємо спочатку взяти до уваги процес розробки й параметри нижньої блискавки [9, 17].

Після формування наскрізного лідерного каналу, як наслідок виникає основна фаза розряду – швидка нейтралізація заряду свинцю, яка супроводжується яскравим світінням і збільшенням струму до пікового значення приблизно від 1 до 300 кА. При цьому цей канал має інтенсивний нагрів (до десятків тисяч градусів за шкалою Кельвіна) а його миттєве розширення буде сприймається на слух як гуркіт грому [2, 4, 7, 11]. Первинний струм складається з одного або кількох послідовних імпульсів, накладених на безперервну складову. Відомо, що, більшість імпульсів виникаючого струму мають негативну полярність [1, 5, 7, 9]. Приблизна довжина переднього фронту першого імпульсу загальною тривалістю в сотні мікросекунд становить від 3 до 20 мікросекунд, пікове значення (амплітуда) струму може коливатись в певних межах: понад 50% випадків (середній струм), на 1-2 % у разі понад 100 кА [12, 27, 29]. Приблизно в 70% низхідних негативних спалахів блискавки після першого імпульсу згодом спостерігалися блискавки з меншими амплітудами й довжиною переднього фронту: у середньому складає близько 12 кА й 0,6 мкс відповідно. При цьому швидкість зростання струму на початковому етапі наступних імпульсів вища, а ніж для попереднього імпульсу [8, 10, 16].

Безперервна складова струму спадаючої блискавки може змінюватись від одиниці до сотень ампер протягом усього часу спалаху із середньою тривалістю 0,2с, а в окремих випадках 1-1,5с. Заряди, які

присутні протягом усього процесу блискавки, можуть коливатися від одного до сотень кулонів, з 5-15 Кл в одному імпульсі й 10-20 Кл в безперервному імпульсі. Блискавки донизу з позитивними імпульсами струму може спостерігатися приблизно в 10% випадків [1-10, 25]. Деякі з них мають форму, дуже схожу на форму негативного пульсу. Крім того, були зареєстровані і позитивні імпульси зі відносно великими параметрами: тривалістю що дорівнює близько 1000 мкс й довжиною переднього фронту близько 100 мкс і транспортуванням заряду в середньому 35 Кл. Для них характерний великий розкид амплітуди струму: середній струм становить 35 кА, а амплітуди понад 500 кА можливі в 1-2% випадків [3, 8, 19]. Сукупні фактичні дані про спадаючі параметри блискавки не дозволяють нам судити про те, наскільки вони відрізняються в різних географічних регіонах України. Тоді для всієї території України їхні характеристики прийняті відносно однаковими [5, 7, 18].

Таким чином, розвивається «обернута» блискавка. Після того, як висхідний лідер досягає грозової хмари, починається процес розряду з негативним струмом приблизно у 80% випадків. Також спостерігалися два типи струмів [5-7]:

**перший** – безперервний, безімпульсний, зі струмом до сотень ампер, тривалістю в десяті частки секунди, що забезпечує заряд 2-20 Кл [8, 12, 29];

**другий** – характеризувався короткими імпульсами, що накладаються на довгоімпульсні неімпульсні компоненти, амплітуди яких в середньому становлять 10-12 кА і лише в 5% випадків перевищують 30 кА, створюють заряд до 40 Кл [4, 18, 29].

Ці імпульси нагадують наступні імпульси основної фази низхідної негативної блискавки [26, 27, 30, 37]. У гірських районах висхідна блискавка може характеризуватись більш довшим тривалим струмом і

більшим існуючим зарядом, ніж у рівнинних районах. Тим часом в горах і на рівнинах ударна складова течії не сильно змінюється. Тому досі не було знайдено жодного зв'язку між потоками висхідних блискавок і висотою будівель, які їх збуджують. Таким чином, параметри висхідної блискавки й оцінки їх варіаційм – однакові для будь-якої географічної зони України й відомої висоти об'єкта [11, 13, 25, 36].

2.2 Узагальнений опис грозової активності в виробничих й житлових будівлях та спорудах.

Про фактичну інтенсивність грозової активності в різних географічних точках України нам можна судити за зібраними даними про частоту й тривалість гроз від розгалуженої мережі існуючих метеостанцій, зареєстрованих у днях і годинах за рік з початку й в наприкінці грозового явища [8, 10, 15]. Однак, більш важливою й інформативною характеристикою для оцінювання кількості існуючих об'єктів, у які може вразити виникаюча блискавка, є щільність ударів блискавки вниз на одиницю земної поверхні. [8, 9, 15, 26].

Щільність ударів блискавки в поверхню землі значно відрізняється в різних регіонах усього світу, це усе залежить від геології, клімату й інших природніх факторів [6, 7, 20]. Поряд із загальною тенденцією зростання цієї величини від полюсів до екватора вона різко падає, наприклад, у пустелях, і підвищується в регіонах, де сильні процеси випаровування. Вплив рельєфу особливо сильний у гірських районах, де грозові фронти в основному розподіляються уздовж вузьких коридорів, тому в невеликому масштабі щільність викидів на поверхню Землі може різко коливатися [10, 12, 18, 23, 28].

Загалом щільність ударів блискавки в глобальному масштабі може коливатись від майже нуля в приполярних регіонах до 20-30 розрядів на 1 км суші за рік у вологих тропічних регіонах. Для однієї і тієї ж території можливі коливання з року в рік, тому для достовірної оцінки щільності

викидів на поверхню Землі потрібне усереднення за багато років [30, 31, 37, 40].

На сьогоднішній день вже обмежена кількість точок по всьому світу обладнана лічильниками блискавки, і для невеликих територій можна безпосередньо більш-менш точно оцінити щільність розряду під землею [17-20]. У великому масштабі (наприклад, для всієї території України) зафіксувати кількість ударів блискавки в землю поки неможливо через складність і недоліки, відповідно надійності спеціального устаткування. Однак для географічних місць, де встановлено лічильники блискавок і проводяться метеорологічні спостереження за грозами, кожен перерахований параметр має тенденцію змінюватися з року в рік або від грозового явища до грозового явища. Це співвідношення наведено в Додатку 2 [5, 7, 12, 25].

### 2.3 Руйнівні наслідки явища блискавки.

Вплив блискавки зазвичай поділяють на дві категорії: головним чином спричинений прямим ударом блискавки, а вторинним – індукцією розряду поблизу або потраплянням предметів через довгі металеві комунікації [6, 19, 20]. Небезпека прямих ударів і вторинного впливу блискавки на будівлі і споруди, людей і тварин, що знаходяться в них, певним чином залежить від параметрів грозового розряду, з одного боку, і від техніко-конструктивних характеристик будівель і споруд, з іншого боку. (вибух або пожежа) наявність небезпечних зон, вогнестійкість будівельних конструкцій, типи введених комунікацій, їх розташуванням всередині об'єкту і т. д.) [9, 13, 21, 29, 36].

Прямий удар блискавки також може мати такі наслідки для об'єктів:

електричний, він пов'язаний із аномальним враженням струму в людей або тварин і виникненням перенапруги на уражених компонентах. Перенапруга буде пропорційна амплітуді й крутизні струму блискавки,

індуктивності конструкції й опору заземлювача, а відповідно струм блискавки передається на землю через заземлювач [12, 14, 27].

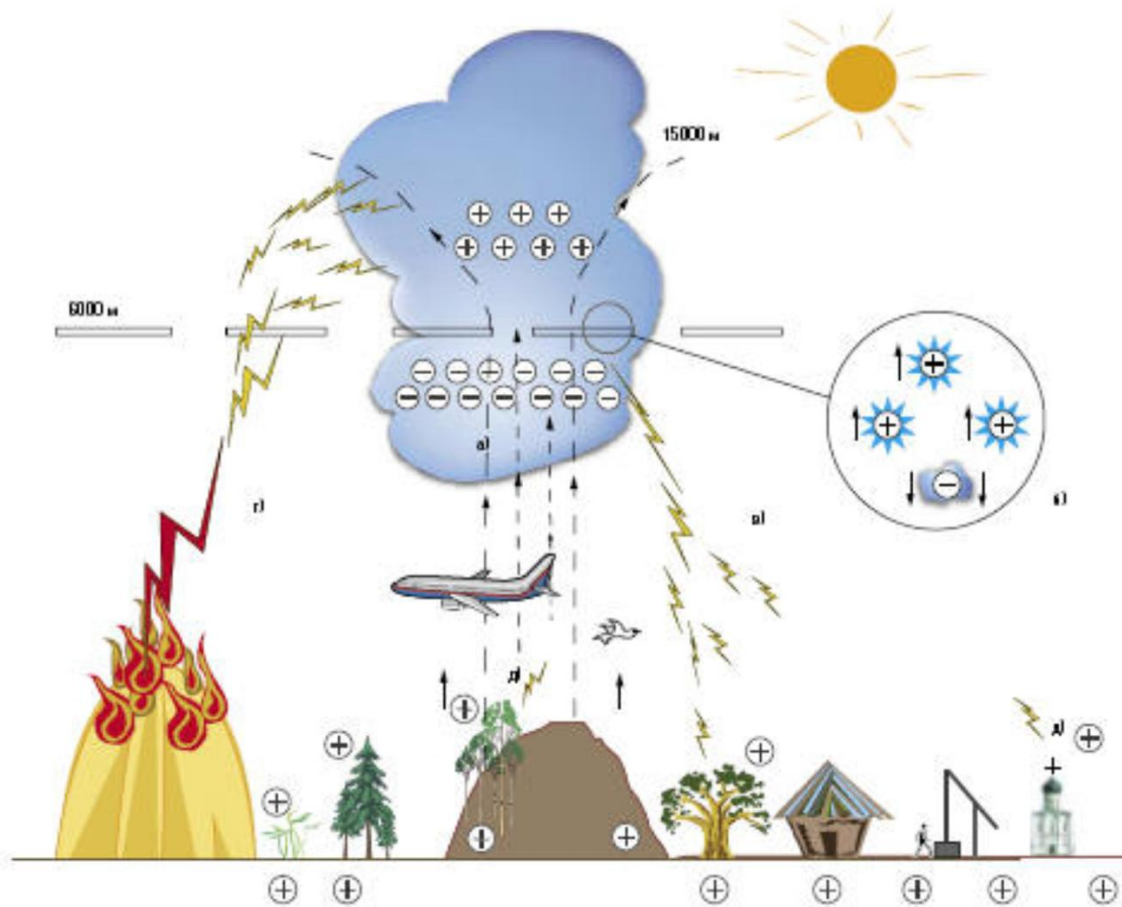


Рисунок 2.1 - Типовий розклад зарядів у грозовій хмарі і під нею: *a* - водяна пара; *б* - механізм утворення і розділення електричних зарядів; *в* - від'ємна блискавка «хмара-земля»; *г* - додатна блискавка «хмара-земля»; *д* - зустрічні стримери [13].

Навіть із захистом від блискавки високі струми й круті прямі враження блискавки можуть спричинити суттєву перенапругу в декілька мегавольт. За відсутності блискавкозахисту для розповсюдження струму блискавка є неконтрольованою, а її існування створює ризик ураження електричним струмом, переступаючи й торкаючись небезпечної напруги, розповсюджуючи по інших об'єктах [11, 14].

термічний, стосується інтенсивного виділення теплоти під час прямого контакту каналу блискавки з вмістком об'єкту, коли струм блискавки протікає через об'єкт. Тонкі провідники піддаються ризику

розплавлення й розриву/деформації, коли по ним протікає існуючий струм блискавки [15, 16];



Рисунок 2.2 - Елементи контуру та необхідні матеріали [14].

*механічні*, обумовлений наявністю ударної хвилі, що поширюється від каналу блискавки, і електродинамічною силою струму блискавки, що діє на сам провідник. Наприклад, така поведінка може спричинити сплюснення тонких металевих провідників (трубчастої форми). Контакт з каналами блискавки може призвести до швидкого випаровування або газоутворення певних матеріалів і подальших механічних пошкоджень,

таких як розкол деревини або механічне пошкодження бетонних конструкцій [10, 14].

Вторинний прояв блискавки може бути пов'язаний з впливом на об'єкт електромагнітного поля від виникнення розряду поблизу. Як правило, вважається, що це поле має дві складові: перша складова зумовлена напрямленим рухом зарядів у блискавковододі й каналі, а друга складова — залежним від часо-струмової характеристики блискавки [6, 13]. Ці компоненти іноді називають електростатичною й електромагнітною індукцією. Іншим небезпечним впливом блискавки є розповсюдження високих електричних потенціалів на комунікаційне коло (повітряні лінії електропередач, кабелі, труби тощо), які використовуються у побутовому устаткуванні. Це перенапруга, яка виникає на комунікаціях під час прямих і відносно дуже близьких ударів блискавки і поширюється у вигляді хвиль, що вражають в будь-які предмети й конструкції. Небезпека може виникати через ймовірне перекриття наземних частин від комунікації до об'єкта [1-12]. Але підземні комунікації також небезпечні тим, що вони можуть поглинати частину струму існуючої блискавки, що проходить під землею, і розповсюджувати їх по конструкції устаткування [9, 17, 25].

#### 2.4 Усі класи об'єктів захисту.

Визначення тяжкості наслідків враження блискавки в основному залежить від вибухо- чи пожежонебезпечності об'єктів або конструкції споруд внаслідок теплової дії блискавки й іскріння і перекриття, що викликано іншими наслідками певних дій. Наприклад, у виробничих системах, буває часто пов'язане з відкритим вогнем або процесами горіння, використанням негорючих матеріалів і конструкціями, протікання струмів блискавки не може становити великої небезпеки [3, 7, 15]. І навпаки, наявність вибухонебезпечної атмосфери всередині об'єкта може створювати загрозу виникнення руйнації, людських жертв і масових

матеріальних затрат. За такої різноманітності технічних умов вимоги до блискавкозахисту для усіх об'єктів однакові, або занадто багато інвестують у резерви, або терплять неминучість великих затрат, спричинених враженнями блискавки. Тому будівлі й споруди поділяються на три категорії, які відрізняються за ступенем руйнації можливих наслідків враження блискавки [17, 19].

*До I класу* входять промислові об'єкти, де за звичайних технічних умов можуть міститися й утворюватися вибухонебезпечні концентрації газів, парів, пилу й волокон, відносяться до класу I. Будь-яке враження блискавки, що спричиняє вибух, підвищує ризик пошкодження й людських втрат не лише цього об'єкта, а і тих, що побудовано поруч [11, 12].

*До II класу* відносяться виробничі будівлі і споруди, у яких внаслідок порушення нормального виробничого режиму мають місце вибухонебезпечні концентрації, зовнішні установки, що містять вибухонебезпечні рідини й різні гази [1, 8]. Для цих об'єктів враження блискавки становлять ймовірносну небезпеку виникнення вибуху, лише якщо: збігається з технічною аварією або активацією дихального або аварійного клапана на зовнішньому пристрої. Через помірну тривалість гроз в Україні ймовірність одночасного виникнення цих подій дуже незначна [15, 18].

*До III класу* належать об'єкти, в яких є менші матеріальні втрати порівняно з вибухонебезпечними середовищами. Сюди відносять будівлі й споруди з пожежонебезпечним улаштуванням або будівельні конструкції з низькою вогнестійкістю, для яких вимоги до блискавкозахисту зростають із збільшенням ймовірності пошкодження об'єкта (очікувана кількість враження блискавкою) [11, 23]. Крім того, клас III включає пошкоджені об'єкти, пошкодження яких становить небезпеку електричного впливу на людей і тварин: великі громадські

будівлі, тваринницькі приміщення, ферми, труби, вежі, пам'ятники й ін. Нарешті, третя категорія включає відносно невеликі будівлі в сільській місцевості, де найчастіше використовуються спарені конструкції. За статистикою у цих об'єктів виявляється, великий відсоток становлять пожежі, викликані грозою. Але завдяки здешевленню цих конструкцій їх блискавкозахист здійснюється спрощено і не потребує значних матеріальних витрат [10, 11, 16].

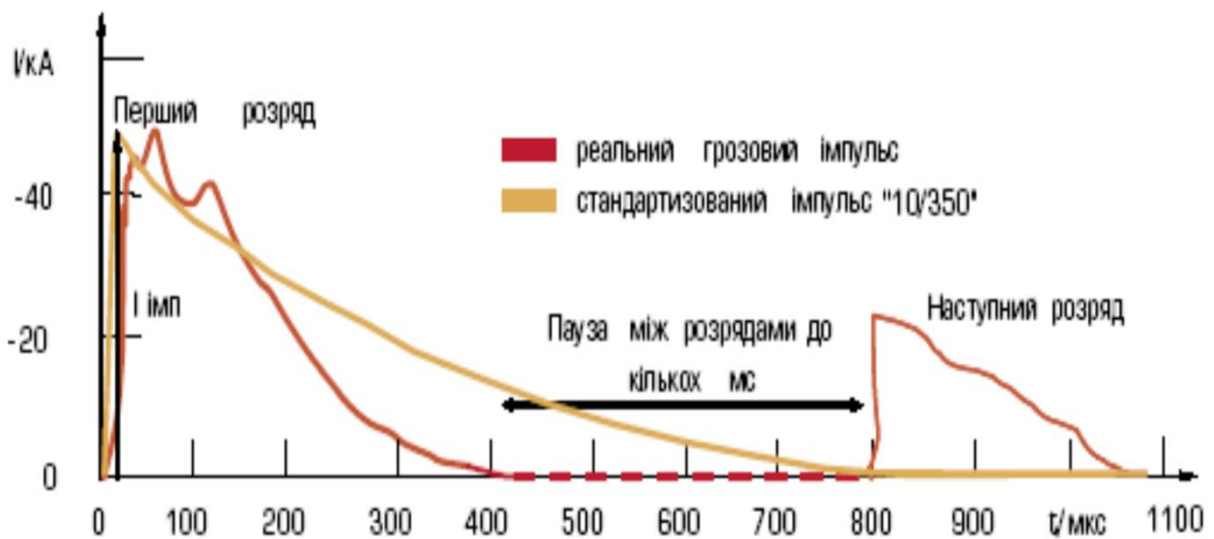


Рисунок 2.3 - Реальний грозовий імпульс та стандартизований «10/350» [9].

## 2.5 Методи й засоби побудови систем блискавкозахисту.

2.5.1 Система блискавкозахисту яка відноситься до категорії зовнішнього облаштування.

Прості системи первинного захисту мають бути засновані на однополюсних пасивних блискавковідводів. Вони складається з одного або кількох металевих стрижнів, з'єднаних із землею кабелями для розсіювання отриманого розряду й захисту невеликих конструкцій, які, у свою чергу, поділяються на традиційні громовідводи й іонізатори тощо [20, 22].

**Система блискавковідводу** - це певний пристрій, що складається з трьох основних елементів: розрядника, який сприймає розряд блискавки; струмовідводу, який повинен направляти отриманий розряд на землю, і

безпосередньо заземлюючого пристрою, який подає заряд на землю [20, 22].



Рисунок 2.4 – Виникнення наведених імпульсів перенапруг у лініях електрокомунікації і провідних конструкційних елементах внаслідок близького розряду блискавки [9].

Блискавковідвід має бути виконано у вигляді металевих штирів (стрижнів), які проходять уздовж коника даху з металевих тросів, або металеві сітки й зі ступінчастих арматур в одну комірку звичайні 6-12 м [1-12]. Щоб захистити якомога більшу площу від прямих вражень блискавки, розрядник слід встановлювати на висоті падіння обраного об'єкта в зоні, що має бути захищеним (це все, що вписується в конус, висота якого залежить від висоти розрядника, діаметру основи дорівнює потроєній висоті, помноженій на поправочний коефіцієнт) [11-18]. Для таких розрядників використовували досить високі дерева або

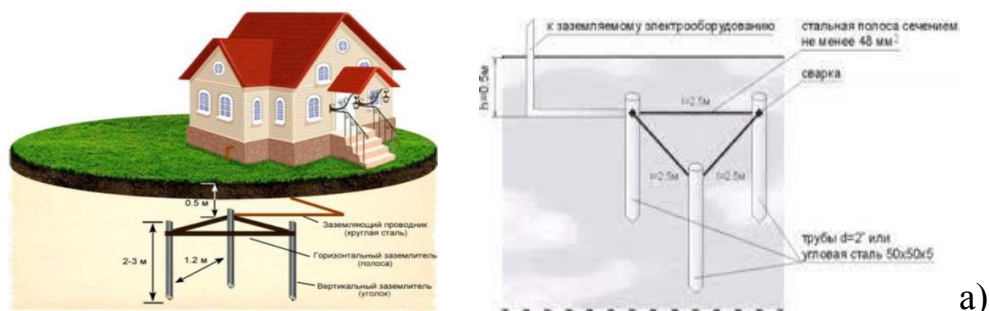
споруджувальні щогли. Але щогли не всім по кишені, й і не мають можливості облагороджувати ландшафт. Тому найчастіше використовують тросові й сітчасті розрядники, а для будівель з неметалевою покрівлею допускається спрощена схема блискавкозахисту [21, 23].

2.5.1.1 Використання вертикального заземлювача стовпового типу конструкції.

Суцільні стрижні довжиною від 1 до 3,5-5 м зазвичай використовують для звичайних глибинних заземлювачів. У більшості випадків брусків профілі бувають у формі: круглої, трубчастої, кутової, хрестоподібної, літери «Т». Та їх перетин, безумовно, має забезпечувати механічну міцність і тривалий термін використання при застосуванні з урахуванням виникнення корозії, рисунок 2.4 [5, 12].

2.5.1.2 Улаштування та використання заземлювачів фундаментного типу.

Такі заземлювачі – це приклад економічного, надійного й ефективного пристрою заземлення фундаменту для будинкової конструкції. Для цього достатньо викопати фундаментну траншею глибиною 10 см. А в її дно через кожні 2,5-3 м забити дистанційні елементи у вигляді металевих провідників [6, 18]. Бетон має запобігати проникненню води й кисню в ґрунт і разом з цинковим покриттям сталевих елементів значно уповільнює виникнення корозії [4, 13].



a)

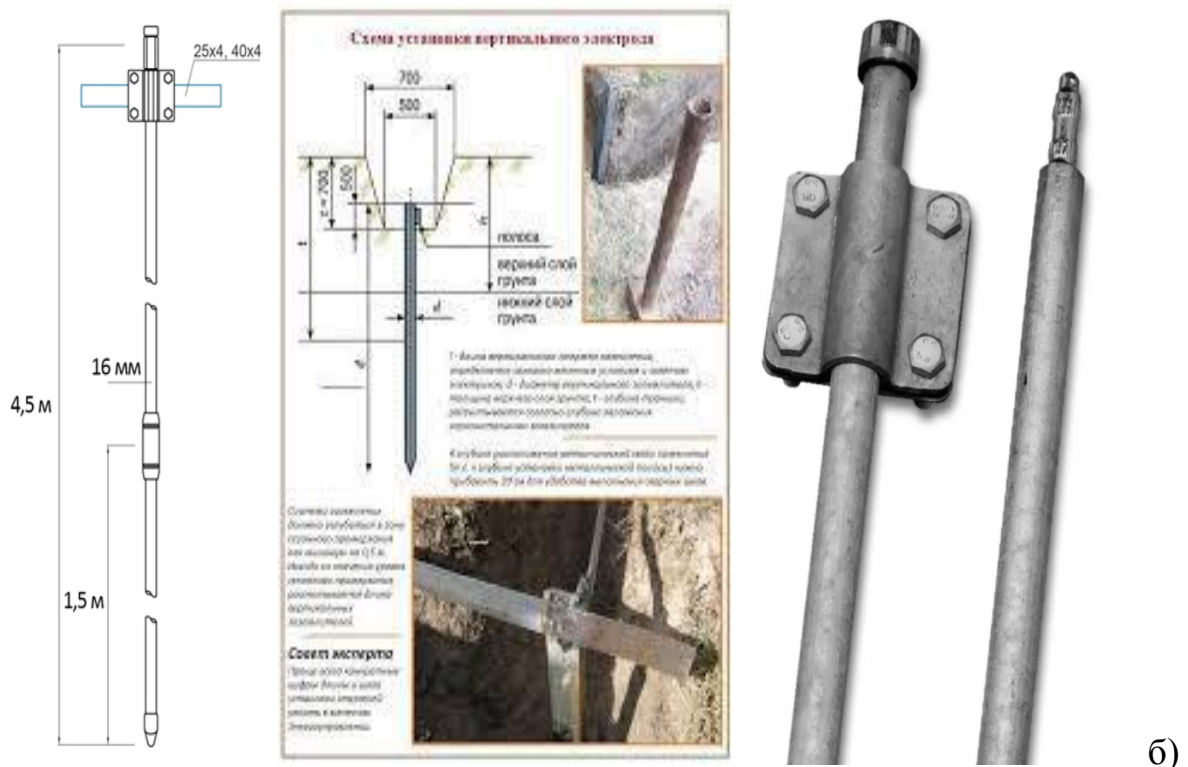


Рисунок 2.4 – Приклад виконання практичних стрижневих заземлювачів (вертикальних) [5].

Якщо використовується в якості заземлювача монолітний залізобетонний фундамент, необхідно забезпечити надійне електрично-механічне з'єднання певних окремих елементів арматури між собою і зі струморозрядниками (від розрядників і систем зрівнювання потенціалів). Для цього найкраще використовувати спеціальні роз'єми, які пройшли стандартні випробування, рисунок 2.5-2.6 [1, 29].



Рисунок 2.5 – Приклад виконання фундаментних заземлювачів [5].

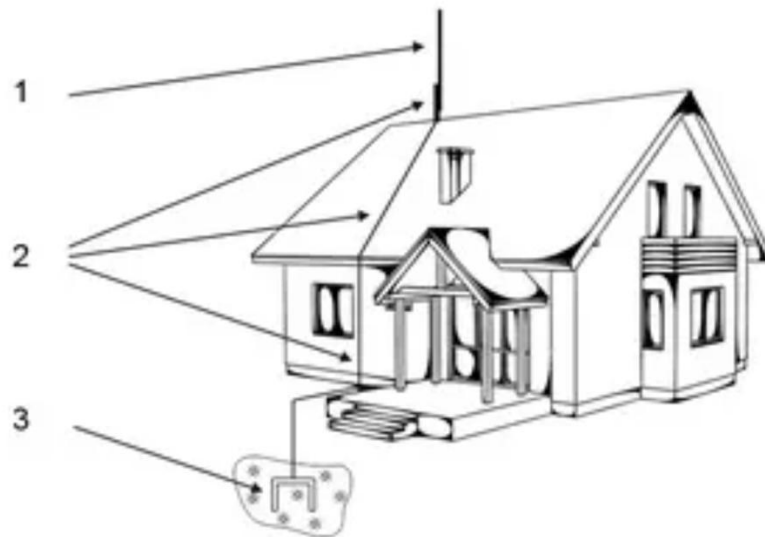


Рисунок 2.6 – Приклад виконання громовідвіду одно-стержевого [5].

Цікаво, що системи блискавкозахисту типу «космічний блок» представляють собою струмопровідні мережі, встановлені на даху будівлі, яку треба захистити від враження. У цього типу блискавкозахисту в конструкції матеріали що використані відповідають нормам блискавкозахисту «Buildings and Communications Z 153-34.21.122-

2003». Такі ж параметри застосовуються до всіх громовідводів, рисунок 2.4 [3, 9, 21].

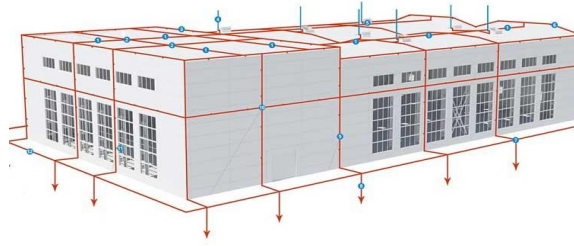


Рисунок 2.4 – Приклад клітинної системи блискавкозахисту [8].

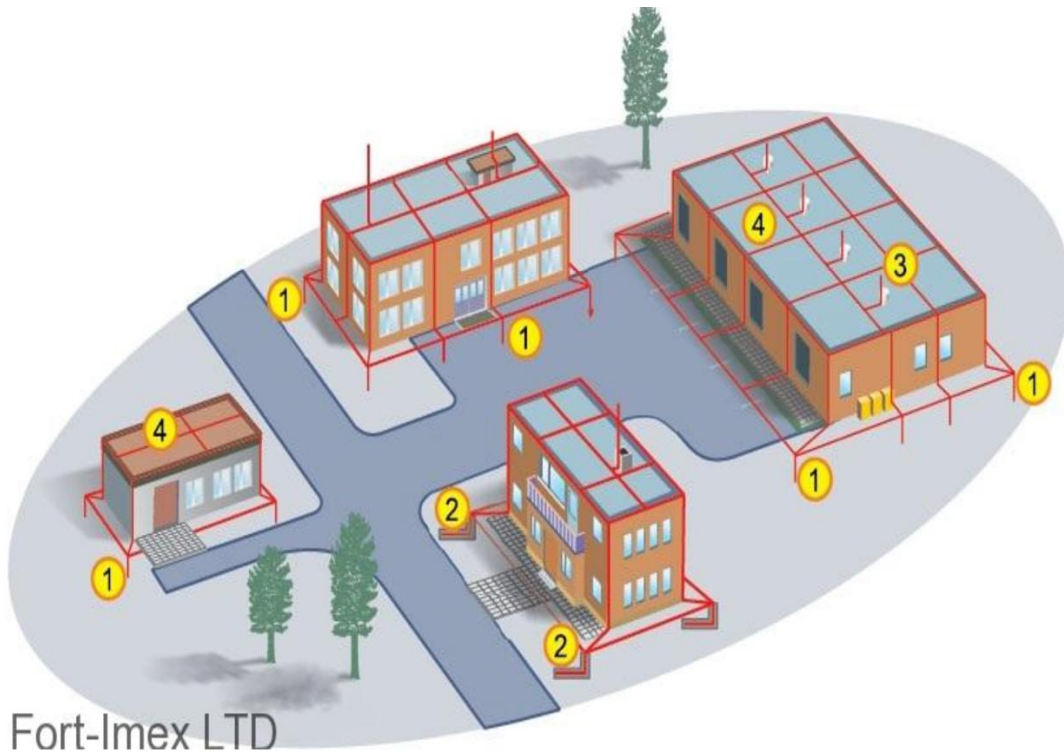


Рисунок 2.5 – Блискавкозахист виробничого підприємства, де: 1 – модульне заземлення; 2 – електролітичне заземлення; 3 – зовнішній блискавкозахист; 4 – струмовідводи [8].

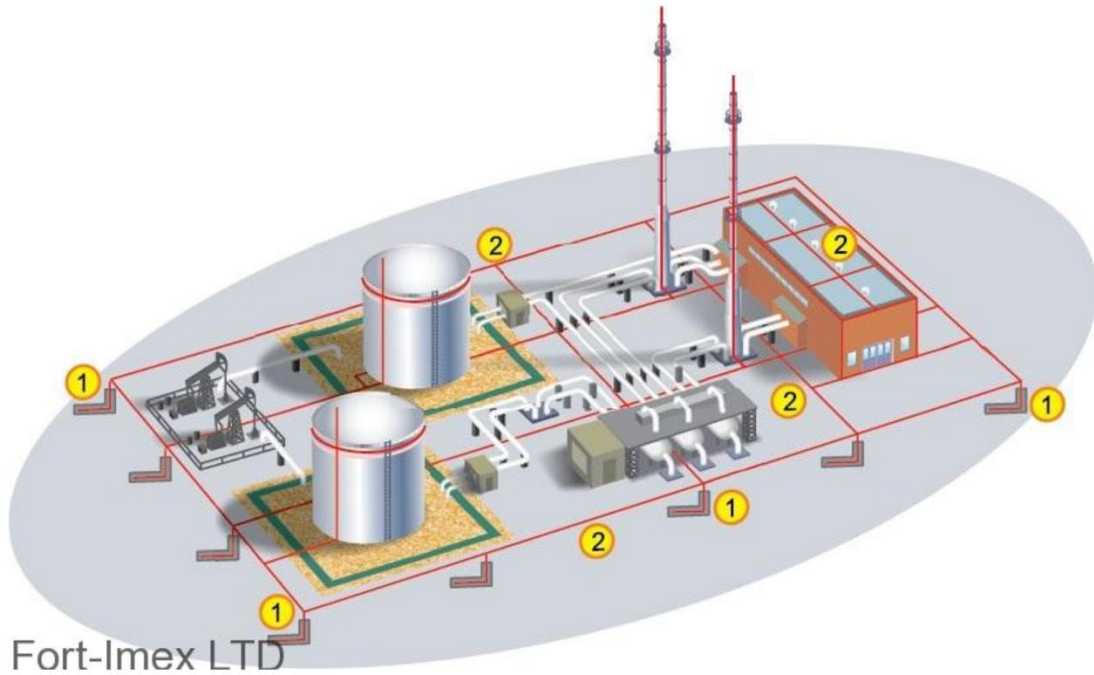


Рисунок 2.6 – Захист нафтових і газових промислових об'єктів, де: 1 – електролітичне заземлення; 2 – заземлюючі провідники [8].

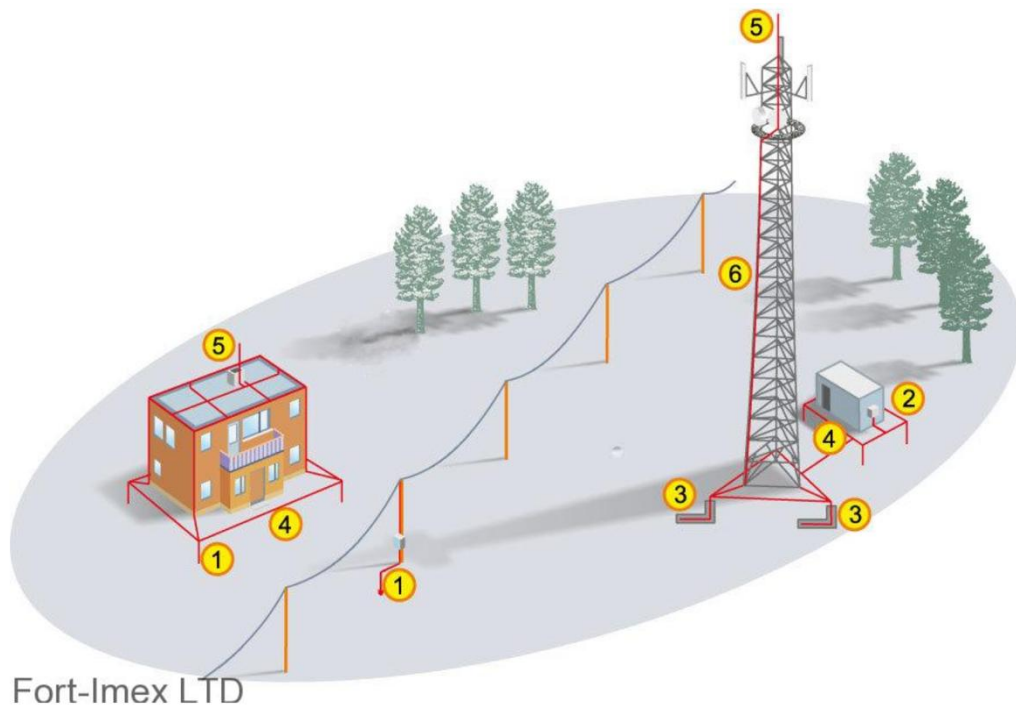
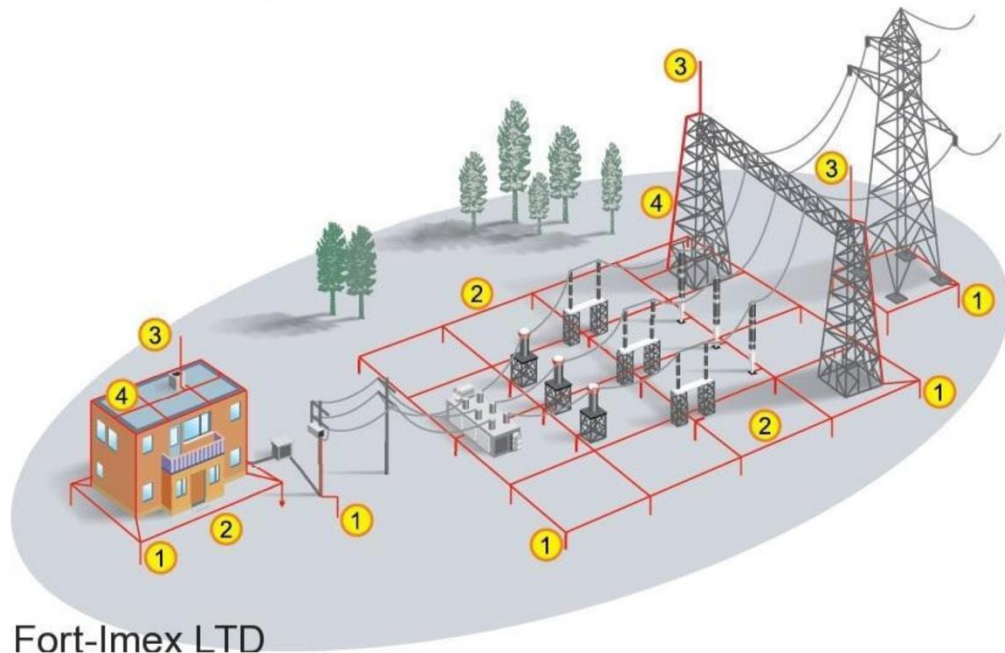
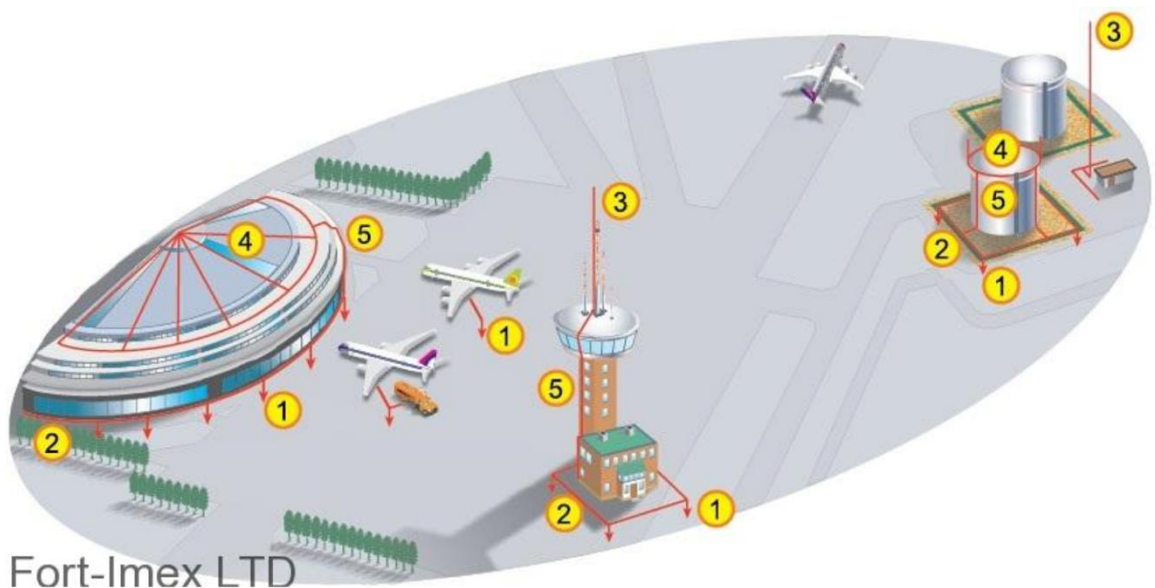


Рисунок 2.7 – Блискавкозахист телекомунікаційного об'єкту, де: 1 – модульне заземлення; 2 – електролітичне заземлення; 3 – заземлюючі провідники; 4 – зовнішній блискавкозахист; 5 – струмовідводи [8].



Fort-Imex LTD

Рисунок 2.8 – Блискавкозахист об'єктів енергетики, де: 1 – модульне заземлення; 2 – заземлюючі провідники; 3 – зовнішній блискавкозахист; 4 – струмовідводи [8].



Fort-Imex LTD

Рисунок 2.9 – Блискавкозахист аеропортів та аеродромів, де: 1 – модульне заземлення; 2 – заземлюючі провідники; 3 – блискавки-щогли; 4 – сітчастий блискавкоприймач; 5 – струмовідводи [8].

Традиційна система блискавкозахисту (без іонізатора) складається з наступних конструктивних елементів [10, 12, 14]:

- спеціальний сконструйований громовідвод  $h=35\text{см}$ , виготовлений з міді або сталі, закріплений на стрижні  $h=2\text{м}$ ;
- щогла  $h=2\text{м}$ . Комбінація громовідводу і щогли дозволяє досягти потрібної висоти: 2,35; 4,1; 5,85; 7,6 м;
- щогла має спеціально кріпитись до стіни будівлі або до триноги;
- спеціальний кондуктор з набором кріплень, прикріплений до стіни будівлі;
- клеми заземлення;
- заземлена розетка. Радіус захисного ефекту блискавковідводу визначається висотою щогли.

Для традиційної системи наближена формула розрахунку має вигляд [17]:

$$R=1,732 \cdot (zod)$$

де:  $h$  - висота від найвищої точки будівлі до верху конструкції громовідводу (м). Громовідвід інсталується на щоглі на необхідній висоті, потім вся конструкція закріплюється на найвищій точці будівлі за допомогою спеціального кронштейна (кріпиться до стіни) або штативу і підключається до клеми заземлювача (розетка) зі спеціальним провідником матеріали [1, 5, 8].

Відстань між з'єднувальним проводом і каналізаційною, газовою магістраллю й зовнішніми металевими частинами будівлі повинна бути не менше 1 м, і він повинен бути закріплений на стіні будівлі спеціальним кріпленням через кожні 30 см, а ступінь вигину повинено бути принаймні близько  $R=20\text{см}$ . Принаймні 2 м над ґрунтом. Цей термінал підключається до заземленої розетки, яка встановлена окремо від існуючого заземлення будівлі, рисунок 2.5 [2, 5, 9].

Найпоширеніші методи та засоби монтування земляних заземлювачів представлено на рисунку 2.6 [12].

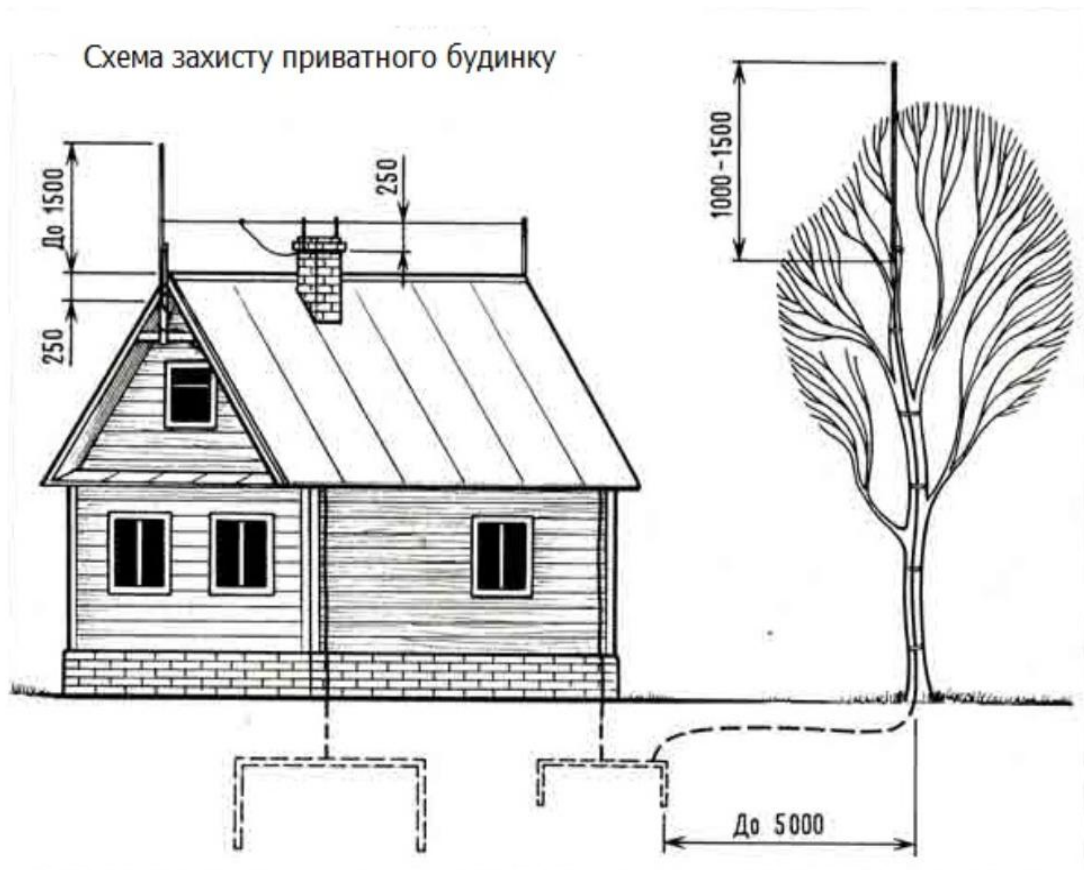


Рисунок 2.5 – Приклад стандартного інсталювання захисту [5].

Принцип роботи системи активного блискавкозахисту з іонізатором полягає в безперервній роботі спеціального пристрою – активного блискавкоприймача, який постійно генерує електричні імпульси в напрямку руху грозової хмари, створюючи повітряний канал зі значно зниженим опором [2, 10, 18].



Рисунок 2.6 – Приклад розміщення земляних заземлювачів [19].

Важливо, що, його увімкнення відбувається в момент, коли електромагнітне напруження між грозовою хмарою і землею досягає критичного значення, перед неминучим виникненням розряда. І якщо вона переміститься на захищену територію, то її підхопить колектор, інакше колектор не подіє на блискавку і вона пройде. Цей блискавкозахист поширений у багатьох країнах світу, рисунок 2.7, [5, 19].



Рисунок 2.7 – Приклад іонізатора Millennium Prevelectron 2 [32].

#### 2.5.1.3 Інші поширені типи металевих покрівель.

До них ідеально підходить визначена вище класична схема побудови блискавкозахисту. Важливо відзначити, що, систему розряду струму краще проводити уздовж стін будинку, навпроти входу, а заземлювач закопувати подалі від конструкції фундаменту, різних садових споруд і т.д., рисунок 2.8 [17, 23, 30].

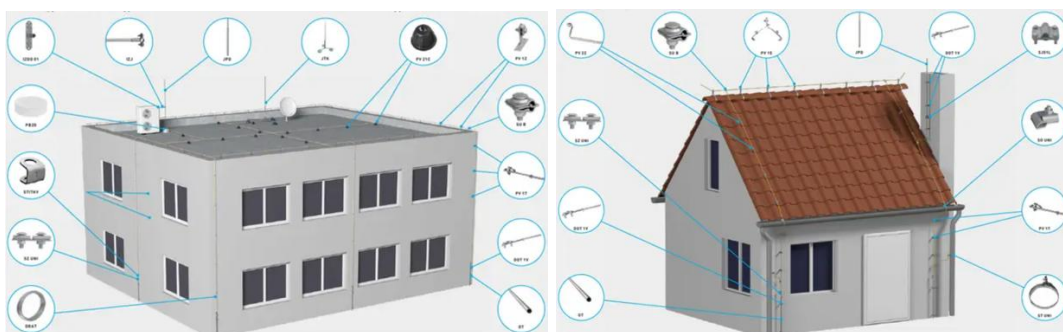


Рисунок 2.8 – Поширений приклад встановлення системи блискавкозахисту споруди з різною формою даху [33].

#### 2.5.1.4 Покрівлі будівель та споруд шифером та деревом.

Для таких дахів фахівці рекомендують різні системи. По всій довжині «підкови» покрівлі через дві дерев'яні опори натягнутий металевий трос, до якого приварені струмоводи, треба спустити по даху, протягнути уздовж стіни (можна протягнути дрот через злив) і в землю. Струмопроводи мають бути приварені від сталевієї пластини до заземлювача. Система також повинна бути розташована на відстані 3-5 метрів від входу, рисунок 2.9 [20, 23, 27].

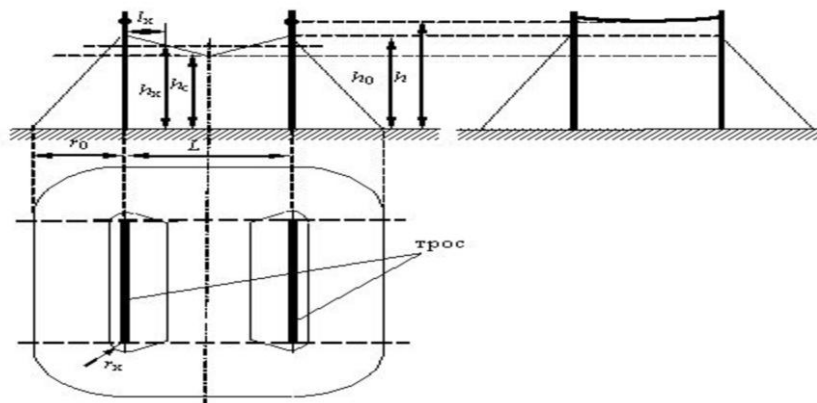


Рисунок 2.9 – Приклад монтування відведення струму [33]

#### 2.5.1.5 Усі типи керамічної плитки.

Для захисту черепичної покрівлі фахівці рекомендують накидати на дах сітку-рабицю з кроком сітки не більше  $6 \times 6$  м, але це не обов'язково. Дріт або кабель цієї сітки має бути діаметром близько 6 мм. Усі з'єднання проводів просвічуються. В наслідок до цієї сітки підключаються струмові дроти, які закінчуються сталевими пластинами заземлюючих пристроїв, закопаних у землю, рисунок 2.8 [17, 18, 22, 26].

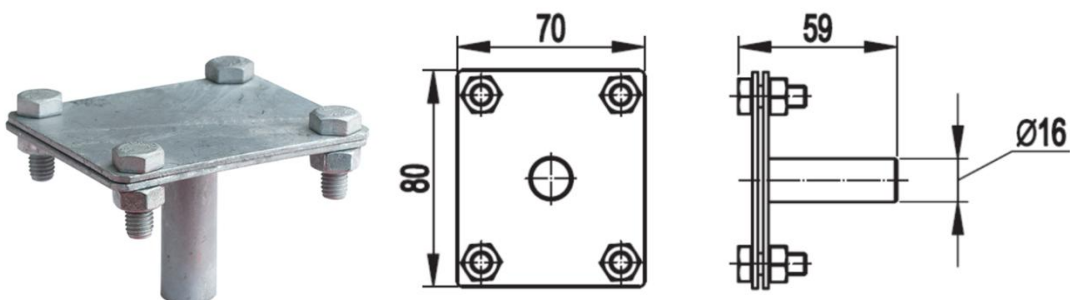


Рисунок 2.8 - Приклад з'єднання заземлювача [17].

2.5.2 Внутрішня система блискавкозахисту яка використовується в житлових будівлях й спорудах.

Блискавкозахист всередині житлових будинків Внутрішній блискавкозахист повинен зменшувати електромагнітний вплив струмів блискавки на людей, установки й обладнання, розташоване всередині будівельного об'єкта. У подальшій частині роботи будуть представлені лише основні проблеми внутрішніх систем блискавкозахисту житлових будівель, а саме [5, 19]:

- Вирівнювання потенціалів установок, включених до житлових мереж.
- Вирівнювання потенціалів в межах житлових будівель.

Вибір і розміщення обладнання, яке обмежує перенапруги й захищає електроустановки, системи сигналізації й обладнання від прямого впливу деяких струмів блискавки [6, 8, 12].

Основні принципи екіпотенціальності містяться в нормах блискавкозахисту будівельних об'єктів. Згідно з цими принципами і специфікаціями потенціал усіх пристроїв, що використовуються і включено при проектуванні житлового приміщення, повинно бути збалансовано [5, 19, 28].

Вирівнювання потенціалів потрібно виконувати з низьким опором:

- *Прямий* - між провідниками і обладнанням, де потенціал не завжди присутній.
- *Обмежувальні фактори* - між заземленням й ізольованим від землі обладнанням, а також між провідниками й провідниками електрообладнання яке під напругою [18, 29].

Так враховуючи наведені вимоги, рекомендовано, щоб при впровадженні пристроїв в об'єкти архітектури будівель їх приєднувати до симетричної шини, будь-якого елемента блискавкозахисту або металевому елементу конструкції об'єкта якомога ближче до місця, де

інсталяції доступна. Найкращим рішенням в цьому випадку є розміщення всіх установок в одному спільному місці. На рисунку 2.9 показано приклад електроустановок, сигнальних ліній й інших провідних установок в одному місці [8, 20].

Безпосередньо до симетричної шини необхідно підключити [21-32]:

- Металева труба.
- Телекомунікаційні, допоміжні й вимірювальні заземлювачі.
- Лінії або екрани передачі сигналів, які проводять певні елементи.
- Провідників PE або PEN електромережі.

Якщо зовнішні пристрої, лінії електропередачі, телекомунікаційні й сигнальні лінії не можуть під'єднатися до об'єкта в тому самому місці й потрібні кілька симетричних металевих шин, їх слід підключати до заземлюючого провідника або залізобетонної конструкції металевого елемента найкоротшими провідниками [14, 16, 19, 21].

Провідники, що з'єднують балансири, повинні бути приєднані до струмопровідних елементів або інших екрануючих елементів залізобетонної конструкції [21, 23, 30].

Так симетричні шини найчастіше розташовують на ґрунті, якомога ближче до місця установки будівлі, ці пристрої є струмоведучими елементами і підключаються до заземлювачів, наприклад, до фундаменту будівлі. Конструкції ліфтів, вентиляційні канали й витяжки й ін. [14, 21, 31].

2.6 Області захисту від грозового явища житлових і виробничих будівель й споруд.

При захисті електричних систем, що вимагають максимальної надійності й безвідмовної роботоздатності, слід додатково враховувати ослаблення електромагнітних імпульсів блискавки під час перетину різних зон (настінної арматури, додаткових екранів тощо). Нижче наведено короткий опис кожної зони житлового будинку [14, 16, 23].

## 1. Область **0А**.

Обладнання, а також електричні й електронні системи, що працюють у цій зоні, знаходяться під загрозою дії постійного струму блискавки з нескінченними піками й імпульсними електромагнітними полями [11, 19, 25].

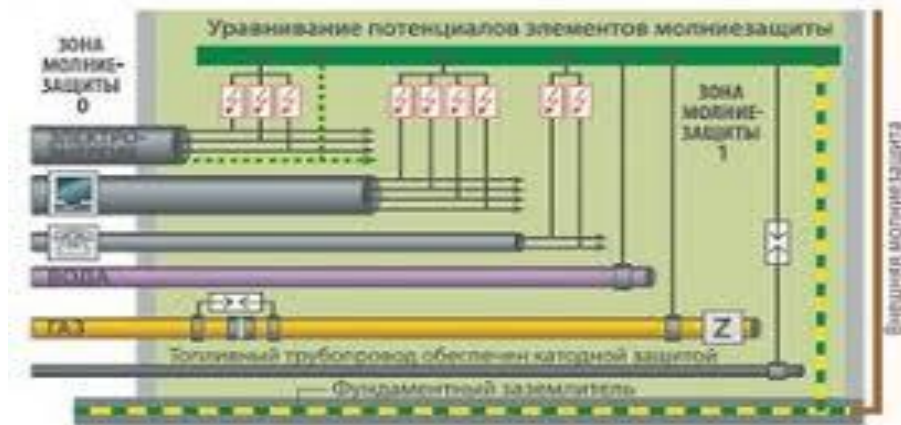


Рисунок 2.9 – Приклад інсталяції провідників до шини зрівнювання потенціалів при введенні їх у житлові об'єкти [7].

Отже, обладнання або системи, які працюють на відкритому повітрі, не захищені від впливу електромагнітних полів і не захищені від напруги й струму враження блискавки, вони знаходяться під загрозою. В області 0А пікової амплітуди результуюча перенапряга виникає через імпульсний опір ізоляторів, ізоляції кабелів або обладнання всередині будівлі [13, 19].

## 2. Область **0В**.

Обладнання, що працює на цьому участку кола, знаходиться під загрозою:

- Прямий вплив імпульсних електромагнітних полів, спричинених струмами блискавки з піками, як, наприклад, у випадку зон 0А.
- Напруги й імпульсні струми, викликані струмами блискавки в будівельних установках (спорудах), які є струмопровідними [12, 16].

Такі пристрої встановлюються в неекраниваних об'єктах без власного електромагнітного екранування (корпусах і кожухах), а також пристроїв обмеження перенапруг в електроустановках і лініях передачі сигналів [3].

Зпрогнозований пік збільшення напруги в цієї зоні [10, 19]:

- В мережі низької напруги 10 кВ.
- В лініях передачі сигналу 6 кВ.

Імпульсні струми, що виникають в області 0В, характеризуються часом зростання (фронтальним) 8мкс і тривалістю половини максимального значення, тобто 20 мкс [12, 17].

**Участок 1.** Електронне обладнання, що працює в зоні 1, захищено таким чином [10, 13]:

- *Пряма дія імпульсних електромагнітних полів* — у цьому випадку реалізується окремими екранами, які зазвичай з'єднані між собою, цієї конструкції будинків, що мають струмоведучі елементи [13, 16].
- *Від напруги й струму блискавки* - створюються компоненти й схеми, що обмежують перенапруги, так званий основний захист - одноступеневі схеми обмежувачів перенапруг [14, 19].

Пікова імпульсна напруга в цій області як правило становить [7, 10]:

- В електроустановках нижче 10 кВ.
- В лініях передачі сигналу до 6 кВ.

Форма імпульсного струму, що використовується для перевірки розрядника, така ж, як і для області 0В [5, 11].

### **Інші області.**

Створення більшої кількості зон вимагає введення додаткових екранів, а також додаткових ступенів для обмеження напруги й пускових струмів [1, 7].

Використовуються властивості екранування [26]:

- Залізобетонні стіни будівель в межах об'єкту.

- Вбудовані екрани в приміщеннях будівлі.
- Сталева оболонка і корпус самого обладнання.

Для існуючих об'єктів, а також тих, що на стадії будівництва, з чутливими електронними системами найчастіше використовуються дворівневі або тривірневі системи захисту від перенапруг рисунок (2.10), [18, 26].

При створенні окремих областей особливу увагу слід приділити наступним аспектам [19, 24]:

- Дотримуватися принципу вирівнювання об'єктового (конструктивного) потенціалу в житлових об'єктах [26].
- Правильний вибір і розміщення різних розрядників [18].
- Принцип використання пристроїв ударостійкості, встановлених у областях для обмеження враження [12, 13, 16].

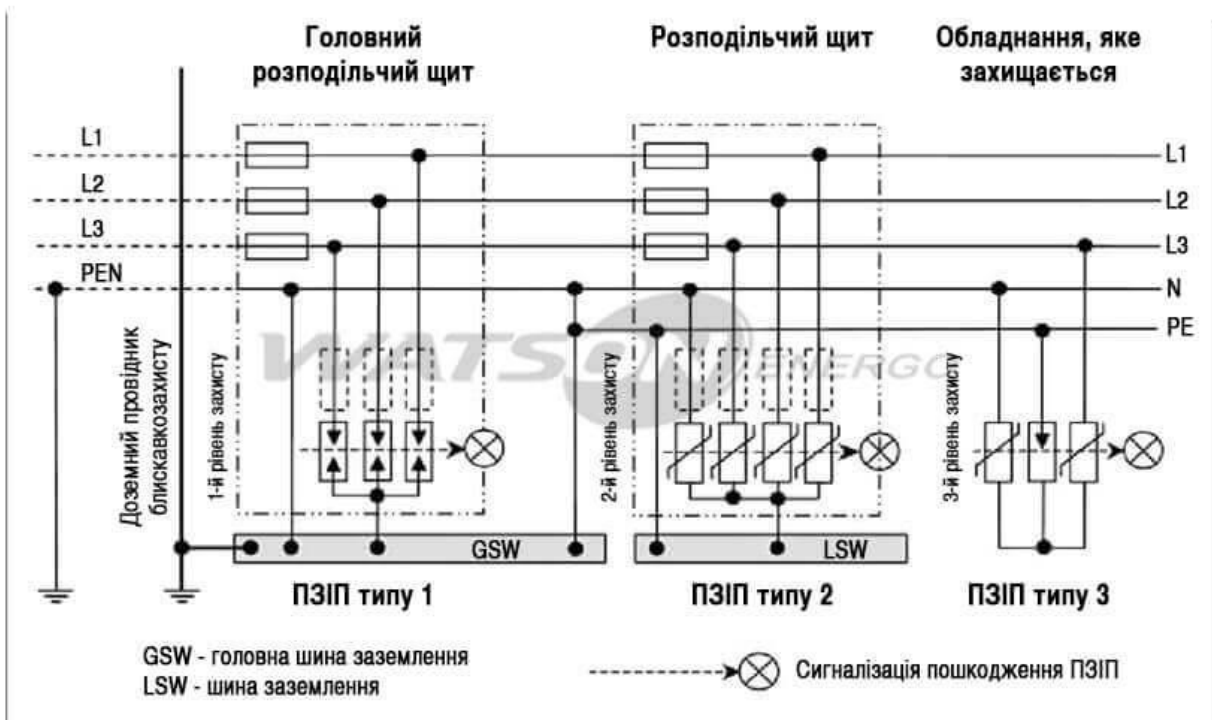


Рисунок 2.10 - Схема треступінчатої системи для обмеження перенапруги [3].

## ВИСНОВОКИ ПО ЦЬОМУ РОЗДІЛУ

Отже, відомо, що, блискавка це природні атмосферні розряди які є постійною і майже гарантованою причиною небезпеки для людей, будівель та їх майна. Блискавка – це одне з найбільш руйнівних і жахливих природних явищ, з якими постійно стикаються люди в усьому світі [1-10].

Наслідки виникнення блискавки, якщо будівлі не забезпечені надійних системами блискавкозахисту – травматизм або загибель людей, руйнування житлових та адміністративних будівель, вихід з ладу комутуючого та захисного обладнання, кабельно-провідникового обладнання й електроустановок. Це усе є складні наслідки впливу блискавки [10-13].

Тому як слідство, необхідно звернути особливу увагу на те, що пошкодження виникають не тільки в зоні прямих розрядів, але і на певній відстані (до кількох кілометрів), оскільки енергія розрядів значна і небезпечна, виникає імпульсна перенапруга, яка передаються через лінії комунікації та зв'язку (електропередач, труби монтажу та експлуатації тощо) «ТЕЛЕПОРТ» до житлових та нежитлових будівель. Зрозуміло, що, необхідність системи блискавкозахисту житлових та не житлових споруд має бути обов'язковою умовою сучасності, виробників і громадян в цілому. Для підтвердження необхідності блискавкозахисту, у таблиці 1 (додаток 1), наведено нормовану залежність будівель від площі та умов розташування та категорії потрібного блискавкозахисту [11-17].

## РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА СИСТЕМИ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ НА СТАНЦІЯХ ТА ПІДСТАНЦІЯХ

3.1 Побудова повного комплексного блисковкозахисту захисту станцій та підстанцій.

Відомо, що, повний комплексний захист електричних станцій та підстанцій включає внутрішній і зовнішній захист від грозових перенапруг. Однак, у тому випадку, коли підстанція вбудована (є частиною) або розташована в зоні іншої будівлі, захист може бути виконаний лише внутрішньо, оскільки зовнішній захист запобігає підвищенню напруги всієї будівлі, включаючи закриту станцію та підстанцію, рисунок 3.1 [18, 23, 30].

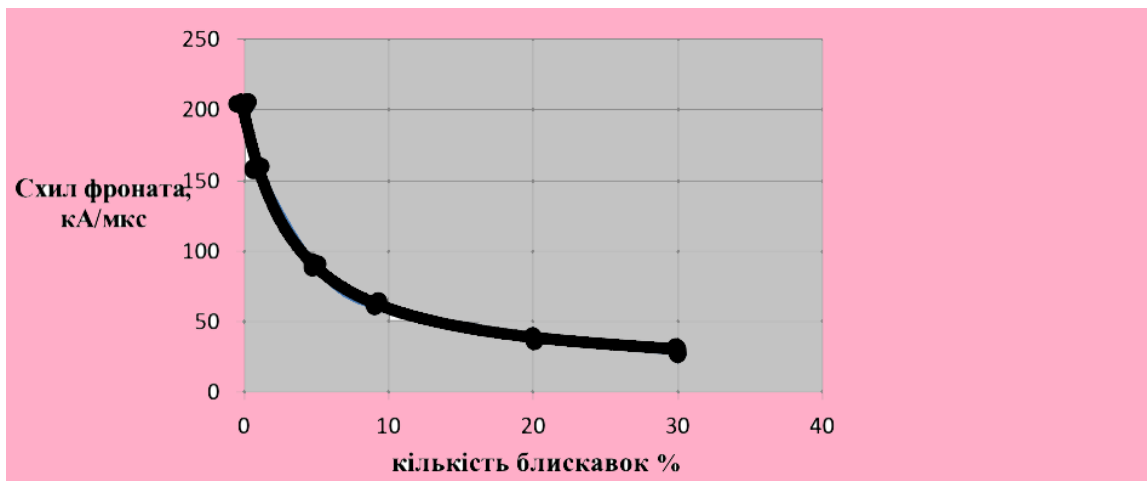


Рисунок 3.1 – Розподіл кривої крутизни імпульсу струму блискавки (залежність схилу фронту до кількості блискавок) [3].

Відомо, що, струм блискавки може іноді перевищувати 200 кА, але такі розряди бувають відносно не часто: на рисунку 3.2 наведено розподіл значень струму блискавки [21, 28, 31, 34].

Тому існуюча перенапряга, що є наслідок виникнення прірднього явища – блискавки, поділяється на два види: перенапряга від прямого враження блискавки та примусово індукована перенапряга. *Перший вид* – це коли блискавка влучає безпосередньо в електрообладнання чи кабельно-провідникову продукцію. В данному випадку імпульсна напруга зможе алегити від конструктивних або технічних характеристик будівлі,

а також від значення опору заземлення і режиму нейтралі. Але не менш значний вплив також мають і параметри самої блискавки: швидкість зростання блискавки, опір структури блискавки [19-23].

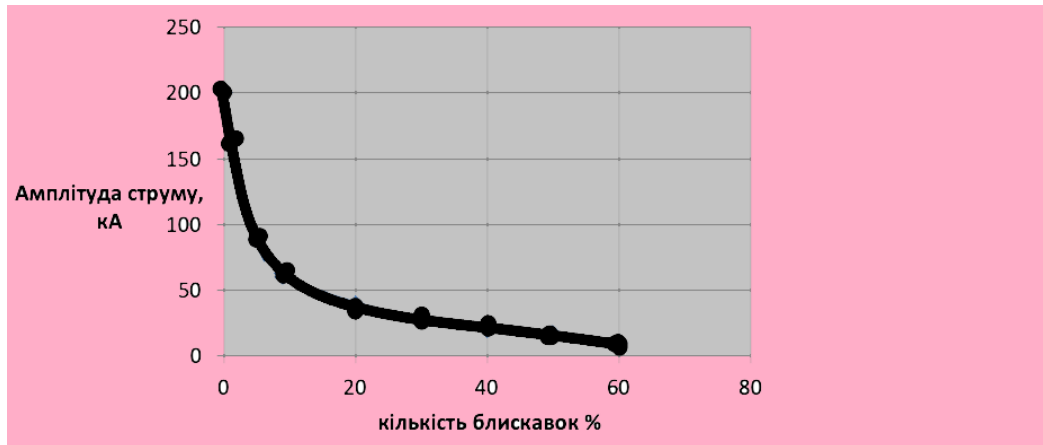


Рисунок 3.2 – Розподіл кривої амплітуди струму блискавки (залежність амплітуди струму до кількості блискавок) [4].

Для запобігання прямому враженню має використовуватись громовідведення [9, 11, 19, 22].

Другий вид перенапруги характерний при попаданні блискавки в ґрунт поблизу станцій та підстанцій. Наприклад, для захисту станції та підстанцій від імпульсних перенапруг мають використовуватись грозовідвідники і нелінійні обмежувачі напруги [9, 10].

Тому прямі враження блискавки можуть пошкодити різне електроустаткування, лінії електропередач, саму підстанції тощо. Однак є кілька умовно суттєвих припущень [18, 25].

Блискавкозахист не потрібен у таких випадках [8, 20]:

1. станції та підстанції відкритого типу 10 кВ і 35 кВ з максимальною потужністю трансформаторної одиниці 1,6 МВА і нижче;
2. відкриті станції та підстанції 10 кВ і 35 кВ за умови, де кількість ймовірносних гроз на рік має не перевищувати 20 [5, 7];
3. відкриті станції та підстанції нижче 220 кВ на локаціях з еквівалентним опором заземлення в грозовий сезон, за умови моніторингу ймовірносних гроз не більше 20 разів на рік [6, 8].

Відомо, що закриті станції та підстанції захищені від прямого враження блискавки, якщо на протязі року проводиться більше ніж 20 ймовірносних грозових спостережень. Закриті станції та підстанції з металевими покриттями і конструкціями мають бути захищені металевими частинами які заземлені. Якщо закрита станції та підстанція не має не дотримується таких умов, не має таких металевих частин і не може бути заземлена, потрібно інші розрядники або обмежувачі перенапруги [1-9, 23, 30].

3.2 Забезпечення блискавкозахисту електричних станцій та підстанцій від прямих вражень блискавки.

Існують ще й інші способи та засоби забезпечити безпеку життя людини й її майно, відомо, що, тільки в 1752 році Бенджамін Франклін запропонував технологію громовідвода. Тому цей спосіб запобігання грозовим розрядам дуже популярний і зберігає свою функціональну актуальність і сьогодні [25, 26, 31].

Так за типом конструкції розрядника блискавковідводи можуть поділяються на стрижневі й тросові. Розглянемо його принцип дії, він дуже простий. Коли розряд блискавки вражає в найвищій точку об'єкту (громовідвод), вона поглинає пряме враження і проводить струм в землю, захищаючи будівлю в цілому або інші будинки які розташовані в її захищеній зоні [26, 28-29].

3.3 Принцип роботи громовідводів.

Тепер розберемо докладніше принцип роботи стрижневих блискавковідводів, які найчастіше використовуються для захисту будівель і станції та підстанцій. На рисунку 3.3 представлено конструкцію простого громовідводу [14, 28, 30].

Зрозуміло, що, до розрядника пред'являються високі вимоги. Оскільки вони отримують прями ураження розряду блискавки, вони повинні мати значну механічну і термічну стійкість до дії струму

блискавки, а також повинні витримувати високу термічну стійкість під час грозового розряду [24, 26, 31].

Які функції навантажувальної конструкції – в з'єднанні усіх елементів громовідводу в міцну і жорстку та надійну конструкцію. Тому що блискавковідвід встановлюється відносно близько до зарядженого предмету, не можна робити виключення, що блискавковідвід може впасти на струмоведучу частину будівлі [8, 13, 29].

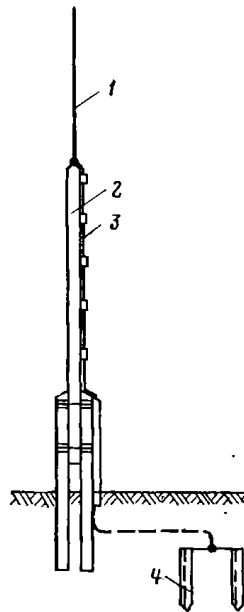


Рисунок 3.3 – Приклад конструкції блискавковідводу стрижневого типу.

де: 1 – розрядник; 2 – навантажувальна конструкція; 3 – колектор; 4 – заземлювач [15].

Тому така ситуація може призвести до нещасних та трагічних випадків або пошкодження електрообладнання тощо. Зрозуміло, що вантажна конструкція повинна запобігати таким складним ситуаціям й надійно утримувати громовідвід [27, 29, 31].

Слід наголосити, що, важливим показником блискавковідводу є якість його конструкції заземлення. Від пристрою заземлення залежить ефективність і надійність захисту станції та підстанції в цілому. Основним або першочерговим його завданням є відведення струму грозового розряду в землю, тому його основні характеристики

визначаються стійкістю до механічних і термічних зусиль, які засновані впливом струму блискавки, як і блискавковідводу. Крім того, заземлюючий пристрій повинен мати надійну стійкість до хімічно агресивного впливу ґрунту і корозії, яка з цим пов'язана [11, 17, 19].

Після багатьох практичних експериментів науково було знайдено простір навколо громовідводу, ймовірність можливості попадання блискавки в нього майже дорівнює нулю. Для ефективного захисту будівля (станції та підстанції) повинен повністю перебувати в зоні захисту блискавковідводу. Над самим громовідводом існує певна ділянка, де у разі враження блискавки є дуже велика ймовірність попадання блискавкою в громовідвод [23, 26, 29].

На рисунку 3.4 пропонована захищена зона й 100% руйнування громовідводу [23].

Усі зони блискавкозахисту визначаються розрахунком і закріплюються нормативно-правовими документами (СО153-34.21.122-2003 Інструкція з монтажу блискавкозахисту будівель, споруд і промислових комунікацій). Однак слід врахувати те, що, не усі громовідводи розраховуються однаково. Практично встановлено, що громовідводи висотою більше 60 метрів уражаються не тільки на верхній частині громовідводу, а й нижче [21, 23, 27].

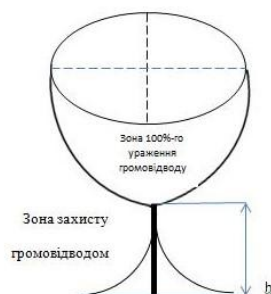


Рисунок 3.4 - Поле захисту від блискавковідводу й 100% руйнування [9].

У зв'язку з цим розрахунки дещо відрізняються від практичних спостережень та дослідів, у таблиці наведені параметри для визначення площі блискавковідводу різної висоти [2, 8].

Так само велика увага приділялася рельєфу місцевості де встановлено будівлю. Існують окремі випадки — встановлення громовідводів на похилій (гори) місцевості. У цьому випадку захищена зона має спотворюватись, збільшуючись під гору або зменшуючись під гору [12, 15, 17].

Таблиця 3.1 Розрахунок зони захисту однополюсного блискавковідводу [12]

<b>Надійність захисту P</b>	<b>Висота громовідводу h, м</b>	<b>Висота конуса h0</b>	<b>Радіус конуса r, м</b>
0,9	0-100	0,85h	1,2h
	100-150	0,85h	$[1,2 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$
0,99	0-30	0,8h	0,8h
	30-100	0,8h	$[0,8 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$
	100-150	$[0,8 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$	0,7h
0,999	0-30	0,7h	0,6h
	30-100	$[0,7 - 7,14 \cdot 10^{-4}(h - 30)]h$	$[0,6 - 1,43 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$
	100-150	$[0,65 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$	$[0,5 - 2 \cdot 10^{-3}(h - 100)]h$

Для збільшення захищеної площі можна встановити кілька блискавковідводів. як показано на рисунку 3.5, межі двох розрядників і їх захищених зон показані в горизонтальному і вертикальному розрізах відповідно [16, 28, 31].

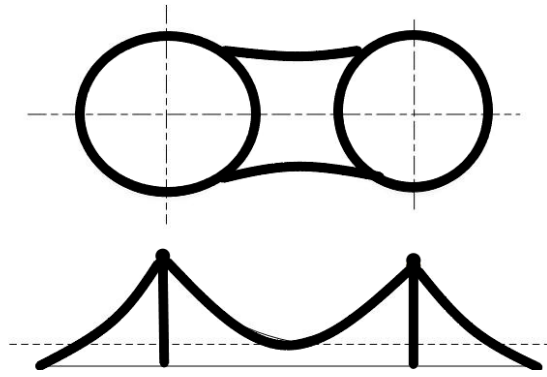


Рисунок 3.5 – Захисне поле двоступеневого стрижневого розрядника [17].

Враховуючи нормативні документи та регламенти, методика розрахунку для захищених зон така ж, як і для індивідуальних блискавковідводів. У таблиці 3.2 наведені достатні параметри для визначення зони подвійного блискавковідводу [11, 16, 23].

Таблиця 3.2 Розрахунок площі захисту подвійного блискавковідводу [17]

Надійність захисту P	Висота громовідводу h, м	Довжина горизонтального перерізу L, м	Відстань між громовідводами L0, м
0,9	0-30	5,75h	2,5h
	30-100	$[5,75-3,75 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$	2,5h
	100-150	5,5h	2,5h
0,99	0-30	4,75h	2,25h
	30-100	$[4,75-3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$	$[2,25-0,01007(h - 30)]h$
	100-150	4,5h	1,5h
0,999	0-30	4,25h	2,25h
	30-100	$[4,25-3,57 \cdot 10^{-3}(h - 30)]h$	$[2,25-0,01007(h - 30)]h$
	100-150	4h	1,5h

#### 3.4 Умови монтажу блискавковідводів.

Так монтаж громовідводу зазвичай має проводитись на вводі станції та підстанції (на споруді Scream). В основному це має бути пов'язано з більш ефективним використанням охоронних зон, оскільки вони розташовані поблизу будівель, які захищаються. Звичайно, економічно вигідніше встановлювати захис так, тому що для виробництва потрібно менше металу [23, 26, 31].

Варіанти кріплення громовідводу на існуючій конструкції Scream має один суттєвий недолік. Значні й потужні враження блискавки попереду імпульсу виникаючого струму ймовірно можуть пошкодити

громовідвод. Це може призвести до руйнації захищених конструкцій і будівель в цілому. Тому це в свою чергу може призвести до «зворотного» так званого перекриття ізоляції, певногопробою ізоляції, руйнуванню розеток, пошкодження електрообладнання, аварій та травматизм тощо [28, 30].

У цьому плані окремо стоячі громовідводи відносно будуть безпечні. Але слід врахувати, що, вартість установки такого громовідводу буде значно більша [18, 26].

Тому при проектуванні підстанції необхідно вибирати оптимальне рішення з урахуванням вартості й надійності системи блискавкозахисту [14, 16].

Для захисту ліній електропередач рекомендується використовувати тросові блискавковідводи. Вони використовуються для захисту ділянок лінії довжиною 1-3 км, що відповідають станціям та підстанціям [18, 29, 33].

### 3.5 Умови вибору пристрою захисту від імпульсних перенапруг.

Блискавкозрядники й розрядники є основним обладнанням для захисту підстанцій від атмосферних імпульсних перенапруг або грозових перенапруг. Розглянемо найпоширеніші способи та методи захисту [12, 26].

#### 3.5.1 Призначення, галузь використання та конструкція розрядників.

Найпростішим є іскровий розрядник. Інакше його ще називають іскрогасником. Принцип його дії дуже простий. Сама конструкція складається з двох стрижневих електродів з захисним зазором між ними. Коли цей зазор порушується і між електродами утворюється стійка дуга, це викликає аварійне відключення електроприладу [10, 28].

Інший вид використовуваного розрядника (трубчастий). Він частіше використовуються для захисту проходів на підстанціях і для захисту

обладнання на невеликих підстанціях. Конструкція цього розрядника показана на рисунку 3.6 [7, 9].

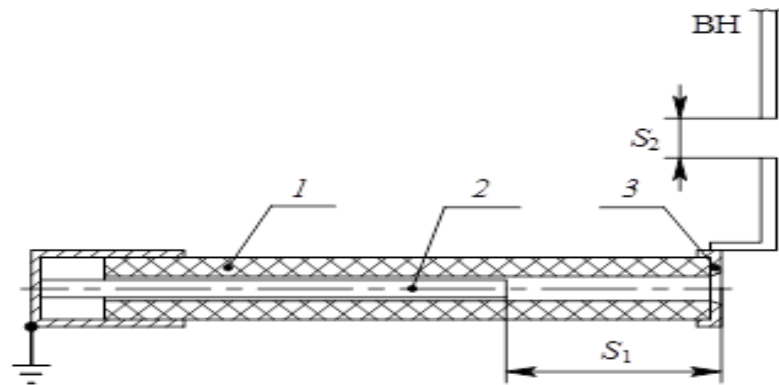


Рисунок 3.6 – Трубчастий розрядник [9].

де: 1 – газогенераторна трубка; 2 – стрижневий електрод; 3 – кільцевий електрод;  $s_1$  - внутрішній іскровий проміжок;  $s_2$  - зовнішній іскровий проміжок [9].

На разі наявності перенапруги блискавки іскровий проміжок руйнується, утворюючи дугу. Під впливом високої температури починається сильне виділення газу. Тиск у трубці починає зростати, тому газ рухається в бік нижчого тиску, тобто до відкритого кінця трубки. Виникла поздовжня ударна хвиля достатня для гасіння дуги [4, 9].

Вентильні розрядники часто використовуються для захисту ізоляції електрообладнання підстанцій. Вони названі завдяки своїм унікальним характеристикам. Опір цього розрядника нелінійний, тобто зі збільшенням значення сили опір зменшується. Це дозволяє розряднику пропускати великі струми з мінімальним падінням напруги. У структурній конструкції клапанний розрядник являє собою кілька послідовно з'єднаних іскрових проміжків з робочим опором. Робочий резистор повинен зменшити струм до величини, яку можна погасити іскровим проміжком, рисунок 3.7 [4, 9].

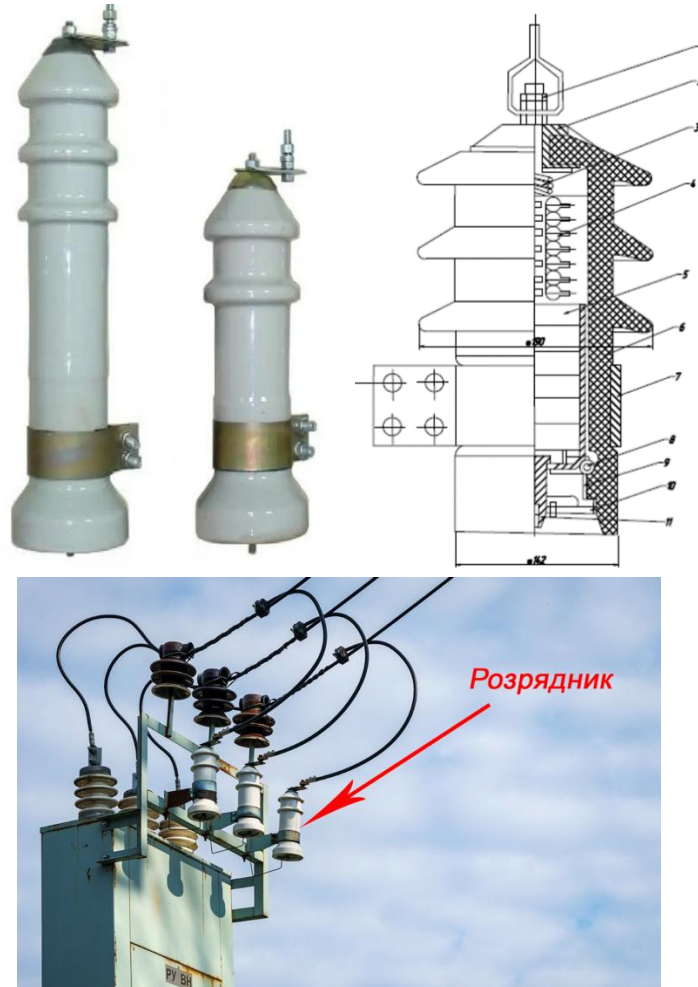


Рисунок 3.7 – Розрядник клапанний [19, 28].

де: 1 – розрядник; 2 – варистор; 3 – ущільнювальна порцелянова кришка.

### 3.5.2 Конструкція пристрою для обмеження перенапруг.

Сьогодні використання розрядників відійшло на другий план. На сучасних підстанціях основою пристроїв захисту від перенапруги блискавки є нелінійний обмежувач перенапруг (ОПН), див. рисунок 3.8 [1-9].

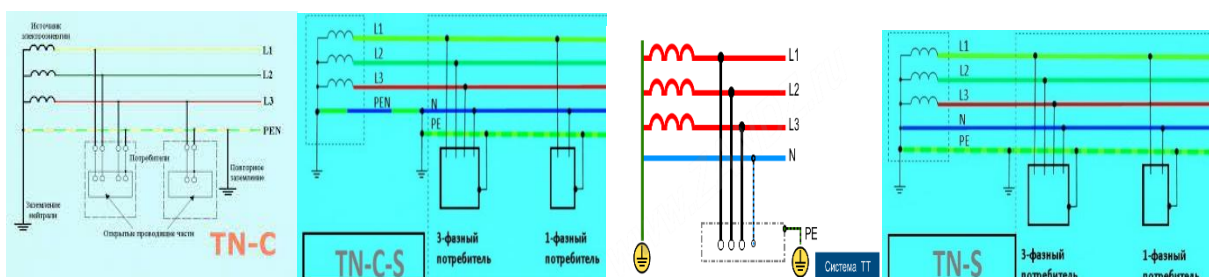


Рисунок 3.8 - Приклад встановлення PZIP для різних мереж [17].

На відміну від вентиляльних розрядників, ОПН не має іскрового проміжку, рисунок 3.9. Основою ОПН є нелінійний резистор - варистор, що складається з одного або кількох стовпчиків резисторів на основі оксиду цинку. Вольт-амперна характеристика ОПН дуже нелінійна [24, 26].

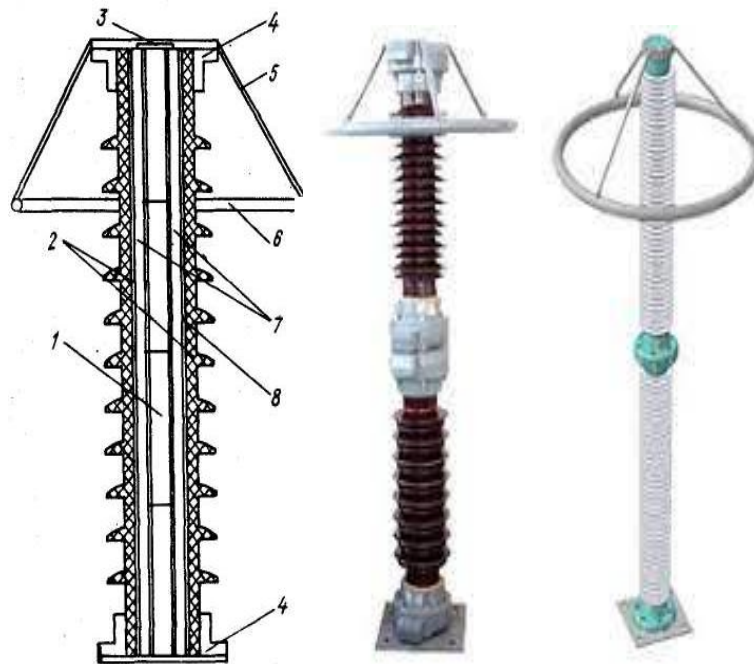


Рисунок 3.9 – Конструкція зовнішнього нелінійного обмежувача перенапруги [6].

де: 1- наскрізний отвір (є тільки в ОПН при використанні порцелянової кришки); 2 – ребристий ізоляційний корпус; 3 – вузли герметичності й вибухонебезпеки; 4 – фланець корпусу; 5 – тримач екрану; 6 – зовнішній кільцевий екран; 7 – колонка варистора [6].

Потреба в іскрових проміжках повністю усувається, що обмежує всі блисківки й комутаційні перенапруги до рівнів, безпечних для захищеної ізоляції [1-9].

### 3.6 Заходи охорони праці систем захисту електроустановок.

ПУЕ передбачає всі правила захисту електроустановок. Для наочності в таблиці 3.3 наведено необхідні заходи щодо захисту об'єктів підстанції [1, 5].

### 3.7 Електроустановки станції та підстанції які підлягають

блискавкозахисту.

ПУЕ встановлює схему блискавкозахисту підстанцій промислових підприємств. Схема підстанції, перераховані об'єкти захисту й параметри блискавкозахисту наведені в таблиці 3.4, Додаток 2 [6-12].

Таблиця 3.3 - Захист від прямого удару блискавки для підстанцій [8-15]

<b>Об'єкт охорони</b>	<b>Заходи охорони</b>
Включає гнучкі з'єднання і з'єднання шин.	Громовідвід стержневий
Для щорічного контролю за грозовою активністю існує більше майже 20 будівель машинного відділення.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Заземлення звичайної покрівлі або металеві покрівлі або складної залізобетонної конструкції.</li> <li>2. Громовідвід стержневого типу або сітчатий блискавкозахист на горіщі будівлі.</li> </ol>
Металеві, цегляні/бетонні й залізобетонні димоходи.	До заземлюючих стрижнів прикріплено сталеві блискавковідводи й заземлювальні дроти/конструкції.
Трансформаторні опори, нафтова промисловість, електролізні й ацетиленові генераторні станції та підстанції.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Окремо розміщений тросовий або стержневий громовідвод.</li> <li>2. Ударостійкість кожного заземлювача.</li> <li>3. Заземлення металевого корпусу будівлі/конструкції.</li> </ol>
Дробарки вугілля, резервуари для зберігання горючих рідин або газів, місця зберігання балонів з воднем.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Блискавковідводи, встановлені відокремлено або на конструкції будівель з товщиною даху менше 4 мм.</li> <li>2. Заземлення металевого корпусу.</li> </ol>

## ВИСНОВОК ПО ЦЬОМУ РОЗДІЛУ

З кожним роком зростає потужність новопроектованих електроустановок, станцій і підстанцій. У зв'язку з цим також розробляється система захисту, яка забезпечує повну безпеку об'єкта, що охороняється. Старе обладнання вже не працює, на його місце приходять новітні розробки в області електрообладнання [12, 31].

Деякі засоби захисту були основними вже більше століття. Тому, нове відкриття цього природнього явища ввело вчених в оману і повністю переосмислило це природне явище як блискавку. Подальші поглиблені дослідження допоможуть реалізувати більш якісний й ефективний захист підстанцій, зменшити кількість аварійних ситуацій, захистити й продовжити термін служби електрообладнання [1-9].

## РОЗДІЛ 4 ПРИНЦИП ПОБУДОВИ УСТАТКУВАННЯ СИСТЕМИ АКТИВНОГО БЛИСКАВКОЗАХИСТУ

### 4.1 Конструкція активного блискавкозахисту з наявністю живлення.

Засоби активного блискавкозахисту – сучасний спосіб захисту техногенних і природних ландшафтних об’єктів від враження зовнішньої енергії, тобто метод блискавкозахисту промислових та громадських будівель, споруд й прилеглих до них територій та об’єктів, станцій і підстанцій тощо, рисунок 4.1, [3, 7].



Рисунок 4.1 - Візуалізація активного блискавкозахисту [9].

Отже, сутність відомого способу компенсації заряду грозової хмари полягає в установці чутливих до блискавок веж та пристроїв з лазерами і дзеркальними кутовими відбивачами в розрахованій зоні, які створюють

лазерний плазмовий канал від вежі до початку грозового явища й множинних ударів блискавки уздовж лазера, це канал розряду. Пристрій що створює лазер вмикається після досягнення передгрозової інтенсивності тропосферного електростатичного поля, рисунок 4.2 [11, 13, 18].

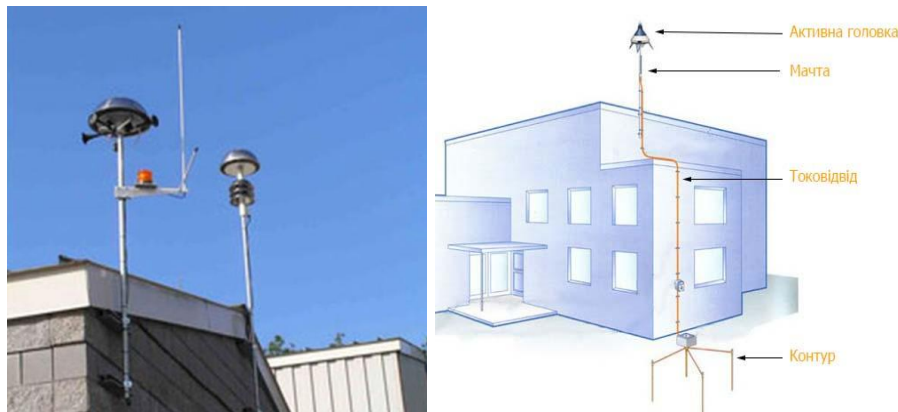


Рисунок 4.2 - Як працює активний блискавкозахист [9].

Цей ефективний метод блискавкозахисту від атмосферних розрядів (блискавок) функціонує методом фіксації й нейтралізації електричних зарядів і залучає до вертикально розташовані заземлюючі стрижні до своєї конструкції використання. Крім того, активно застосовується джерело іонізованого повітря, випромінювання якого потрапляє у найвищі шари атмосфери вздовж вертикального напрямку заземлювального стрижня, таким чином створює провідну ланцюг іонізованого газу в цьому повітрі, який служить провідником для проходження заряду блискавки в стрижні, де він заземлюється і нейтралізується. В подальшому, іонізовані розряди блискавки проходять при значно меншій напруженості електричного поля й тим самим суттєво зменшується їх шкідливий вплив, рисунок 4.3 [6, 9, 11].

Нам відомі різні способи та засоби активного блискавкозахисту від атмосферних електричних перенапруг які засновані на формуванні примусового розряду розрядників шляхом активного збудження передвісника який активно розвиває іскровий розряд [12].



Рисунок 4.3 – Класифікація іонізуючих випромінювань [11].



Рисунок 4.4 – Генерація іонізованого повітря [10].

Тому збудження лідера, створивши принаймні одне коло, безелектродних зон електричного пробую навколишнього середовища з низькотемпературною плазмовою оболонкою, загальний вигляд побудови системи активного блискавкозахисту буде наглядно наведено на рисунок 4.4 [7, 9, 12].

Уагальненим недоліком відомих на сьогоднішня технічних засобів та методів є відносно досить низька й нестабільна можливість гарантувати блискавкозахист об'єктів, передбачених будь-яким технічним проектом, яка може бути максимально ефективно реалізована лише за найважливіших умов живлення блискавкозахисту від зовнішнього джерела живлення електричною енергією, а отже вимагає застосування певних додаткових джерел енергії, а це вартість, складність та інш. Ускладнення побудови системи блискавкозахисту, зображено на рисунку 4.5, [5, 9, 15].

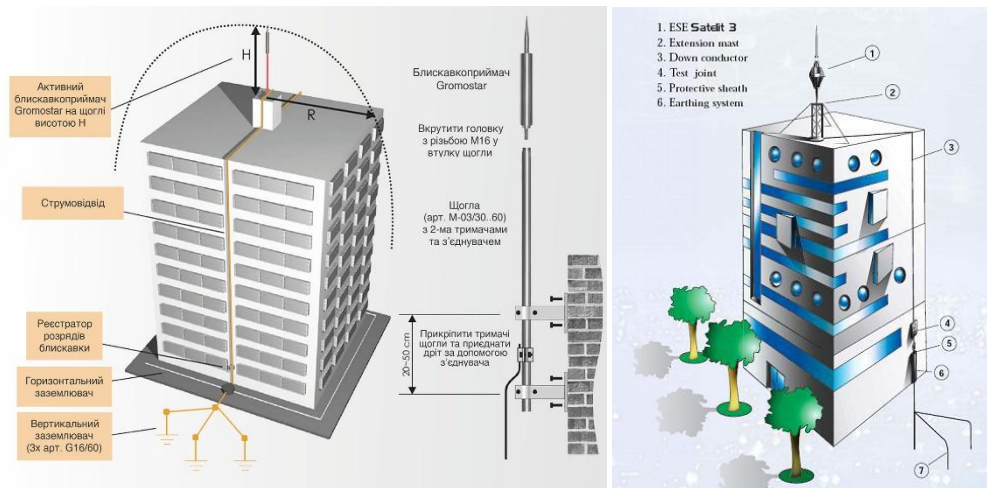


Рисунок 4.5 – Функціонально-структурна схема побудови конструкції активного блискавкозахисту, де: 1 – щогла; 2 – струмівідвід; 3 – ревізійний вузол; 4 – захисний кожух; 5 – система заземлення; 6 – стрижень заземлення [8].



Рисунок 4.6 – Приклад розміщення активного блискавкозахисту, бачимо, що, ця система обов'язково потребує постійного електроживлення [9].



Рисунок 4.7 – Представлено зразки групи компаній «PREVECTRON®2», яка є впевненим лідером розробки та виробництва систем та пристроїв блискавкозахисту й попереднього розпізнавання [10].

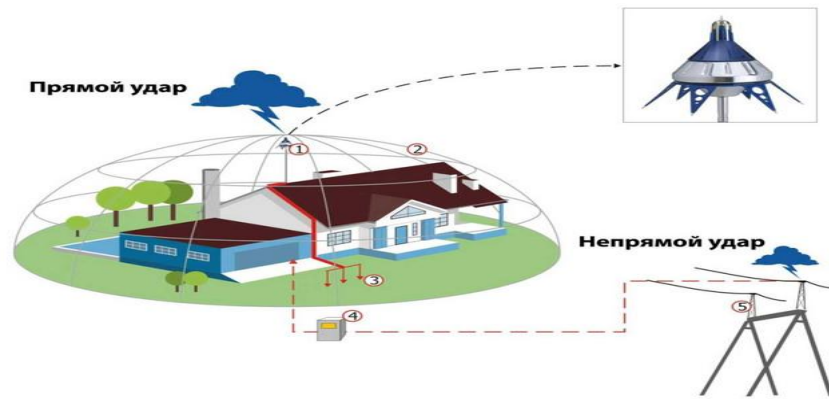


Рисунок 4.8 – Зображено «кришку» системи активного захисту [11].

#### 4.2 Конструкція активного блискавкозахисту без живлення.

В роботі запропоновано принципово нове та актуальне технічне рішення, яке може передбачати гарантоване забезпечення постійного активного блискавкозахисту, а також необхідне енергопостачання без техногенних джерел, зображено на рисунку 4.8. Таке технічне рішення реалізується шляхом інсталяції в систему захисту генератора постійних імпульсів, який надає можливість громовідводам формувати й підтримувати в подальшому активний блискавкозахист, акумулюючи енергію з самої атмосфери при критичних значеннях рівня атмосферних електричних зусиль [3, 9, 17, 19].

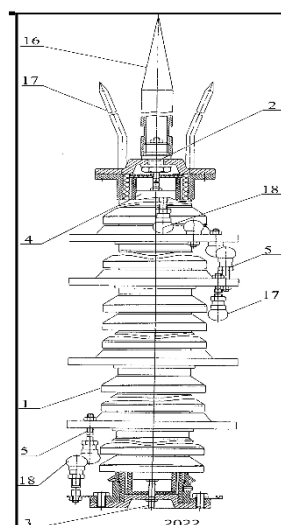


Рисунок 4.9 – Зображено типовий активний громовідвод, а саме вид спереду у вертикальному розрізі [18].

#### 4.2.1 Принцип функціонування.

Отже, у запропонованому варіанті блискавкозахисту споруд, конструкцій і прилеглих територій, блискавкозахист реалізується за допомогою стабільної активної системи, що, складається з блискавковідводу 1, улаштованого блискавковідведенням 2, з'єднаного з поверхнею контактного елемента 3, стабільної системи заземлення/занулення через генератор імпульсів 4 і коло напруги імпульсів, а також розряду із зовні 5. Генератор імпульсів 4, імпульсної напруги працює постійно (безперервно) у штатному режимі і реагує автоматично на запрограмовану зміну значення напруженості зовнішнього (як правило – атмосферного) електричного поля. В цьому випадку, показаний генератор імпульсів – 4, улаштовано колом заряджання щонайменше трьох резисторів 8, які розташовано конструктивно в умовно геометрично-опуклому корпусі, означеному зовнішнім контуром в корпусі 6 і генератора імпульсів 7, а також багатосегментним грозовідведенням, яке виготовлено у складі кола розряду ємності конденсатора 9, яке побудовано на послідовному зєднанні декілька конденсаторів 10. Важливо, що, кожен конденсатор 10 конструктивно виготовляється з двох пластин (зарядних пластин) 11 і 12, а які технологічно підєднано до розрядника 13, цей розрядник конструктивно виготовлено у вигляді виступу, який можна регулювати за висотою на зовнішній стороні встановлених зарядних пластин 11 та 12. Весь корпус 7 генератора імпульсів – 4 сконструйовано наступним чином, він має мати геометричні розміри які будуть не менш за геометричний розмір двох щілинних пластин 14, які розміщено уздовж резистивного ланцюга 8, по геометричній довжині, рисунок 4.9 [6, 13, 19, 31].

Важливо, що, після того, як електричне поле в атмосфері починає досягати свого критичного значення напруженості (напруженості електричного поля) генератора 4, тому імпульсна напруга

блискавкозахисту під впливом електричної енергії на зовні, автоматично буде досягати значення граничного рівня, якого достатньо для початку формування й генерації імпульсного розряду або, якщо необхідно, серії послідовних імпульсних розрядів, коли фаза блискавки формується в атмосферній зоні і рухається в напрямку об'єкта, автоматично відштовхуючи блискавкоприймач 2 від крайньої точки зустрічної сформованої блискавки. Відбувається викид певного об'єму свинця в зону атмосфери, таким чином одночасно виконуються дві важливих умови [2, 28, 31].

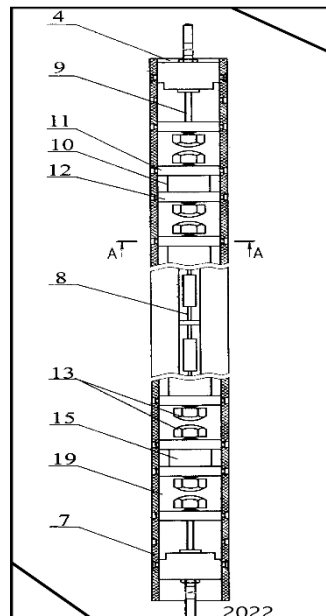


Рисунок 4.10 – Представлено конструкцію генератора - імпульсної напруги, передній вид спереду з вертикальним розрізом конструкції [21].

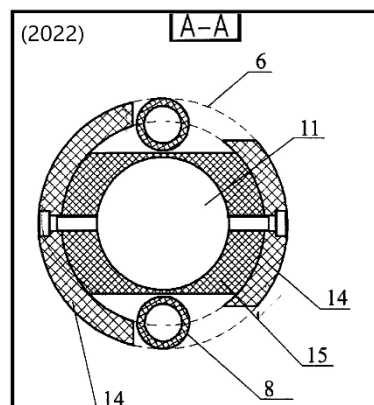


Рисунок 4.11 – Представлено поперечний розріз конструкції генератора, частина А-А (дивись рисунок 4.9) [28].

Отже, перша важлива умова в тому, що, зовнішня енергія, накопичена в генераторі імпульсної напруги від зовнішнього електричного поля, готова опанувати значення порогового рівня [23, 29].

Друга не менш важлива умова заключається в тому, що, зовнішній блискавкозахист низхідної лінії має перебувати дуже близько від еквідистантної межі загального простору, тобто від об'ємної площі нашого об'єкта, який має бути захищеним активним блискавкозахистом [22, 26, 28].

Тому громовідвод починає автоматично генерувати достатній послідовний вихідний імпульсний розряд, у формі зростання, він безпосередньо має зіткнутись із конструкцією зовнішнього громовідводу, формуючи провідний зв'язок, який має бути поволі короткочасним. Як тільки застосований блискавковідвід компенсує і як слідство в подальшому – накопичує наявну вихідну енергію лінії, низхідний провідник вступає у взаємодію з блискавковідводом 2 через сформований канал зв'язку у зоні захисту від впливу атмосферних явищ, потім відбувається зв'язок із системою заземлення по зовнішньому розрядному контуру 5 та по конструкції громовідводу 1 [18].

Цікаво, що, корпуси 11, 12 кожного з трьох конденсаторів 10 в імпульсному генераторі напруги 4 інстальовані між собою діелектричним елементом конструкції 15 із наданою можливістю виконання незалежного відновлення своїх технічних характеристик внаслідок спрацьовування громовідводу [18, 25, 27].

Блискавковідвід 1 конструктивно побудовано наступним чином, він має можливість реагувати або «збирати» і негативні і позитивні заряджені блискавковідводи [11, 16].

Приймаючи до уваги електромагнітні параметри використаного блискавковідводу 1, коли зовнішній блискавковідвод наближений до відстані активного заряду, це той випадок коли два блискавковідводи

майже орієнтовані один проти одного (приблизно  $182 \div 455$ ), імпульсний генератор напруги має можливість бути залучений поверхневим розрядом громовідводу в точці  $m$  на відстані від блискавковідводу [11, 21, 24].

Блискавкоприймач 2 сконструйовано за принципом системи стрижнів, які мають бути електрично під'єднані один до одного, це конструктивне рішення має утворювати багатострижневий «вінець» з наявністю центрального стрижня 16, а біля нього знаходяться бічні стрижні 17. Дуже важливи конструктивний момент заключається у тому, що, центральний стрижень 16 за довжиною має бути більший ніж бічні стрижні 17 [19].

Відзначимо, що, на початковому етапі формування блискавки – центральний стрижень 16 і бічні стрижні 17, що знаходяться біля нього та розрядника 2 приймають участь у процесі поляризації до моменту формування «коронного» розряду. Виникаючий струм «коронного» розряду починає заряджати один з трьох конденсаторів 10, заряджає до значення напруги, яку заздалегідь має бути задано значенням розрядного проміжку на розряднику 13. Під час наближення основного, сформованого громовідводу до громовідводу 1, відбувається суттєве збільшення значення напруженості електричного поля, при цьому відбувається активація найнижчого розрядника 13. Необхідно, щоб сформований іскровий розряд з'єднав два найнижчі конденсатори 10 між собою послідовно, в цей момент на наступному розряднику, напруга збільшується у два рази, відносно значення напруги пробую. В початковий момент усі конденсатори 10 мають бути з'єднані послідовно. Імпульс, який має відносно високу напругу, починає виникати на центральному (довшому) стрижні 16 блискавкоприймача 2, а результуючий імпульс відносно високої напруги починає ініціювати вихідного антилідера, який спрямовано до спадаючого лідера сформованої блискавки, при цьому відбувається утворення провідного

каналу, який сприяє руху основного розряду сформованої блискавки. По сформованому ланцюгу провідної енергії блискавки він «замикається» на землю через розрядник 18, по створеному контуру зовнішнього розряду 5, при цьому захищає елементи генератора імпульсів 4 від значних струмів розряду сформованої блискавки, який досягає значення в десятки кА і таким чином захищає будівлю/конструкцію від шкідливого враження сформованої блискавки [3, 12, 24, 26].

В той момент коли прошарок між полюсними діелектричними пластинами 11 і 12 конденсатора 10, і відносні виступи розрядника 13 та зазор 19 заповнені в блискавковідводі 1 багатоступеневим розрядником, то усі вони заповнені середовищем яке має функціональну можливість самовідновлюватись, та усі технічні характеристики пристрою теж відновлюються без пошкоджень після розрядки при цьому зберігаються технічні властивості [8, 15, 26].

Крім зазначеного, довгого, центрального стрижня 16 блискавковідвід 2 також має свої конструктивно-бічні стрижні 17, які мають бути встановлено під заданим кутом до горизонтальної площини з метою формування імпульсів відносно високої напруги з обох кінцях стрижнів. Тому кожен бічний стрижень 17 виконує функцію додаткового блискавковідвода або стрижня, який має підвищувати ефективність запропонованого активного блискавкозахисту [14, 29].

Таким чином, запропонований вище засіб має забезпечувати стабільний активний блискавкозахист без наявності живлення електричною енергією від зовнішніх джерел живлення, це підвищує надійність та ефективність роботи блискавкозахисту в цілому, а також покращує блискавкозахист умовного просторового радіусу розположення будівель і конструкцій, а також прибудинкових зон і територій [7, 21, 30].

#### 4.3 Розрахунок ефективної частоти іонізації при наявності блискавки.

Важливе практичне значення існуючого явища електричного пробою в повітряному проміжку, зумовлює широке експериментальне дослідження цього явища в цілому. Однак поширена фізична інтерпретація однієї з багатьох основних концепцій цього фізичного явища повітряного проміжку – концепції існування критичного пробою  $E_{st}$  – на якісному рівні і досі викликає питання та суперечки серед науковців і дослідників. Зрозуміла актуальність цього важливого питання пов'язана з фізичними експериментами в галузі блискавкозахисту, а саме наявності розряду повітряного проміжку при середніх і відносно високих рівнях напругах. Значна кількість фізичних процесів формується саме в полі  $E \approx E_{st}$ . На рисунку 4.11 зображено фотографічну фіксацію вигляду наявного розряду у фокусі електромагнітного променя. Просторова структура наявного розряду і його особливості можуть бути трактовані як характеристики іонізаційної нестійкості сформованої блискавки, яка знаходиться в критичному енергетичному полі [11, 24, 29]. Розглянемо типовий випадок, коли повітряний проміжок під дією однорідного електричного поля  $E$  зазнає процес іонізації при певній температурі навколишнього середовища  $T$  і певному значенні тиску  $p$  [24, 29].



Рисунок 4.12 – Зображено характерну діаграму вільного (смугового) сформованого грозового розряду в повітряному проміжку відносно середнього тиску, у фокусі квазіоптичного лінійного поляризованого електронного пучка зарядів [9].

У цьому випадку було виконано відносно велику кількість вимірювань швидкості іонізації повітряного проміжку, як функції значення величини поля  $E$  і тиску  $p$ . Отримані результати для деяких із них, починаючи з даних Таунсенда [3-5], представлено на рисунку 1.2 [4-9], де  $\nu_{eff}$  – це ефективна частота іонізації повітряного проміжку. Це відбувається тому, що, в при постановці експерименту, за наявності поля практично немає можливості однозначно розпізнати два процеси: появи і зникнення електрона [30].

Відомо, що, у деяких практичних дослідах і експериментах, є можливість визначати тільки локальні зміни чисельності електронів з моменту створення електричного поля. В інших випадках зміна їх кількості можна визначити за наявністю зсувів електричного поля в цілому [2-9, 12, 23].

На рисунку 4.12 зображено те, що, визначене значення електричного поля  $E$  має залежність від фізичної ситуації взагалі. Для постійного електричного поля під  $E$  має бути визначена фізична величина. Для фактичної зміни електричного поля протягом часу [32]:

$$\omega \ll (\pi \delta \nu_c),$$

де:  $\omega$  – кутова частота,  $\nu_c$  – частота пружних зіткнень електронів і молекул повітряного проміжку,  $\delta$  – середня частка енергії поля, що втрачається при зіткненні електронів і молекул, а  $E$  слід сприймати як визначену амплітуду електричного поля  $E_a$  [3, 13, 20].

В нашому випадку визначену енергію електрона  $\epsilon$  можна відстежити при зміні електричного поля за часом. У разі дотримання визначення нерівності під  $E$  маємо розуміти відносно ефективне значення  $E_{eff} = E_a / (\sqrt{2} \cdot \sqrt{1 + (\sqrt{\omega}/\nu)^2})$  [5, 13, 27].

Нам необхідно також враховувати те, що, для незначної концентрації електронів  $N_e$  електричне поле  $E$  має бути лише в якості зовнішнього поля, що розглядається в повітряному проміжку. Якщо  $N_e$  має достатньо

велике значення, то процес іонізації повітряного проміжку здійснюється разом із індукованим електричним полем  $E$ . Було визначено, що, для значення  $p$  в заданому діапазоні одиниць  $T_{orr}$ ,  $\omega \leq 2 \cdot 10^{11}$  (1/s) і в обмеженому електричному полі  $E$  сформованої блискавки, енергія  $\varepsilon_e$  знаходиться у вузьковизначеному діапазоні певних значень  $\varepsilon_e = (1-2)eV$  [4, 18, 25].

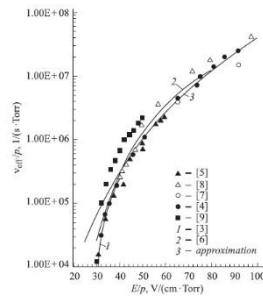


Рисунок 4.13 – Представлено результати досліджень, які підтверджують, що ефективна частота іонізації повітряного проміжку залежить від його тиску й напруженості електричного поля у цій точці [21].

Із виразу  $\nu_c = 5,3 \cdot 10^9 \cdot p$ , (1/c) та та приймаючи до уваги рисунок 4.12 відомо, що, слід враховувати тиск повітря  $p$ , а не його існуючу молекулярну концентрацію  $N$ , тому що в практичних дослідах зазвичай мають вимірювати значення тиску і температури  $T$ , тому у цьому виразі й наступних формулах –  $p$  має значення  $T_{orr}$  [22].

Під час розгляду в  $N$  можна використовуємо стандартний вираз  $N = 2,7 \cdot 10^{19} \cdot (p/760) \cdot (237/T)$ , за одиницями визначення ( $1/\text{cm}^3$ ), де  $T$  має розмірність  $K$ .  $T = 20^\circ\text{C}$  що має  $N = 3,3 \cdot 10^{16} \cdot p$  і одиниці виміру ( $1/\text{cm}^3$ ) тощо [10, 16, 19].

Практичний досвід підтвердив, що, газовий розряд за параметром  $E/p$  має бути виключно граничним явищем. В подальшому збільшення розряду – сформоване електричне поле  $p$ , що, впливає на іонізований газ, обов'язково має перевищувати значення рівня, який має бути мінімальним до пробою  $E_{br}$ , це представлено на рисунок 4.13, де також представлено результуючі визначення іншими науковцями в цій галузі  $E_{br}$ ,

тобто для повітряного проміжку в атмосфері при  $p=760 T_{orr}$  [14-17]. Тому діелектричний пробій має відбуватись в плоскому, за формою, міжелектродному проміжку, на який впливає постійна напруга  $U$ . Отже, міжелектродний проміжок  $d$  має бути відносно менший за значенням до поперечного розміру наших електродів, це має забезпечувати тимчасове існування в ньому електричного поля  $E=U/d$ , яке має бути однорідним [22].

На рисунку 4.13 представлено незначну різницю різних практичних досліджень. Тому вони насправді мають доповнювати одне одного. За дослідями розмір  $d$ , який має бути максимальним, відбувається обмеження розряду від (Таунсенда) до стримера, за змінним характером. Аналізуючи рискнок зазначимо, що, показник  $E_{br}$  має зростати, це відбувається поступово, він має зростати з повільним зменшенням  $d$ . На разі збільшення  $d$  досліджуване електричне поле  $E$  спрямовано досягнути межю  $E = 26k$  (В/см) [20], що, має становити,  $E/p = 34$  (В/см). Тому дослідне поле  $E \equiv E_{cr} = 34p$  (В/см) і має бути полем повітряного пробою критичного значення [2, 21, 27].

На рисунку 4.13 значення  $E_{cr}$  відповідає  $v_{cr} \approx 6,5 \cdot 10^4 p$ , (1/с). Ми покажемо, що фізично  $E_{cr}$  відповідає мінімальному полю пробою в нескінченному об'ємі простору, тобто полю, яке є однорідним і безперервним. У цьому випадку під час процесу іонізації «втрати» за рахунок виходу електронів з області іонізації незначні, і швидкість іонізації не повинна збільшуватися, виходячи з обмеження тривалості процесу іонізації [28].

У цьому випадку електрони втрачаються лише в локальному процесі, який супроводжує іонізацію самого повітря. У постійному полі, що створюється біля катода, електрони з концентрацією  $N_e^0$  дрейфують до анода зі швидкістю  $v_{dr} = \mu_e \cdot E$ , (см/с), де їх рухливість  $\mu_e = 3,3 \cdot 10^5 / p$ , (см<sup>2</sup>/(В с)), дрейфують до анода зі швидкістю (В/см). На початковій ділянці

заносу довжини  $L_e \approx v_d r / (\delta v_c)$  Середня енергія  $\epsilon_e$ , необхідна електронам для здійснення процесу іонізації. Потім їх кількість починає збільшуватися і при кінцевій концентрації Ne вони поглинаються анодом. Обернений час відкриття електрона в області іонізації характеризує граничний час процесу -  $v_\tau = \ln(N_e/N_e^0) v_{dr} / (d - L_e)$ ; (1/c) [1-10, 24, 27].

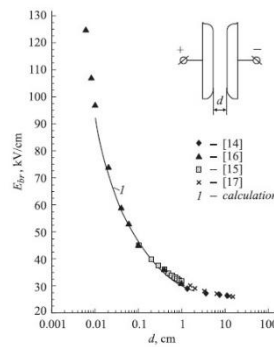


Рисунок 4.14 – Визначення й результати розрахунку мінімального постійного електричного поля для пробую повітря з атмосферним пробоем [27].

Досліджуючи роботу [17], наведено велику кількість експериментальних даних про пробій повітряного проміжку при виникненні блискавки. Порівнюючи з пробоем в умовах постійного поля, відомо, що, зазвичай електрони не мають дрейфувати за встановлені межі області іонізації. У більшості випадків пробій повітряного проміжку іноді має досягати лише  $p \leq (100 \text{ } 200) \text{ Torr}$  через обмеження потужності джерела електромагнітного поля блискавки. Аналізуючи результати, що, наведено у [17], підтверджують, що, у випадку враження блискавки, коли електрони не дифундують від області іонізації, і для цього не вистачає часу, відношення  $E/p$  досягає заданого значення зі збільшенням  $p$ . Відповідає  $E_{cr} = (25 \text{ } 30)p$ ; (В/см) [2, 9, 13]. В даний час прийнято вважати, що, значення  $E_{cr}/p$  має фізично відповідати умові рівновги для двох протилежних фізичних процесів: формування електронів на частоті  $\nu_i$  залежно від часу прямої повної іонізації молекул повітряного проміжку та їх ймовірносного зникнення при частоті  $\nu_a$  під час дисоціаційного

інтегрування молекул кисню. Це відповідає розрахункам кількох авторів, як показано на рисунку 4.14 [18, 19, 21]. Залежність  $v_i/p=f(E/p)$  - швидко зростає, відношення  $v_d/p$  практично не має залежність від  $E/p$ . Вони перетинаються при значенні  $E/p$  в області (36-42), (В/см·Торр) [24, 28].

#### 4.4 Розрахунок рівноваги потоку електронів при наявності блискавки.

Якщо врахувати фізичну особливість, коли ускладнена іонізація повітря має відбуватися у складних умовах  $E/N$  то може відповідати зворотньому значенню, у випадку визначення ступеня іонізації у повітряному проміжку необхідно врахувати існуючий процес поділу, та необхідно визначити складові повітряного проміжку в просторі критерій безперервного електричного поля яке має бути однорідним [2, 9, 13].

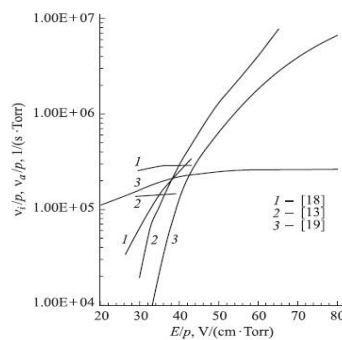


Рисунок (4.14) – Представлено приклад розрахунку частоти іонізації молекул повітряного проміжку та частоти дисоціації електронів, враховуючи тиск повітряного проміжку та визначену напруженість електричного поля [26].

Отже відзначимо, що процес взаємодії декількох об'єктів неефективний, в порівнянні з процесом дисоціації заряджених часток, що може відбутись при виникненні заряду блискавки [12, 16, 26].

## ВИСНОВОК ПО ЦЬОМУ РОЗДІЛУ

Таким чином, розглянутий та запропонований спосіб забезпечує ефективний активний блискавкозахист без наявності допоміжних джерел енергії, це має покращити ефективність та надійність системи блискавкозахисту, а також повітряний простір блискавкозахисту споруд і територій [28].

Узагальненим недоліком відомих на сьогоднішній день технічних рішень є відносно низька й нестабільна здатність забезпечити ефективний та надійний блискавкозахист споруд, що реалізовано за проектним рішенням, ці ускладнення можуть компенсуватись за умов наявності допоміжного електроживлення блискавкозахисту за допомогою незалежного джерела електроживлення, а отже потребує певних додаткових затрат та інвестувань, які ускладнюють рішення підвищення ефективності блискавкозахисту [12, 16, 26].

## РОЗДІЛ 5 САРТАП ПРОЄКТ «УЛАШТУВАННЯ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ СИСТЕМ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ НАПРУГОЮ 0,4-10кВ»

У цьому розділі аналізується підприємницький проєкт з метою визначення основних можливостей його ринкової реалізації й можливих напрямків його реалізації. Ця частина розроблена відповідно до [34, 35].

### 5.1 Загальна концепція даного проєкту.

У таблиці 5.1 представлено загальний огляд та ймовірності можливості данного проєкту, а також можливих базових адресних ринків, на яких слід шукати потенційних клієнтів цього проєкту (3-9), [11, 19].

Таблиця 5.1 - Опис концепції проєкту [31].

Зміст концепції	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка сучасних систем та методів активного блискавкозахисту, які підвищують ефективність блискавкозахисту житлових і громадських об'єктів, а також розподільних і станцій та підстанцій	1. Комерційна – надання послуг промисловим підприємствам. 2. Комерційне надання житлово-побутових послуг	1. Підвищення рівня блискавкозахисту. 2. Підвищення конкурентоспроможності ринку блискавкозахисту.
	2. Навчальне використання цього продукту студентами/енергетиками, цільовим організаціям.	1. Студенти оволодівають навичками моделювання бору проектування систем блискавкозахисту 2. Підвищення якості молодих науковців у галузі електропостачання й електротехніки.
	3. Партнерство – демонстрація програмних продуктів пов'язаних із блискавкозахистом в енергетичних компаніях як партнерська співпраця.	1. Підвищення кваліфікації представників енергетичної галузі щодо питань блискавкозахисту. 2. Вигідні господарські операції між підприємствами й комунальними підприємствами.

У таблиці 5.2 наведено раціональний аналіз потенційних техніко-економічних переваг запропонованої системи блискавкозахисту (чим вона відрізняється від існуючих аналогів й можливих альтернатив) порівняно з пропозиціями конкурентів сьогодення [8-11].

Таблиця 5.2 - Визначення сильних, слабких і нейтральних характеристик цієї концепції проекту системи блискавкозахисту [30].

Економічні о/технічні характери стики	концепції конкурентів блискавкозахисту				W	S	N
	Мій проект	Система цільового моніторингу	Системи енерговик ористання питомих норм	Системи автоматизув ання прогнозуван ня цілових функцій	слабка сторона проекту	сильна сторона проекту	нейтраль на сторона проекту
Надійність системи блискавков ідводу	1	1	3	4		2	1, 2, 4
Глоб-сть	1	2	2	3	2	1	2, 4
Компл-ість	1	2	3	3	2,3	1	4
Операт-сть	1	3	3	4	2	4	1, 2
Достов-сть	1	2	2	3	3	3	1, 2

Конкретний перелік слабких, сильних і нейтральних характеристик і атрибутів потенційної ідеї запропонованої системи блискавкозахисту є основою для формування конкурентної переваги цієї пропозиції [14, 26].

### 5.2 Технічний зміст концепції даного проекту.

На цьому етапі переглядаються технології, доступні для реалізації ідеї проекту [32].

Дивись таблицю 5.3 для визначення технічної продуктивності проекту запропонованої системи блискавкозахисту [23].

Реалізація проекту можлива завдяки наявності у вільному доступі необхідних технічних ресурсів, у тому числі методичних пропозицій щодо оперативного контролю ефективності систем активного

блискавкозахисту, на основі яких буде створено й детально сформульовано математичний каркас продукту дивись розділ 2 частина 2.1 [35-39].

Таблиця 5.3 – Технічна реалізація концепції проєкту [32].

<b>Концепція проєкту</b>	<b>Технології її реалізації</b>	<b>Доступність технологій</b>	<b>Наявність технологій</b>
Математична складова проєкту	Python, Pandas, SciPy, NumPy	Потрібно розробити	В наявності
База для потенційних даних проєкту	PostgreSQL, Excel, PowerBI	Потрібно розробити	В наявності
Графічна складова проєкту	Python, Blender, PyQt4, Matplotlib	Доступно	В наявності

5.3 Аналіз ринкових перспектив для реалізації ефективних стартап проєктів.

Отже, цей розділ визначає ринкові можливості, якими можна скористатися під час ринкової реалізації проєкту щодо активного блискавкозахисту, й ринкові загрози для проєкту, які можуть зашкодити реалізації цього проєкту. Слід всесторонньо врахувати ринкове середовище блискавкозахисту, та потреби потенційних клієнтів, пропозиції щодо проєктів систем блискавкозахисту конкурентів і спланувати напрямок розвитку даного проєкту в Україні [11, 23].

В розділі проаналізовано динаміку й розвиток вимог запропонованого проєкту, як показано в таблиці 4.4. Ринок загалом

привабливий для інвестицій. Середня рентабельність блискавкозахисту досить висока, а відсутність такої системи робить проєкт досить ризикованим з точки зору виведення його на ринок. Таблиця 4.5 визначає основні групи клієнтів завантаження й характеристики їх. Аналіз ринкового середовища з точки зору загроз і можливостей наведено в таблицях 4.6 - 4.7 [14, 20].

Враховано конкурентну ситуацію блискавкозахисту в Україні, за умови надійності продукту системи блискавкозахисту й регулярного інформаційного забезпечення, а також за умови постійного вдосконалення й аналізу потреб, проєкт пов'язаний із блискавкозахистом може працювати на ринку інформаційних й енергетичних послуг для послуг електропостачання й альтернативні (подібні) товарні послуги цієї галузі. У таблиці 5.8 наведено загальні характеристики ринкової конкуренції щодо блискавкозахисту. Таблиця 5.9 надає більш детальний аналіз умов перегонів [13, 23].

Таблиця 5.4 – Попередні характеристики потенційного ринку для проекту блискавкозахисту [33].

Данні стану ринку	Опис
1. Кількість головних гравців, од	100
2. Динаміка ринку блискавкозахисту	стагнує
3. Загальний обсяг продаж, грн./ум. од	10000
4. Наявність обмежень для входу в Український бізнес	Обмежений. Ця система ще нажаль не використовується в межах України на потрібному рівні.
5. Середня норма рентабельності в галузі, %	1000
6. Специфічні вимоги до стандартизації й сертифікації блискавкозахисту	Стандарт ISO - 50001

Таблиця 5.5 - Характеристика споживачів проекту блискавкозахисту [31].

<b>Ринкова потреба</b>	<b>Цільова аудиторія</b>	<b>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</b>	<b>Вимоги до товару у споживачів</b>
Підвищення ефективності блискавкозахисту	Будь яка група споживачів системи блискавкозахисту	Не передбачено	Надійність, доступність ефективність

Таблиця 5.6 - Фактори загроз проекту блискавкозахисту [30]

<b>Фактор</b>	<b>Можлива реакція Компаній</b>	<b>Зміст загрози</b>
Оновлення програми	Створити відповідального за технічний стан програми блискавкозахисту. Анонсувати оновлення.	Для того, щоб проект функціонував, необхідно постійно підтримувати експлуатацію програми й серверу
Ціна на послуги	Система Free to Play, яка частіше використовується на ринку відеоігр, але рідше і у сфері програмного забезпечення.	Інформаційні ресурси, а саме їх розробка коштує відповідних коштів
Недостатня мотивація споживача	Реклама, комунікативні методи зв'язку з потенційними клієнтами	Системи оперативного контролю на українському ринку є інновацією і для клієнта досить ризиково використовувати дану послугу

Таблиця 5.7 - Фактори можливостей впровадження проекту [23].

<b>Фактор</b>	<b>Зміст можливостей</b>	<b>Можлива реакція Компаній</b>
Простота експлуатації блискавкозахисту	Система підказок й навчального режиму дозволить кожному оволодіти цією програмою	Удосконалення даної складової
Комплексність блискавкозахисту	Розрахунки ведуться в аргументований й різносторонній спосіб. Інші приблизні системи не мають на стільки комплексної системи пропозицій й висновків	Постійний контроль за справністю математичної складової продукту
Новизна блискавкозахисту	Досить свіжий погляд у сфері безпеки у галузі ЖКХ й СЕП України	Рекламувати продукт як інноваційний

Таблиця 5.8 – Поступовий аналіз конкуренції на ринку України систем активного блискавкозахисту [28].

<b>Особливість конкурентного середовища</b>	<b>У чому виникає дана характеристика</b>	<b>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентною)</b>
1. Тип конкуренції - чиста	Програми контролю й моніторингу які вже давно існують, як і статистичні методики	Маркетинговий відділ сприятиме інформаційному уклону саме в комплексність програми
2. Потенційно міжгалузева	Дана система може використовуватись і для контролю якості продукції	На певному етапі підприємство буде намагатись вийти за межі власної галузі
3. Локальний рівень конкурентної боротьби	За межами України вже існують «Системи блискавкозахисту»	Розвиватись й шукати шляхи вирішення даної проблеми
4. Марочна	На певних енергетичних підприємствах уже працюють певні системи аналізу й контролю	Ситуацію зможе вирішити лише жорстка конкуренція й безкомпромісні дії зі сторони підприємства
5. Нецінова конкуренція	Даний продукт не матиме фіксованої ціни	На ціну впливатимуть безліч факторів

Аналіз слабких й сильних сторін проекту впровадження активного блискавкозахисту показано у таблиці 5.11. Здійснено аналіз на основі аналізу таблиці 5.10 [23-25].

Таблиця 5.9 - Показано аналіз конкуренції в галузі за М. Портером [25]

	<b>Прямі конкуренти в галузі</b>	<b>Потенційні конкуренти</b>	<b>Постачальники</b>	<b>Товари-замінники</b>	<b>Клієнти</b>
<b>Складові аналізу</b>	Інші програми для моніторингу енергоефективності	Інші програми для виконання цільових змінних	Новизна Корисність Удобність Просто використання	Рецензії Кращі системи контролю	Рецензії
<b>Висновки</b>	Через специфіку організації ринку активного блискавкозахисту конкурентна боротьба має специфічний характер і не може бути класифікована	Є можливості входу на ринок активного блискавкозахисту. Потенційні конкуренти – розробники інших систем.	Постачальники диктують умови, але в певній мірі	Обмеження ми для роботи на ринку є відсутність необхідне кваліфікації у постачальників товарів заміників	Клієнти диктують умови, але в певній мірі

Таблиця 5.10 - Обґрунтування факторів конкурентоспроможності систем активного блискавкозахисту [10].

<b>Обґрунтування</b>	<b>Фактор конкурентоспроможності</b>
Конкурентне середовище не має аналогів продукції активного блискавкозахисту, що випускає Компанія	Новизна
Програма надає клієнту аргументовані висновки й рекомендації щодо активного блискавкозахисту.	Аргументованість результатів
Кожний клієнт має можливість використання активного блискавкозахисту без використання спеціальних додаткових ресурсів.	Простота використання

Таблиця 5.11 - Порівняльний аналіз слабих й сильних сторін «Улаштування сучасних засобів й методів систем блискавкозахисту електричних мереж напругою 0,4-10кВ» [1-10].

Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з проектом						
		-3	-2	-1	0	1	2	3
Термін розробки	3		<i>B</i>					
Гнучкість використання	5						<i>B</i>	
Корисність на ринку	6					<i>B</i>		
Оновлення	4			<i>B</i>				
Ціна	3			<i>B</i>				
Експлуатація	5		<i>B</i>					
Новизна	3						<i>B</i>	

Отже, список ринкових загроз і ринкових можливостей базується на новому аналізі факторів загроз і можливостей маркетингового середовища активного блискавкозахисту. На відміну від ринкових загроз і ринкових можливостей, які є наслідками (передбачуваними результатами) факторів, що на них впливають, вони ще не матеріалізувалися на ринку з певною ймовірністю появи активного блискавкозахисту [12, 25].

Наприклад розглянемо, на разі зменшення потенційного доходу об'єкта є фактором загрози, на підставі якого можна передбачити, що фактор ціни активного блискавкозахисту стає все більш важливим при виборі продукту, тому цінова конкуренція (яка вже є загрозою ринку). Результати SWOT-аналізу наведені в таблиці 5.12 [21, 28].

Таблиця 5.12 - SWOT аналіз проекту активного блискавкозахисту [31].

Слабкі сторони	Сильні сторони
<p>Необхідність великої бази даних, що значно зменшую потенційну надійність активного блискавкозахисту.</p> <p>Новизна проекту – багато ризиків.</p> <p>Висока вартість послуг представників галузі інформаційних технологій</p> <p>Низький рівень кваліфікованих фахівців в даній сфері активного блискавкозахисту.</p>	<p>Високий попит на покращення активного блискавкозахисту.</p> <p>Новизна проекту – відсутність аналогів активного блискавкозахисту.</p> <p>Простота використання активного блискавкозахисту.</p> <p>Підтримання сучасній Європейських «трендів» щодо активного блискавкозахисту.</p>
<p>Загрози.</p>	<p>Можливості активного блискавкозахисту.</p>
<p>Зростання конкуренції.</p> <p>Політична ситуація в Україні.</p> <p>Висока вартість регулярного забезпечення й оновлення активного блискавкозахисту.</p>	<p>Позитивна тенденція росту популярності концепції контролю й планування в Україні й Європі.</p> <p>Розвиток законодавчого регулювання проблеми безпеки блискавкозахисту в Україні.</p>

Наприкінці SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) й приблизний оптимальний час ринкової реалізації активного блискавкозахисту для виведення проекту на ринок, враховуючи можливість виведення на ринок потенційного проекту конкурента активного блискавкозахисту (див. табл. 4.9). Аналіз потенційного конкурентного опонента). У таблиці 5.12 представлено аналіз визначених варіантів з точки зору вартості й наявності ресурсів [20, 29].

#### 5.4 Формування ринкової стратегії проекту.

Характеристика цільових груп споживачів наведена в таблиці 5.1

Таблиця 5.13 - Реалізація активного блискавкозахисту в Україні [30].

<b>Ймовірності отримання ресурсів</b>	<b>Альтернативи ринкової поведінки</b>	<b>Строк реалізації</b>
Досить низька через велику кількість систем активного блискавкозахисту	Використання типової моделі обладнання	4 роки
Вище середнього. Повністю залежить від якості продукції.	Free to Play	3 роки
Середня. Залежить частинно від якості активного блискавкозахисту.	Спільна робота з іншими підприємствами підприємствами	1 рік

Таблиця 5.14 - Вибір потенційних цільових груп споживачів активного блискавкозахисту [30].

<b>Опис профілю потенційних цільових груп клієнтів</b>	<b>Приблизний попит в межах цільової групи</b>	<b>Налаштування споживачів сприйняти продукт</b>	<b>Інтенсивність конкуренції в сегменті</b>	<b>Простота входження у сегмент</b>
ЖКХ й промислові підприємства	Залежить від поведінки компанії	Залежить від рекламних заходів	Середня	Низька
Підприємства енергетичної сфери	Високий	Високий Помірна	Висока	Середня
Вищі навчальні заклади	Середній	Середній Помірна	Низька	Середня

Таблиця (5.15) визначає й представляє основну стратегію для початку розробки проєкту застосування активного блискавкозахисту [20].

Таблиця 5.15 - Визначення основних стратегій розвитку [31].

<b>Вибрана альтернатива розвитку проєкту</b>	<b>Базова стратегія розвитку</b>	<b>Ключові позиції конкурентоспроможні відповідно до обраної альтернативи</b>	<b>Базова стратегія розвитку Стратегія опрацювання ринку</b>
«Free to Play»	Маркетинг концентрований маркетинг	Комунікаційні інформаційні, система, взаємодія з підприємствами, які належать до енергетичної галузі	Концентрація основних зусиль не на продажу товару, а на захопленні визнання «продукту»

Після вибору базової стратегії розвитку слід обрати стратегію конкурентної поведінки проекту активного блискавкозахисту. Результати наведено в таблиці 5.16 [21, 32].

Таблиця 5.16 – Визначення основних стратегій конкурентної поведінки [29].

<b>Може бути проєкт «першопрохідним» на ринку?</b>	<b>Може компанія скопіювати основні характеристики товару конкурента, і як?</b>	<b>Компанія може шукати нових споживачів, чи забирати існуючих в конкурентів</b>	<b>Стратегія конкурентної поведінки</b>
Проект є першопрохідним на ринку	Не буде, так як продукція компанії якщо не має аналогів	Компанія буде шукати нових споживачів	Стратегія заняття конкурентної ніші

Розробимо певну стратегію позиціонування на основі вимог обраних сегментів до клієнтів і продуктів, а також обраної базової стратегії розвитку й стратегії конкурентної поведінки. Вони включають формування позиції на ринку (набору асоціацій), за якою споживачі мають розпізнавати марку/товар. Результати наведено в таблиці 5.17 [20].

Таблиця 5.17 - Визначення стратегій позиціонування [30].

<b>Базова стратегія розвитку</b>	<b>Вимоги цільової аудиторії до товару</b>	<b>Головні конкурентоспроможні позиції власного проєкту</b>	<b>Обрання асоціацій, які мають сформулювати комплексну позицію власного проєкту</b>
Збір відгуків про товар. Покращення й реклама товару до моменту рентабельності.	Надійність товару Виправдовування очікувань Швидке реагування.	Унікальність – як стратегії розвитку, так і самого продукту.	Інтелектуальний Простий Ефективний Майбутнє Покращення

### 5.5 Побудова маркетингового плану данного проєкту.

Таблиця 5.18 представляє визначення ключових потенційних переваг проєкту активного блискавкозахисту [12, 23].

Таблиця 5.18. - Ключові переваги потенційних концепцій системи [31].

<b>Вигода, яку пропонує товар</b>	<b>Потрібність</b>	<b>Головні переваги перед конкурентами</b>
Постійний моніторинг рівня активного блискавкозахисту	Висока плата за електроенергію	Допомога в прийнятті рішень
Дозволяє виявити, які фактори найбільше впливають на активний блискавкозахист	Низька ступінь керування попитом на активний блискавкозахист	Управління активного блискавкозахисту

Трирівнева маркетингова модель для потенційних продуктів наведена в таблиці 5.19 [26].

Наступним кроком є визначення цінових обмежень, якими необхідно керувати при ціноутворенні потенційних продуктів (ціни остаточно визначаються під час фінансово-економічного аналізу проєкту), що включає аналіз цін на аналогічні товари або товари-замінники, а також аналіз рівня доходу цільової групи споживачів. Результати цієї події наведено в таблиці 5.20 [10, 25].

Таблиця 5.19 - Про три рівні моделі системи [32].

<b>Рівні товару</b>	<b>Складові й сутність</b>
1. Запланований товар	Надання технічних послуг з виявлення прихованих можливостей активного споживача на ринку електроенергії
2. Реально-виконаний товар	Характеристики / властивості Підвищення ефективності функціонування засобів обмеження струмів КЗ (короткого замикання) й перевантаження із застосуванням реклоузерів.
3. Товар із підкріпленням	До продажу: консультація, оформлення гарантійного листа

У таблиці 5.20 Представлено аналіз для визначення оптимальної системи продажів для прийняття рішень [26].

Завершальним компонентом маркетингового плану є розробка концепції маркетингової комунікації на основі заздалегідь вибраних цілей таргетування, визначених деталей поведінки клієнтів. Результати наведено в таблиці 5.20 [11, 27].

Таблиця 5.20 – Визначення лімітів встановлення ціни [35].

<b>Ліміти ціни на товари замітники</b>	<b>Ліміти ціни на товари-аналоги</b>	<b>Ліміти доходів цільової групи споживачів</b>	<b>Нижня й верхня межа встановлення цін на послуги</b>
2650-2800 грн.	4000-5500 грн.	Залежить від вибраного підприємства	3500 грн.

Таблиця 5.21 - Формування мережі збуту системи активного блискавкозахисту[28].

<b>Специфіка й поведінки закупівель цільових клієнтів</b>	<b>Методи збуту, які має відпрацьовувати постачальник товару</b>	<b>Оптимальна система збуту</b>	<b>Розширеність каналу збуту</b>
Отримання товару від рук довіреної енергетичної компанії, через яку клієнт виходить до виробника	Рекламувати виробника товару продавати товар,	Залучена	Дво-трьорівневий

Таблиця 5.22 - Концепції маркетингових комунікацій [32].

Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Специфічність поведінки цільових клієнтів	Завдання рекламного повідомлення	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Концепція рекламного звернення
Інтернет	Недовіра до продавця, потреба в перевірці.	Завоювання довіри Виклик випробувати продукт.	Контроль, планування Точний Простий Надійний	Контролювання ефективності енерговикористання . Зараз, або ніколи! Навіщо переплачувати гроші.

Таблиця 5.23 - План маркетингу [34].

	*Об'єкт	*Мета	*Термін	*Можливості	*Кількість	*Суб'єкти ринку
Ідея	Підвищення ефективності сучасних засобів й методів налаштування систем блискавкозахисту в електричних мережах	Планування й контроль енерговикористання, зростання комунаційних операцій у електромережі.	Цей продукт розроблятиметься 3 місяці, буде термін випробувань 3 місяці, продукт буде готовий вийти на ринок у протягом 6 місяців або 1 рік	Суперечливі методи реєстрації й дозволять контролювати споживання енергії. Більш детальна інформація, описана в пункті продажу 2,	Кількість продажу буде залежатиме тому тестуватиметься рід першого терміну від 3-х місяців до 1 року буде випробувальним.	Товари організуються для гопостачаль підприємств й інших організацій, прихованих на енергозберігаючих промислових підприємствах
Ціна	До 5500 грн за одиницю продукції.	Ціна залежатиме від особливих умов, особливо від умов використання кінцевого продукту.	Ціна діятиме, доки не буде доступний дешевший еквівалент.	З часом ціни будуть коливатися залежно від конфігурації продукту й наявності конкурентів.	Ціни будуть залежати від комплектації продукту. Додаткові ліцензії також стягуватимуться.	Ціни також будуть залежати від групи покупців. Посередники й покупці, які зможуть запропонувати інші види переваг, отримують знижки або отримують товари за партнерською програмою
Точка продажу	Інтернет ресурси, офіційні сайти, посередники.	Ці канали дистрибуції були обрані як найчистіші для такого типу сайту.	Після того як товар завоює довіру, покупець вибере канал збуту.	Канали збуту задіюються лише при проведенні рекламних кампаній, створенні офіційних сайтів, ліцензуванні продуктів. продукту.	Кошти будуть спрямовані на управління сайтом і випуск і розробку нових версій продукту. продукту	Покупці можуть придбати продукцію на офіційному сайті або через офіційних представників.
Реклама	Тип оголошення: «search engines optimization» - "Оптимізація для пошукових систем" - оптимізовано через пошукові системи. Використання демо-версії як зразка продукту	Реклами такого типу дозволить користувачеві швидко зорієнтуватися у виробнику, а також перевірити якість і рівень життєздатності продукту	Термін: 0,5 року – підготовка, 1 рік – реклама, 3 роки - реклама життєвого циклу	Реклама буде здійснюватись через партнерські програми й використання пошукових систем	Проект заходу коштуватиме 40% капітальних витрат.	Фізичні жертви зможуть скористатися статтями й оголошеннями, опублікованими на енергетичних форумах і журналах

## ВИСНОВОК ПО ЦЬОМУ РОЗДІЛУ

Маркетинговий аналіз проєкту «Улаштування сучасних засобів й методів систем блискавкозахисту електричних мереж напругою 0,4-10кВ.» дозволяє визначити основні можливості його ринкової реалізації й можливі напрямки впровадження. Провів технічну експертизу ідеї проєкту, проаналізував ринкову можливість запуску проєкту, сформулював ринкову стратегію реалізації проєкту й маркетинговий (маркетинговий) план проєкту [12, 23, 29, 32].

Цей проєкт має можливість комерціалізації, але певною мірою є певні обмеження (демоверсія продукту, договір про співпрацю). Проєкт користується попитом, динаміка ринку помірною, а середня прибутковість ринку втричі нижча за інші можливі проєкти [23, 29, 30].

Перспектива реалізації дуже перспективна. В Україні існуючі системи протимінного захисту мають недоліки, які цей продукт може компенсувати. Перешкодами для інвестицій можуть бути недовіра споживачів і низький початковий капітал. Конкуренція помірною, а конкурентоспроможність проєктів висока, особливо на першому етапі [24-29].

Подальша реалізація проєкту доцільна лише тоді, коли проєкт знаходиться в надійних, кваліфікованих руках і будуть виконані заплановані умови використання проєкту, оскільки загальний захист проєкту від раптових ризиків є занадто слабким. Короткий маркетинговий план проєкту наведено в таблиці 5.23 [12, 23, 29, 32].

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ EN 62305-1:2012 «Блискавкозахист. Загальні принципи».
2. ДСТУ EN 62305-2:2012 «Блискавкозахист. Керування ризиками».
3. ДСТУ EN 62305-3:2012 «Блискавкозахист. Фізичні руйнування споруд та небезпека для життя людей».
4. ДСТУ EN 62305-4:2012 «Блискавкозахист. Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах».
5. ДСТУ Б.В.2.5-38-2008 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд».
6. ДСТУ EN 62561 – Компоненти системи блискавкозахисту: Частина 1-а «Вимоги до компонентів сполуки».
7. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів – Форт, - 2013. – 410 с.
8. ДСТУ EN 60079-11:2016 Вибухонебезпечні газові середовища. Частина 11. Захист електричного обладнання за допомогою іскробезпечного електричного кола (i) (EN 60079-11:2012, IDT).
9. Правила улаштування електроустановок – Міненерговугілля України, - 2017. – 617 с. ДСТУ EN 62305:2012 Блискавкозахист (IEC 62305:2011, IDT). – [Чинний від 2012-07- 01]. – К.: Держстандарт України, 2012. – 419 с. – (Національний стандарт України).
10. А. Журахівський Підвищення надійності й ефективності грозозахисту повітряних ліній електропередавання шляхом зниження опорів заземлювальних пристроїв [Текст] / А. Журахівський, Т. Бінкевич // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2018. - № 1, - с. 59-65.
11. Баранник Є. Я. Порівняння класичного і "активного" блискавкозахисту, Опубліковано: 10.09.2015, режим доступу: <http://promelektro.blogspot.com/2015/09/vbehaviorurldefaultvmlo.html>
12. Блискавкозахист [Електронний ресурс], <http://edu-mns.org.ua/avtomat/lessons/26/index.html>

13. Бондар О.І. Горизонтальні пояси на рівні землі в системі блискавкозахисту: вплив на розподіли струмів [Текст] / О. І. Бондар, В. О. Шостак – Міжнародний науковотехнічний журнал "Сучасні проблеми електроенерготехніки й автоматики". - Київ: НТУУ «КПІ», 2015, - с. 411-413.
14. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=7051](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=7051) (дата звернення 10 листопада 2022).
15. Грозозащита линий высокого напряжения переменного тока / [Костенко М. В., Богатенков И. М., Михайлов Ю. А. и др.]. - К. : ВИНТИ, 2004. Т. 12. – 112 с. - (Итоги науки и техники. Сер. Электрические станции и сети.).
16. Гряник Г.М. Охорона праці/ Гряник Г.М. – К.:Урожай, 2004. – 272 с.
17. ДБН В.2.5-23-2003. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.- К.: Держбуд України, 2004.-131 с.
18. ДБН В.2.5-23-2003. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення.- К.: Держбуд України, 2004.-131 с
19. ДБН В.2.5-27-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд.-К.: Мінбуд України, 2006.- 153 с
20. ДНАОП 0.00-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.- К.: Укрархбудінформ, 2003.- 117 с.
21. ДСТУ EN 62561 – Компоненти системи блискавкозахисту: Частина 1-а «Вимоги до компонентів сполуки».

22. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд (ІЕС 62305:2006, NEQ). – [Чинний від 2009-01-01]. – Київ: Держстандарт України, 2008. – 65 с. – (Національний стандарт України).
23. ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд (ІЕС 62305:2006 NEC). Введ. 01.01.2009 Наказом Мінрегіонбуду України від 27.06.2008 № 269 замість РД 34.21.122-87.
24. Журахівський А. В. Імпульсний опір заземлення опор повітряних ліній й його вплив на надійність грозозахисту [Текст] / А. В. Журахівський, І. В. Ліщак, Т. В. Бінкевич // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2016. - № 1, - с. 74-78.
25. З. А. Воронина Методика и результаты проведения диагностики заземляющих устройств [Текст] / З. А. Воронина [и др.] // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Проблемы усовершенствования электрических машин и аппаратов. Теория и практика. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2012. – № 52 (958), – с. 49-59.
26. Каталог Gromostar E.S.E [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://fs-lps.com/ru/product-category/gromostar/> (дата звернення 15 листопада 2022).
27. Кириленко О.В. Аналіз надійності функціонування електроенергетичних об'єктів [Текст] / Кириленко О.В., Кінаш Б.М., Гудим В.І.// Ін-т електродинаміки НАН України; Львівський держ. ун-т безпеки життєдіяльності МНС України. – К.: Фоліант, 2008, – 224 с.
28. Кравченко В.І. Блискавка. Електромагнітні фактори і їх вражаючі впливи на технічні засоби [Текст]. – Харків: Видавництво "НТМТ", - 2010, - 292 с.
29. Кулаков, О. В. Особливості застосування методу захисного кута при проектуванні блискавкозахисту об'єктів [Текст] / О. В. Кулаков, А. М.

- Катунін // Харків: НУЦЗУ, 2017, вип. 42, - с. 58-63. Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/6300/1/kulakov.pdf>
30. Ліщак І.В. Оцінка надійності схем грозозахисту повітряних ліній електропередавання [Текст]// І.В. Ліщак, Т.В. Бінкевич // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". - 2014. - № 736, - с.39-45.
31. Ліщак І.В. Сучасний грозозахист розподільчих повітряних ліній 6, 10 кВ довго- іскровими розрядниками (РДІ) [Текст] / І.В. Ліщак, Т.В. Бінкевич // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка" - 2012, № 736, - С. 75-80.
32. Методичні вказівки з вибору обмежувачів перенапруг нелінійних виробництва підприємства ТОВ «Таврида Електрик» для електричних мереж 6 – 35 кв. Київ 2003. – 40 с.
33. Методичні вказівки до практичної роботи з курсу «Охорона праці в галузі» для студентів інженерно-технічних спеціальностей денної й заочної форми навчання. Укл. В.П. Скачко – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка“, 2011. – 20 с.
34. Методологія аналізу критичності електричної розподільчої мережі через прямі розряди блискавки / [Р. Пабло де Соуза Баррадас, Г. Віанна Соарес Роча, Ж. Жоао Родріго Сільва й ін.]. // 13. – 2020. – №1580. – С. 23.
35. О.Ю. Глебов Диагностика заземляющих устройств и систем молниезащиты объектов электроэнергетики на современном этапе [Текст] / О. Ю. Глебов [и др.] // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПИ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : Техника и электрофизика высоких напряжений. – Харьков : НТУ "ХПИ". – 2015. – № 51 (1160), – с. 17-24.
36. Огляд захисту від блискавки [Електронний ресурс] // LPI – Режим доступу до ресурсу: <https://lightning.org/lightning-protection-overview/>(дата звернення 1 грудня 2022).

### Додаток №1

Залежність будівель від площі розташування й категорії побудови системи блискавкозахисту [32].

№	Споруди й будівлі	Місце розміщення	Види захисного поля при застосуванні стрижневих і тросових блискавковідводів	Категорія блискавкозахисту
1	2	3	4	5
1	Місце Будинки й споруди або їх частини, приміщення яких відносяться до територій Б-I й Б-II згідно з ПУЕ [30].	На усіх територіях України	А	I
2	Теж класу В-Ia, В-Iб й В-IIa	У районах, де середньорічна тривалість грозового явища становить 10 годин і більше щорічне враження блискавкою	Кількість будівель або споруд, які, як очікується, щорічне враження блискавкою, становить $N < 1-A$ ; $N (1 - Bи)$	II
3	Зовнішні установки, що створюють згідно ПУЕ зону класу В-Iг [30-33].	На усіх територіях України	Б	II
4	Будівлі й споруди або їх частини, територія яких відноситься до зон ПУЕ категорії П-I, П-II, П-IIa [30].	В районах, де середньорічна тривалість гроз становить 20 годин і більше щорічного враження блискавкою	Для будівель і споруд I й II клас вогнестійкості 0, $1 < N(2, III-V$ клас вогнестійкості $0,02 < N(2 - B, де N > 2-A)$	III

## Продовження додатку № 1

1	2	3	4	5
5	Малі будівлі III-V класу вогнестійкості, розташовані в сільській місцевості, будинки яких відносяться до зон П-I, П-II, П-IIIа згідно з ПУЕ [32-34].	Райони із середньорічною тривалістю грозового явища 20 годин або більше щорічного враження блискавкою, коли $N < 0,2$	-	III
6	Зовнішні установки й відкриті споруди, що створюють згідно ПУЕ класу П-III [33].	В районах з середньою тривалістю гроз на рік 20 годин і більше щорічне враження блискавкою	При $0,1 < N$ (2 - Би, при $N > 2$ - А	III
7	Будівлі і будови III, IIIа, IIIб, IV, V клас вогнестійкості, в яких відсутні приміщення, що відносяться до ПУЕ до зон взривонебезпечних- і пожежонебезпечних класів [33]	Також	При $0,1 < N$ (2 - Би, при $N > 2$ - А	III
8	Будівлі й споруди з легких металевих конструкцій з горючою теплоізоляцією (клас вогнестійкості IVа), в яких приміщення не віднесені до вибухонебезпечних зон і класу пожежної безпеки за ПУЕ [30].	В районах із середньою тривалістю грозового явища 10 годин на рік і більше щорічного враження блискавкою.	При $0,02 < N$ (2 - Би, при $N > 2$ - А	III

## Продовження додатку № 1

1	2	3	4	5
9	Малі споруди з класами вогнестійкості III - V, розташовані в сільській місцевості, де об'єкти не віднесені до вибухопожежонебезпечних за ПУЕ [30-33].	В районах III, IIIa, IIIb, IV, де середньорічна тривалість грозового явища становить 20 годин і більше щорічного враження блискавкою. вимірювання для V при $N < 0,1$ , для IVa при $N < 0,02$	-	III
10	Будівлі обчислювальних центрів, у тому числі розташовані в міській місцевості [35].	В районах з середньою тривалістю грозового явища 20 годин на рік і більше щорічного враження блискавкою	Б	II
11	Тваринницькі й птахівницькі приміщення III-V класу вогнестійкості: більше 100 голів великої рогатої худоби і свиней, більше 500 голів овець, більше 1000 голів птиці, більше 40 голів коней [33].	В районах з середньою тривалістю грозового явища 40 годин на рік і більше щорічного враження блискавкою	Б	III
12	Димові труби підприємства висотою 15 м і більше й інші димові труби й котельні, вежі, вишки тощо [33-34].	В районах з середньою тривалістю грозового явища 10 годин на рік і більше щорічного враження блискавкою	Б	III

## Продовження додатку № 1

1	2	3	4	5
13	Житлові й громадські будинки, висота яких перевищує середню висоту будинків у межах 400 м, на 25 м і більше, а також самостійні будинки висотою 30 м і більше й на відстані більше 30 м від інших будівель 400 м [33].	В районах з середньою тривалістю грозового явища 20 годин на рік і більше щорічного враження блискавкою	Б	Ш
14	Сільські індивідуальні будинки й громадські будівлі висотою понад 30 м [35].	Також	Б	Ш
15	Будинки громадського призначення III-V класу вогнестійкості: дитячі дошкільні заклади, школи й інтернати, стаціонари медичних закладів, спальні корпуси й ресторани лікувально-видовищних закладів, культурно-освітні установи, адміністративні будівлі, вокзали., готелі, мотелі й кемпінги [36].	Також	Б	Ш
16	Відкриті видовищні заклади (відкритий кінозал, відкриті трибуни стадіону й ін.) [35]	Теж	Б	Ш
17	Будинки й споруди (скульптури, обеліски тощо), які є пам'ятками історії, архітектури й культури» [34].	Теж	Б	Ш