

**Аналіз
сучасного зарубіжного та вітчизняного досвіду
влаштування систем блискавкозахисту
об'єктів електричних мереж**

грудень

ЗМІСТ

Вступ. Шляхи впливу грозових струмів на об'єкти і комунікації.....	2
1. Огляд міжнародних та національних нормативних документів і стандартів з блискавкозахисту.....	3
1.1. Європейські стандарти.....	5
1.2. Визначення зон захисту за рекомендаціями МЕК (стандарту ІЕС 62305-2010)	10
1.3. Вимоги стандартів МЕК до пристроїв захисту від імпульсних перенапруг, їх класифікація та основні параметри.....	13
2. Впровадження систем блискавкозахисту в окремих зарубіжних країнах.....	15
3. Створення та впровадження активних систем блискавкозахисту.....	23
4. Зарубіжна практика програмного забезпечення комплексного аналізу ризику ураження блискавкою та електромагнітних наведень.....	26
5. Зарубіжний досвід впровадження систем грозопеленгації, створення технічних засобів контролю та їх попередження	31
6. Росія. Системи та методи грозозахисту.....	36
7. Досвід зарубіжних і вітчизняних компаній щодо створення систем грозозахисту об'єктів електроенергетики.....	47
8. Україна. Стан та організаційно-технічні заходи підвищення надійності роботи електричних мереж в грозовий період.	50
8.1. Нормативно-правове забезпечення з організації блискавкозахисту.....	50
8.2 Оцінка грозової діяльності на території країни.	55
8.3. Аналіз автоматичних вимикань повітряних ліній електропередавання напругою 220 - 750 кВ.	57
8.4. Попередній аналіз вимикань електромереж ліцензіатів з передавання електроенергії місцевими електромережами.	59
8.5 Висновки та пропозиції.	61
8.5.1. Попередні висновки.	61
8.5.2. Пропозиції щодо організації роботи з підвищення надійності роботи електромереж в грозовий період.....	61
<i>Додаток 1. Відхилення від проектних рішень та вимог ПУЕ на об'єктах ліцензіата.....</i>	<i>63</i>
<i>Додаток 2. Стан забезпечення обладнанням та матеріалами, що не потребують розроблення проектно-кошторисної документації.....</i>	<i>65</i>
<i>Додаток 3. Стан забезпечення нормативними документами і проектними рішеннями.....</i>	<i>67</i>
<i>Додаток 4.1. Стан забезпечення проектно-кошторисною документацією на 2013 рік.....</i>	<i>70</i>
<i>Додаток 4.2. Забезпечення проектно-кошторисною документацією на 2013 рік</i>	<i>71</i>
Окремі скорочення.....	72
Джерела інформації.....	73

**Аналіз
сучасного зарубіжного та вітчизняного досвіду
влаштування систем блискавкозахисту
об'єктів електричних мереж**

Вступ. Шляхи впливу струмів блискавки на об'єкти і комунікації.

Струми розряду блискавки можуть впливати на об'єкт прямим способом у разі попадання блискавки в його систему блискавкозахисту, у споруди, предмети або дерева, що знаходяться в безпосередній близькості. При цьому найбільш частими є випадки вторинних дій у разі удару блискавки у віддалені об'єкти (лінії електропередавання, підстанції тощо), пов'язані будь-якими комунікаціями з об'єктом, що захищається, або під час міжмарних розрядів, що викликають виникнення імпульсних струмів великих значень у металевих елементах конструкцій і комунікаціях. Основні шляхи занесення перенапруг для об'єктів різного типу наведено на рис. 1.

Склад блискавкозахисної системи (БЗС), установленної на захищеному об'єкті:

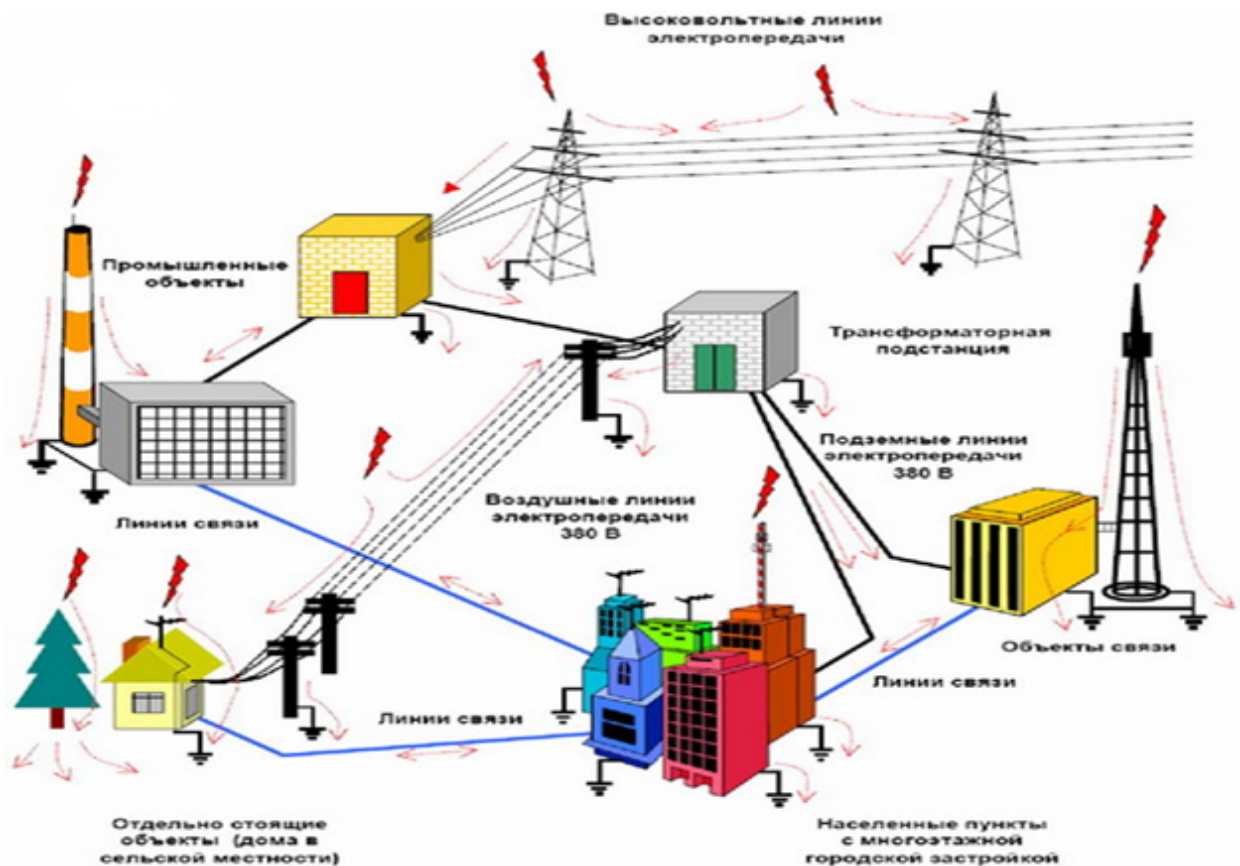
- **Блискавкоприймальна частина і струмовідводи** – для приймання прямого розряду і відведення струму блискавки до заземлення. Струмовідводи монтуються по скатах крівлі і стін для з'єднання блискавкоприймальних частин із заземлювальним пристроєм і включають спеціальні елементи введення в землю.

- **Заземлювальний пристрій** – для забезпечення безпечних режимів роботи електроустановки, розподілу частини енергії блискавки в землі. Заземлювальні пристрої бувають різного типу й виконання (круглі й плоскі заземлювальні провідники, складові заземлювальні стрижні, болтові з'єднувачі й клеми, антикорозійний бандаж). Нормами визначаються допустимий опір розтікання струму блискавки.

- **Зрівняння потенціалів** – для ліквідації різниці потенціалів між провідниковими частинами будівлі, електроустановки і заземленням. Рівняння потенціалів передбачає з'єднання усіх підлягаючих заземленню провідників і металевих конструкцій між собою і заземленням. Система рівняння потенціалів комплектується шинами, поєднувальними клемами, хомутами тощо.

- **Захист від імпульсної перенапруги** – для обмеження атмосферних і комунікаційних перенапруг у мережах. Це включені в систему рівняння потенціалів розрядники, обмежувачі перенапруг нелінійні (ОПН) для ступінчастого захисту різних електричних ланцюгів, телекомунікаційних мереж, обладнання та приладів.

Сьогодні не існує таких пристроїв і методів, здатних змінити природні погодні явища до такої міри, щоб запобігти удару блискавки. Дугові розряди блискавки становлять небезпеку як для самих будівель і споруд, так і для обладнання і установок, що знаходяться всередині, для життя людей, а також для енергетичних систем, тому впровадження систем блискавкозахисту є дуже важливим завданням.



Необхідність захисту, економічні вигоди встановлюваних заходів захисту і відповідний їх вибір визначають з урахуванням управління ризиком. Управління ризиком розглядається в низці міжнародних і національних стандартів та нормативів.

1. Огляд міжнародних та національних нормативних документів і стандартів з блискавкозахисту.

Сьогодні будується і реконструюється велике число об'єктів з підвищеними вимогами до захисту від блискавки: електростанції, особливо атомні, підстанції, об'єкти нафтогазової галузі, транспорту, зв'язку тощо.

Функціонування багатьох об'єктів забезпечує мікропроцесорна апаратура, чутлива до імпульсних електромагнітних перешкод (у тому числі тих, які виникають під час блискавкових розрядів). Така апаратура виконує все більш і більш важливі функції. Наприклад, вона вже встановлюється як основний елемент систем управління і систем безпеки ядерних реакторів. Тому поняття «блискавкозахист» стосовно сучасного стану розвитку розширилося. Блискавкозахист можна розділити на дві взаємопов'язані складові: захист від **первинних** і **вторинних** проявів блискавки.

До захисту від **первинних проявів** відноситься тільки зовнішня система блискавкозахисту та заземлення, що забезпечує власне захист об'єкта від прямих розрядів (здатних призводити до загибелі людей, пошкодження основного обладнання, пожеж, вибухів тощо) і відведення основної частини струму блискавки в заземлювач. До захисту від **вторинних проявів** блискавки відносяться засоби, що

забезпечують захист чутливої апаратури та її ланцюгів від імпульсних різниць потенціалів між «землями», що виникають при близьких розрядах блискавки. До захисту від вторинних проявів блискавки також відносяться засоби екранування електромагнітних полів, що негативно впливають на нормальну роботу апаратури та її елементів.

Останнім часом все більш актуальною стає проблема підвищення ефективності систем блискавкозахисту. Крім захисту важливих об'єктів від прямого удару блискавки (пристрої зовнішнього блискавкозахисту), зросли вимоги до пристроїв внутрішнього блискавкозахисту, що забезпечує захист від вторинних дій блискавки.

Нормативи із влаштування блискавкозахисту використовуються більш ніж у 100 країнах світу. Їх застосовують за рішенням різних міністерств, відомств для забезпечення захисту наземних об'єктів, а також повітряних і морських суден від прямих ударів блискавки та її вторинного впливу. Завдяки нормованому захисту відповідних об'єктів ризик впливу грозових проявів знижується до мінімуму. І, тим не менше, нормативні документи постійно піддаються істотній модернізації, зумовленій появою нової інформації, результатів досліджень, розроблення нових способів захисту. Блискавкозахисна інсталяція в будівлях і спорудах повинна бути виконана відповідно до вимог існуючих норм і рекомендацій. Потрібно відзначити, що такі нормативи і стандарти розробляються рядом недержавних, міжнародних організацій, наприклад, Міжнародна організація із стандартизації (ISO), Міжнародна електротехнічна комісія (МЕК, IEC), Американський національний інститут стандартизації (ANSI), Національний інститут із стандартизації та технології США (NIST), Американське товариство інженерів-механіків (ASME), Інститут інженерів з електротехніки та електроніки США (IEEE), Національна протипожежна асоціація США (NFPA) і багато інших.

У світовій практиці діє ряд стандартів, що визначають вимоги до захисту від блискавки. Наприклад, AS/ANZ-1786 – для Австралії / Нової Зеландії, SABS-03 – для Південної Африки, VDE 0185 – для Німеччини, який згодом став євронормою.

У США основоположним нормативним документом щодо блискавкозахисту є національний стандарт NFPA-780-2008 «Стандарт з установлення систем захисту від блискавки» («Standard for the Installation of Lightning Protection Systems»), розроблений NFPA – уповноваженим органом щодо забезпечення пожежної, електричної безпеки і безпеки будівництва. В оновленому стандарті NFPA-780-2011 викладено вимоги щодо захисту будівель і споруд, у тому числі спеціальних, залежно від технологічного процесу виробництва. У додатках до стандарту наведено вимоги щодо оцінки ризику, норми експлуатації, випробування і вимірів пристроїв блискавкозахисту. У цьому стандарті також визначено спеціальні вимоги для захисту вітрових електроустановок, літаків, об'єктів зберігання вибухових речовин, викладено інформацію про особисту безпеку під час грози тощо. Зокрема, стандарт NFPA-780-2011 містить оновлений розділ щодо захисту вітрових турбін, блискавкозахисту приміщень для зберігання вибухових матеріалів тощо. Переглянуто також методологію оцінки ризику від блискавки, у додатку

зазначеного стандарту, приведено порядок детальної оцінки для тих випадків, що вимагають більш глибокого аналізу.

Узагальнену інформацію про систему захисту від блискавок для будівель надає «Довідник захисту від пожежі», виданий NFPA. У ньому зокрема, передбачено заходи щодо запобігання ураженню прямими ударами блискавки ізоляції ліній електропередавання, обладнання відкритих трансформаторних підстанцій та інших електричних установок. Передбачено також заходи захисту трансмісійного обладнання від індукційних імпульсів напруги та струму (гасителі імпульсів, ефективне низькоомне заземлення), які можуть викликати порушення технології та пожежі.

Крім цього, Міністерством енергетики США розроблено галузеві вимоги щодо блискавкозахисту енергетичних об'єктів. Діють і стандарти, розроблені Інститутом інженерів з електротехніки та радіоелектроніки США – IEEE 1100-2005 «Рішення по електроживленню і заземленню електронного обладнання», IEEE 142-2007 «Рішення по заземленню устаткування промислових і комерційних силових електроустановок» тощо.

Застосовують також норми, що визначають принципи блискавкозахисту різного виду спеціальних об'єктів, які потребують особливих рішень, у тому числі об'єктів електроенергетики:

- **Електростанції та лінії електропередавання.** IEEE Std. 998-1996, IEEE «Інструкції з захисту підстанцій від прямого удару блискавки» (*чорновий варіант оновлення стандарту вийшов у жовтні 2012 р.*); IEEE Std. 1400-2011, IEEE «Інструкції з поліпшення взаємодії з блискавкою ліній електропередавання розподільних мереж»;

- **Вітрові електростанції.** IEC 61400-24:2010 «Системи вітрових генераторів. Частина 24: Блискавкозахист», IEC 88/117/CD: 1999 «Системи вітрових генераторів – Частина 24: Блискавкозахист вітрогенераторів»;

- **Атомні електростанції.** КТА 2206 «Системи блискавкозахисту для атомних електростанцій».

1.1. Європейські стандарти.

Виконання правових і організаційних вимог до стандартизації і сертифікації продукції є важливим чинником забезпечення її конкурентоздатності на світовому ринку. Стандартизація здійснюється на міжнародному, регіональному та національному рівнях. Міжнародна стандартизація – діяльність, у якій беруть участь органи стандартизації різних країн. Провідна роль у міжнародній стандартизації належить двом неурядовим міжнародним організаціям – Міжнародній організації зі стандартизації (ІСО) і Міжнародній електротехнічній комісії (МЕК, англ. ІЕС).

Організаціями ІСО і МЕК розроблено ряд правил щодо застосування стандартів. Міжнародні стандарти ІСО представляють собою варіант технічних вимог до продукції (послуг). Стандарт ІСО у випадку його використання імплементується в національну систему стандартизації. Національні комітети можуть подавати свої пропозиції, а ІСО може ухвалити рішення про застосування

національного стандарту як міжнародного з урахуванням впливу норм стандарту на розвиток міжнародної торгівлі, гарантування безпеки людей, захисту довкілля.

Діяльність МЕК у сфері сертифікації продукції охоплює створення міжнародної системи сертифікації електротехнічних виробів та розроблення міжнародної системи сертифікації виробів електронної техніки. Організації ІСО і МЕК співпрацюють з метою узгодження спільних правил проведення сертифікації.

Міжнародною електротехнічною комісією розроблено та постійно удосконалюються кілька серій стандартів, в яких викладено основні принципи побудови систем блискавкозахисту об'єктів громадського та промислового призначення, регламентуються методи і способи захисту будівель, споруд, електротехнічного обладнання, ліній електропередавання тощо. Відповідними стандартами і нормативами врегульовуються питання, пов'язані з вирівнюванням потенціалів, заземленням, захистом від імпульсних струмів і перенапруг, що виникають під час грозових розрядів.

Рекомендації стандартів дозволяють системно підходити до проектування конкретних елементів даних систем, будівельних конструкцій об'єктів, заземлювальних пристроїв, раціонального розміщення устаткування і прокладання комунікацій. До таких нормативних документів, в першу чергу, відноситься стандарт ІЕС-62305 «Захист від удару блискавки» (у чотирьох частинах), який є зміненим і оновленим варіантом чинних раніше стандартів:

- ІЕС-61024 (1-2) «Блискавкозахист будівельних конструкцій»;
- ІЕС-61663 «Захист від блискавки. Лінії електрозв'язку»;
- ІЕС-61312 (1-4) «Захист від електромагнітного імпульсу блискавки».

Із метою застосування сучасного світового досвіду на етапі проектування необхідно приймати вимоги ряду стандартів щодо блискавкозахисту МЕК, які періодично змінюються та удосконалюються.

Наприклад, серія гармонізованих європейських стандартів EN 62561-2012 «Компоненти системи блискавкозахисту (LPSC). Частина 1. Вимоги до з'єднувальних елементів. Частина 2. Вимоги стосовно провідників та заземлювачів» замінила стандарти: EN 50164-1:99 і EN 50164-2:2002. Частину 4 цієї серії було оновлено у 2010 р., а частини 5, 6 – у 2011 р.

Міжнародний стандарт МЕК ІЕС 62305 «Lightning protection» було розроблено у 2003-2004 рр. і затверджено як чинний з 2005 р. Стандарт включає такі частини:

- Part 1 Protection of Structures Against Lightning: General Principles (Загальні принципи блискавкозахисту).
- Part 2 Risk Management (Визначення ризику можливих збитків).
- Part 3 Physical Damage and Life Hazard (Захист від ураження споруд і людей).
- Part 4 Electrical and Electronic Systems within Structures (Захист електричних і електронних систем у будівлях).

Стандарт ІЕС 62305 у першій редакції мав складатися з п'яти частин, але було опубліковано лише частини з першої по четверту. П'ята частина позиціонувалася в інформаційних матеріалах МЕК як така, що знаходиться в процесі розроблення.

Необхідність захисту, економічні переваги від установавання відповідних пристроїв захисту визначаються з урахуванням **факторів ризику**, викладених у стандарті ІЕС 62305-2-2006.

Критерії проектування, монтажу та техобслуговування систем блискавкозахисту враховуються для трьох окремих груп:

- Перша група, що включає в себе заходи захисту для мінімізації ризику збитків майна та шкоди здоров'ю людей (ІЕС 62305-3).
- Друга група, що встановлює вимоги до розроблення, установавання, контролю, підтримування та випробування систем заходів із захисту від електромагнітного імпульсу грозових розрядів (LPMS) для електричних і електронних систем всередині будівель і споруд з метою зменшення ризику збоїв їх роботи, викликаних електромагнітними імпульсами від грозових розрядів (ІЕС 62305-4).
- Третя група, що включає в себе заходи захисту для мінімізації ризику збитків майна та відмов інженерних мереж (в основному електричні та телекомунікаційні лінії), мала бути визначеною в стандарті ІЕС 62305-5.

Міжнародний стандарт ІЕС 62305-2006 було прийнято до застосування в усіх країнах Євросоюзу, а також на території ряду країн пострадянського простору (РФ, Білорусія, Литва, Естонія), в Україні прийнятий нееквівалентний (NEQ) національний стандарт: ДСТУ Б В.2.5-38:2008. У Польщі ІЕС 62305 є національним стандартом (частина 2 стандарту «Risk Management» розроблялася в Польщі).

Сьогодні Міжнародна Електротехнічна Комісія завдяки діяльності Комітету ТК 81 «Блискавкозахист» ставить за мету гармонізацію різних міжнародних і європейських вимог у сфері блискавкозахисту. Комітетом переглянуто необхідні і достатні вимоги з урахуванням останніх досліджень у сфері вивчення дії блискавки та можливих наслідків, визначено більш дієві способи і засоби захисту від прояву сил природи.

У результаті проведеної роботи в 2010 р. МЕК видано другу, оновлену редакцію стандарту МЕК 62305 щодо блискавкозахисту в чотирьох частинах, яка замінила редакцію 2006 р. У стандарті викладено основні принципи побудови систем блискавкозахисту будівель (споруд), методику оцінки ризику від ураження ударом блискавки, засоби захисту від пошкодження будівель і обладнання, що знаходиться всередині.

Оновлений стандарт МЕК 62305-2010 містить більше інформації, заснованої на результатах останніх досліджень, довідкової інформації і дозволяє проектувати систему блискавкозахисту будівель і споруд в різних галузях на належному рівні з урахуванням усунення виявлених в процесі експлуатації недоліків. У зазначеному стандарті викладено також розширені принципи більш ефективного захисту будівель, споруд та обладнання будь-якого призначення від перенапруг. Стандарт МЕК 62305 складається з таких частин:

– ІЕС 62305-1:2010 Захист від блискавки. Частина 1; Загальні принципи (Protection against lightning - Part 1: General principles). Терміни та визначення, параметри струму блискавки, небезпеки блискавки, потреби і засоби захисту,

основні критерії захисту споруд і процесів, а також випробувальні параметри, які моделюють дію блискавки на елементи систем блискавкозахисту;

- ІЕС 62305-2:2010 Захист від блискавки. Частина 2. Керування ризиками (Protection against lightning - Part 2: Risk management). Методика оцінки ризику, оцінки складових ризику для споруд, оцінки складових ризику для процесів. Використовується для визначення економічно доцільної системи захисту від блискавки;

- ІЕС 62305-3:2010 Захист від блискавки. Частина 3. Фізичні руйнування споруд і небезпека для життя людей (Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard). Система захисту від блискавки визначає запобіжні заходи із загрози життю від напруги дотику і крокової напруги і містить вимоги до проектування, влаштування, обслуговування та перевірки системи захисту від дії блискавки;

- ІЕС 62305-4:2010 Захист від блискавки. Частина 4. Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах (Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures). Визначає заходи захисту внутрішніх систем від електромагнітних імпульсів блискавки: основні принципи, заземлення і з'єднання всередині споруд; магнітне екранування і спосіб прокладання електрокомунікацій, вимоги до пристроїв обмеження перенапруг, захист обладнання в існуючих спорудах.

У цьому оновленому об'ємному стандарті більш детально визначено заходи захисту як від первинних, так і від вторинних проявів блискавки і подано докладні рекомендації, які можна використовувати без додаткових досліджень. Однак і новий стандарт МЕК-62305 не позбавлено недоліків. Так, наприклад, в методиці оцінки середньорічної кількості ударів блискавки в об'єкт пропонуються емпіричні коефіцієнти розташування об'єктів, використання яких не завжди дає очікувані результати. Разом з тим в цілому, за визначенням експертів, цей документ є більш розширеним і досконалим.

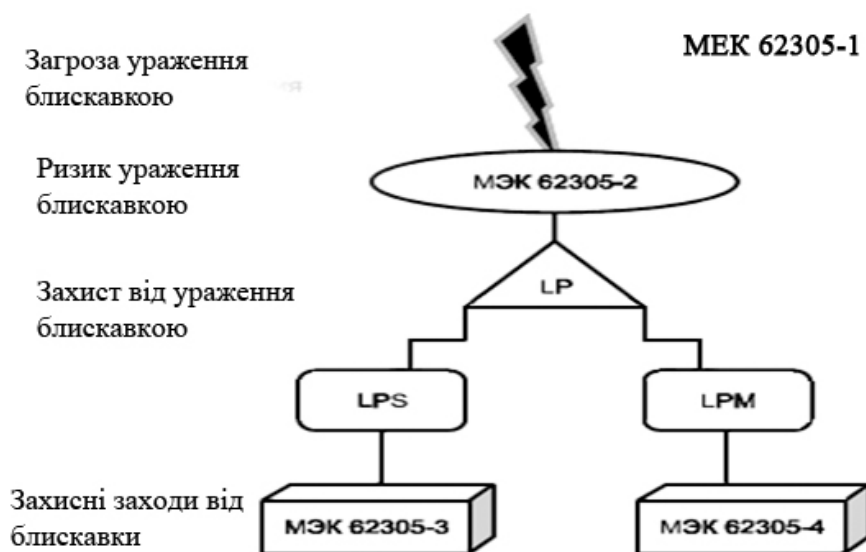
Важливо відзначити, що в останньому виданні стандарту визначено ефективні заходи блискавкозахисту (грозозахисту) не тільки від прямого удару блискавки (зовнішній блискавкозахист), але й від імпульсних перенапруг і перешкод в електричних мережах з номінальною напругою до 1000 В, обладнання зв'язку, передачі інформації, управління, контролю і вимірювання, сигналізації.

На 30-й Міжнародній конференції з блискавкозахисту – ICLP (International Conference on Lightning Protection), яка проводиться кожні два роки починаючи з 1951 р., було представлено 231 доповідь. У підсумкових матеріалах конференції було визначено, що розроблений МЕК стандарт ІЕС 62305-2010 залишається фундаментальним стандартом. Запропоновано в подальшому на основі наукових і експериментальних розробок систематично доопрацьовувати та уточнювати його положення.

Основою стандарту ІЕС 62305-2010 повинна стати частина 2 (над якою триває активна робота) з розрахунку ризиків для забезпечення надійного захисту від блискавки усіх видів об'єктів.

Для проектування системи блискавкозахисту з достатнім рівнем надійності необхідно своєчасно оцінювати ризики, вибирати рівень блискавкозахисту і визначати амплітуду струму блискавки залежно від призначення об'єкта, що захищається, виду і терміну дії обладнання на об'єкті, можливої кількості проривів блискавок тощо. Стандарт містить методику розрахунку ризику ураження об'єкта блискавкою, визначення необхідного критерію надійності системи зовнішнього блискавкозахисту і як наслідок – методику вибору її конструктивного рішення.

Структурно взаємозв'язок різних стандартів із застосування заходів захисту від блискавки (стандарти серії МЭК 62305) наведено на рисунку:



** LP - захист від блискавки (lightning protection): Комплексна система захисту будівлі (споруди) та / або його електричних і електронних систем від впливу блискавки, яка зазвичай включає LPS і заходи захисту від електромагнітного імпульсу удару блискавки.*

*** LPS - система захисту від дії блискавки (lightning protection system). Комплексна система захисту від блискавки, призначена для зменшення фізичних ушкоджень будівель (споруд) під час удару блискавки в будівлю. LPS складається із зовнішніх і внутрішніх систем захисту від блискавки.*

**** LPM – міри захисту (lightning protection measures) від електромагнітного імпульсу удару блискавки (LEMP - lightning electromagnetic impulse). Заходи, що вживаються для захисту внутрішніх систем від впливу LEMP.*

Вимоги, викладені в стандарті МЭК-62305-2010, формують так звану «**зонову концепцію захисту**».

У стандарті ІЕС для розрахунку ризику ураження об'єкта блискавкою запропоновано застосування методів **захисного кута, сфери, що котиться, і захисних сіток**. Метод захисного кута застосовується для простих за формою споруд або невеличких частин великих споруд; метод сфери, що котиться, – для споруд складної форми. Застосовувати захисну сітку доцільно для захисту плоских і слабопохилих (до 12,5%) поверхонь споруд.

Сучасні уявлення про механізм орієнтування блискавки на об'єкт свідчать, що метод сфери, що котиться, є найбільш достовірним. Важливим аспектом цього методу є те, що при оцінюванні імовірності прориву блискавки беруться до уваги не тільки блискавки з великим струмом, але й такі, струм яких – у межах від 3 кА до 10 кА. Саме від таких «малих» блискавок захист є найскладнішим. **Тобто метод сфери, що котиться, є більш жорстким методом розрахунку.**

Із виходом останньої редакції стандарту МЕК 62305-2010 почався процес гармонізації цього стандарту на території ряду держав Європи та СНД.

Зокрема, в якості національного стандарту з 01.12.2011 р. на території Російської Федерації затверджено та введено в дію Наказом Федерального агентства з технічного регулювання і метрології від 30 листопада 2010 р. № 795-ст. – дві з чотирьох частин МЕК 62305-2010:

- ГОСТ Р МЕК 62305-1-2010 Менеджмент ризику. Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи. Ідентичний МЕК 62305-1:2010;

- ГОСТ Р МЕК 62305-2-2010 Менеджмент ризику. Захист від блискавки. Частина 2. Оцінка ризику. Ідентичний МЕК 62305-2:2010.

На стадії підготовки до введення в дію на національному рівні знаходяться третя і четверта частини цього документа.

У Республіці Білорусь затверджено і введено в дію постановою Держстандарту Республіки Білорусь від 5 травня 2010 р. № 19 в якості попереднього державного стандарту Республіки Білорусь з терміном дії з 01.01.2011 по 01.01.2013 предстандарт «СТБ П ІЕС 62305-2006/2010, ідентичний міжнародному стандарту ІЕС 62305-2006 Захист від грозових розрядів», у 4 частинах.

Також у Республіці Білорусь Постановою Міністерства енергетики з 1 листопада 2011 р. введено в дію вимоги «Блискавкозахист будинків, споруд та інженерних комунікацій», вимоги якого обов'язкові для всіх видів будівель і споруд незалежно від відомчої належності та форми власності при:

- проектуванні БЗС електричних станцій, підстанцій і повітряних ліній електропередавання та інших об'єктів;
- проектуванні, установленні, перевірці та технічному обслуговуванні систем блискавкозахисту будівель і споруд без обмеження висоти;
- проектуванні БЗС, що знаходяться всередині будівель, установок, приладів, обладнання;
- визначенні заходів захисту від ураження людей електричним струмом при дії напруги дотику і крокової напруги.

Зазначеним документом прийнята методика розрахунку рівня блискавкозахисту об'єктів.

1.2. Визначення зон захисту за рекомендаціями МЕК (стандарту ІЕС 62305-2010).

Зонна концепція блискавкозахисту є оптимальним рішенням з економічної точки зору для забезпечення надійності блискавкозахисту будівельних об'єктів, а також систем обмеження перенапруг в інсталяціях низької напруги в цих об'єктах. При її застосуванні слід взяти до уваги показники стандарту щодо норм

блискавкозахисту і захисту від перенапруг, а також вимоги, що стосуються імпульсної стійкості пристроїв.

Загальний принцип визначеного стандартом захисту ґрунтується на створенні всередині досліджуваного об'єкта зон за ступенем схильності пристроїв до впливу:

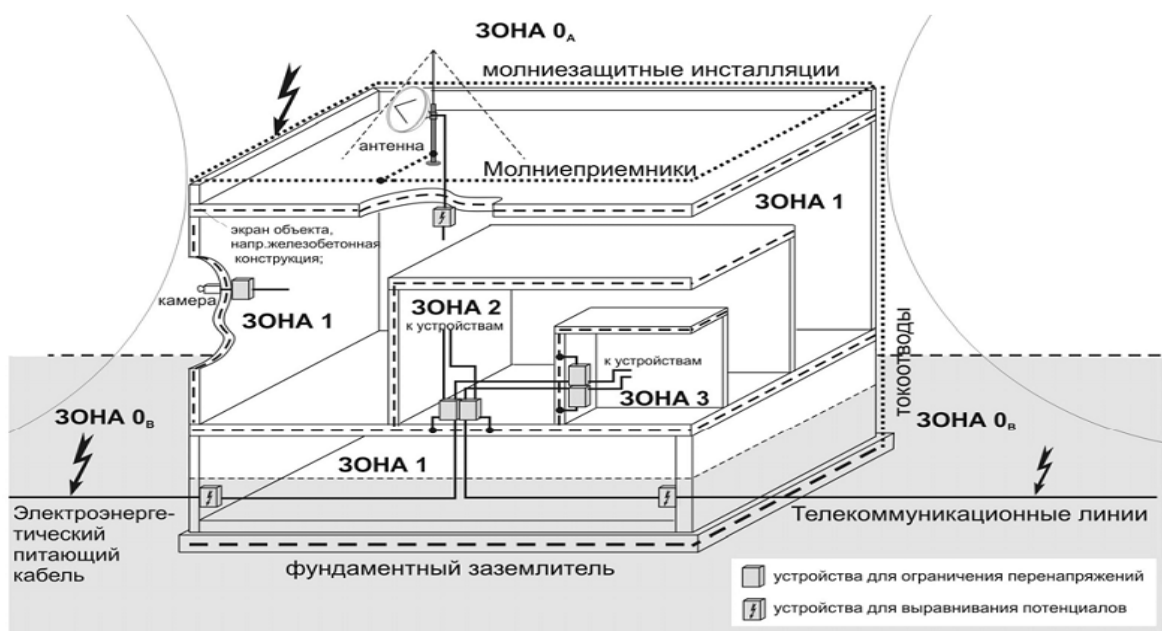
- напруг та імпульсних струмів, що виникають в електроенергетичній мережі низької напруги;
- напруг та імпульсних струмів, що виникають у системах передавання сигналів;
- імпульсного електромагнітного поля, що безпосередньо впливає на пристрої та інсталяції в окремих зонах.

В об'єкті, розділеному на зони, при переході з однієї зони в іншу відбувається обмеження пікових значень перенапруг, що виникають в інсталяціях низької напруги, та імпульсів електромагнітного поля до рівнів, допустимих для даної зони. У прийнятих позначеннях зони з найбільшим ризиком позначено **0A** і **0B**. Наступні зони позначаються відповідними номерами (**1, 2, 3, ...**). Чим вищий номер зони, тим нижче значення допустимих рівнів імпульсних перешкод.

Технічні пристрої, призначені для роботи в даній зоні, рекомендовано підбирати таким чином, щоб їх стійкість до імпульсів була більшою порівняно з допустимими піковими величинами імпульсів, які можуть виникнути в розглянутій зоні.

Правильно спроектована і виконана блискавкозахисна інсталяція та інсталяція від перенапруг повинна також обмежувати різницю потенціалів інсталяцій, що входять до об'єкта, і забезпечувати вирівнювання потенціалів всередині об'єкта. Завдяки цьому навіть у разі прямого попадання блискавки в об'єкт потенціал усіх інсталяцій буде зростати до значень, відповідних зростанню потенціалу заземлювальної системи, і різниця потенціалів всередині об'єкта не виникне.

Загальні принципи поділу об'єкта на зони і місця розміщення елементів і захисних пристроїв наведено на рисунку:



Згідно із **зонною концепцією захисту**, представленою в стандарті ІЕС 62305-2010, визначено зони блискавкозахисту з точки зору прямого і непрямого впливу блискавки:

Зона 0А – зона зовнішнього середовища об'єкта, всі точки якої можуть зазнавати прямого удару блискавки і впливу електромагнітного поля, що виникає при цьому.

Зона 0В – зона зовнішнього середовища об'єкта, точки якого не зазнають прямого удару блискавки, оскільки знаходяться в просторі, захищеному зовнішньою блискавкозахисною системою. Однак у цій зоні діє повне електромагнітне поле.

Зона 1 – внутрішня зона об'єкта, точки якої не зазнають прямого удару блискавки. У цій зоні струми у всіх струмопровідних частинах мають значно менше значення порівняно із зонами 0А і 0В. Електромагнітне поле також є зменшеним порівняно з зонами 0А і 0В завдяки екрануючим властивостям будівельних конструкцій.

Інші зони (2, 3 тощо) встановлюються в разі, якщо необхідне подальше зниження струму і/або ослаблення електромагнітного поля; вимоги до параметрів зон визначаються відповідно до вимог із захисту різних зон об'єкта (із збільшенням номера захисної зони зменшуються рівень впливу електромагнітного поля і відповідне йому значення можливого струму блискавки). На межах розділу окремих зон необхідно забезпечувати захисне послідовне з'єднання всіх металевих частин для вирівнювання захисного потенціалу із забезпеченням періодичного контролю.

Стандартом ІЕС 62305-2010 встановлено відповідні чотири рівні надійного захисту (I - IV), для яких визначено максимальні і мінімальні параметри струму блискавки, наведені в таблицях А і Б:

Таблиця А. Максимальні значення параметрів блискавки відповідно до рівня блискавкозахисту

Перший короткий імпульс струму			Рівень блискавкозахисту			
Параметри струму	Символ	Одиниці виміру	I	II	III	IV
Пікове значення струму	I	кА	200	150	100	
Електричний заряд короткого імпульсу струму	$Q_{\text{коротк}}$	Кл	100	75	50	
Питома енергія	W/R	МДж/Ом	10	5,6	2,5	
Параметри часу	T_1/T_2	мкс/мкс	10 / 350			
Наступний імпульс струму			Рівень блискавкозахисту			
Пікове значення струму	I	кА	50	37,5	25	
Середня крутизна	di/dt	кА/мкс	200	150	100	
Параметри часу	T_1/T_2	мкс/мкс	0,25 / 100			
Тривалий удар			Рівень блискавкозахисту			
Електричний заряд тривалого імпульсу струму	$Q_{\text{длит}}$	Кл	200	150	100	
Параметри часу	$T_{\text{длит}}$	с	0,5			
Удар			Рівень блискавкозахисту			
Електричний заряд блискавки	$Q_{\text{молн}}$	Кл	300	225	150	

Таблиця Б. Мінімальні значення параметрів блискавки і пов'язаний з ними радіус сфери, що котиться, залежно від рівнів блискавкозахисту

Перший короткий імпульс струму			Рівень блискавкозахисту			
Параметри струму	Умовне позначення	Одиниці виміру	I	II	III	IV
Мінімальний піковий струм	I	кА	3	5	10	16
Радіус сфери, що котиться	r	м	20	30	45	60

Стандартом встановлено також ймовірності для обмежень параметрів струму блискавки

Ймовірність того, що параметри струму блискавки	Рівень блискавкозахисту			
	I	II	III	IV
є меншими максимальних значень, зазначених у таблиці А	0,99	0,98	0,97	0,97
є більшими мінімальних значень, зазначених у таблиці Б	0,99	0,97	0,91	0,84

Захисні заходи, установлені за ІЕС 62305-3, ІЕС 62305-4, є ефективними у відношенні впливу блискавки, параметри струму якої знаходяться в межах, визначених відповідними рівнями блискавкозахисту. Тому ефективність норм захисту приймається такою що відповідає ймовірності, з якою параметри струму блискавки знаходяться в межах цього діапазону.

Способи утворення зв'язків на межах розділів між зонами, принципи розміщення обладнання, забезпечення його екранування, а також методи розрахунків наведено в четвертій частині стандарту ІЕС 62305-2010.

Практичні дані про поліпшення умов захисту електронних систем в будинках і спорудах від електромагнітного імпульсу, який утворюється внаслідок грозових розрядів, наведено в додатку **В** стандарту ІЕС 62305-4. Отримання додаткової інформації про поліпшення мір захисту від електромагнітного імпульсу наведено в розділі «Електроустановки низьковольтні. Захист в цілях безпеки. Захист від різких відхилень напруги і електромагнітних перешкод» стандарту ІЕС 60364-4-44.

1.3. Вимоги стандартів МЕК до пристроїв захисту від імпульсних перенапруг, їх класифікація та основні параметри.

Згідно з визначенням, наведеним у стандарті МЕК 61643-1 «Обмежувач перенапруг (ОПН) – це пристрій, який призначено для обмеження перехідних перенапруг і відведення імпульсів струму. Пристрій містить, принаймні, один нелінійний елемент». За основу бази для створення пристроїв захисту від імпульсних перенапруг (ПЗП), як правило, використовують розрядники різноманітних типів з урахуванням технічних вимог до них, визначених МЕК 62305, частина 4.

Для гарантованого захисту об'єкта від перенапруг, що виникають у разі стікання струмів блискавки на заземлювальний пристрій, або в разі виникнення хвилі струму з боку живильної мережі (у разі віддаленого удару в неї блискавки), «зоною концепцією» передбачено триступеневу схему дії захисних пристроїв.

Захист внутрішніх систем від імпульсних перенапруг вимагає системного підходу, який полягає в сукупності ретельно вибраних пристроїв захисту від імпульсних перенапруг, скоординованих і встановлених для зниження рівня перешкод в електричних і електронних системах.

Основний підхід до координування ОПН визначено стандартом ІЕС 62305-4 з урахуванням значних відмінностей між електронними системами і їх характеристиками (аналогові або цифрові, постійний або змінний струм, висока або низька частота). Вибір і встановлення скоординованих пристроїв захисту від перенапруг здійснюється відповідно до вимог стандартів ІЕС 61643-1 «Пристрої захисту від перенапруг низьковольтні» і ІЕС 60364-5-53 «Вибір і монтаж електричного обладнання».

Основні класи пристроїв захисту від перенапруг для низьковольтних силових розподільчих мереж, методики їх випробувань і принципи застосування викладено в серії стандартів ІЕС 61643, а саме – у стандарті ІЕС 61643-11:2011 «Пристрої захисту від перенапруг низьковольтні. Пристрої захисту від перенапруг, приєднані до низьковольтних енергорозподільних систем. Вимоги та методи випробувань».

Для ОПН, використовуваних у низьковольтних розподільчих мережах, визначено три класи випробувань.

Пристрої, що підлягають випробуванням **класу I**, рекомендовано, як правило, для об'єктів у місцях інтенсивних впливів, наприклад, вводу лінії електропередавання в будівлю із системою блискавкозахисту.

ОПН, що підлягають випробуванням **класу II або III**, піддаються впливу імпульсів меншої тривалості. Як правило, ці пристрої рекомендовано для об'єктів, розрахованих на менші рівні впливів блискавки. Усі три класи випробувань не є уніфікованими і встановлюються національними нормативними документами країни з визначенням, за необхідності, спеціальних вимог.

Залежно від проведених випробувань ОПН присвоюється відповідний клас:

- тип 1 – ОПН, випробувані за класом I;
- тип 2 – ОПН, випробувані за класом II;
- тип 3 – ОПН, випробувані за класом III.

Згідно з вимогами серії стандартів ІЕС 62305 встановлено основні вимоги до ОПН різних класів наведено у таблиці:

Вимоги до обмежувачів перенапруг різних класів

Клас пристрою	Призначення пристрою
I (A і B)	Призначені для захисту від прямих ударів блискавки в систему БЗС будівлі (об'єкта) або ЛЕП. Встановлюються на ввіді в будівлю, у головному розподільному щиті (категорія B) або на ЛЕП (категорія A). Нормуються імпульсним струмом з тривалістю фронту напівспаду імпульсу 10/ 350 мкс (кат. B) і 8/ 20 мкс (кат. A).

II(C)	Призначені для захисту розподільної мережі об'єкта від комутаційних впливів або як другий рівень захисту) при ударі блискавки. Встановлюються в розподільні щити. Нормуються імпульсним струмом із тривалістю фронту часом напівспаду імпульсу 8/ 20 мкс.
III (D)	Призначені для захисту споживачів від залишкових стрибків напруги, захисту від диференціальних (несиметричних) перенапруг (наприклад, між фазою і нульовим робочим провідником у системі TN-S), фільтрації високочастотних перешкод. Установлюються безпосередньо біля споживача. Можуть мати найрізноманітнішу конструкцію (у вигляді розеток, мережних вилок, окремих модулів для встановлення на DIN-рейку або навісному монтажі). Нормуються імпульсним струмом із тривалістю фронту напівспаду імпульсу 8/ 20 мкс.

Виходячи з оцінки ризику прямого удару блискавки або можливих рівнів наведеної напруги віддаленим розрядом, необхідно вибрати тип захисних пристроїв і відповідну схему їх встановлення.

Необхідність захисту від грозових перенапруг залежить від:

- інтенсивності ударів блискавки у відповідному місці. У країнах ЄС таку статистику проектувальник отримує за допомогою автоматизованої системи визначення місця удару блискавки. Дані системи складаються з великої кількості датчиків єдиної контрольної мережі, розміщених по всій території країн Європи. Інформація від датчиків у реальному часі надходить на контролюючі сервери і за допомогою спеціального пароля доступна для отримання через Інтернет;

- оцінки рівня вразливості самої електроустановки, наприклад, підземні системи електроживлення вважаються менш вразливими, ніж повітряні;

- вартості обладнання, підключеного до електроустановки, що захищається, оскільки це може стати важливим критерієм ускладнення схеми захисту і навпаки.

Норми щодо встановлення грозозахисних розрядників наведено в стандарті МЕК 61643-12 «Пристрої захисту від перенапруг, приєднані до низьковольтних енергорозподільних систем. Принципи вибору та застосування».

Якщо установка живиться від повітряної лінії або включає в себе таку лінію, необхідно передбачати влаштування захисту від атмосферних перенапруг згідно із відповідними стандартами:

- МЕК 60038 Обладнання, що потребує спеціального захисту;
- МЕК 60364-4-443 Електроустановки низьковольтні. Частина 4-44. Захист в цілях безпеки. Захист від різких відхилень напруги і електромагнітних перешкод;
- МЕК 60364-5-534 Вибір і впровадження електроустаткування (описано умови монтажу грозозахисних розрядників залежно від системи заземлення).

2. Впровадження систем блискавкозахисту в окремих зарубіжних країнах.

Об'єктами грозозахисту в електроенергетиці є будівлі і споруди електричних станцій, підстанцій, розподільчих пристроїв, повітряних ліній електропередавання,

кабельних підходів, обертових електричних машин тощо. Основними способами грозозахисту є стрижневі й тросові громовідводи, розрядники, ОПН різних конструкцій і підвищення рівня ізоляції електрообладнання і ліній електропередавання.

Захист від грозових перенапруг РУ і ПС здійснюється: від прямих ударів блискавки – стрижневими і тросовими окремо стоячими блискавковідводами, що мають відокремлені заземлювачі або використовують окремі елементи конструкцій; від хвиль перенапруг, що набігають з фідерних ліній електропередавання – блискавковідводами від прямих ударів блискавки на певній довжині цих ліній, захисними апаратами, установленими на підходах і в РУ, до яких відносяться розрядники вентильні (РВ), розрядники трубчасті (РТ), захисні іскрові проміжки (ІП), обмежувачі перенапруг нелінійні (ОПН), а також розрядники довгоіскрові (РДІ), розрядники мультикамерні (РМК) і ізолятори-розрядники мультикамерні (ІРМК).

Як правило, вимоги до захисту від блискавки РП і ПС від прямих ударів блискавки встановлюються залежно від рівнів напруги, одиничної потужності РП і ПС, кількості трансформаторів, числа грозових годин у році, питомого опору землі в грозовій зоні. При цьому вимоги до встановлення грозозахисту, і зокрема до грозоприймачів, струмовідводів, заземлення і їх сполук для закритих ПУ і ПС встановлюються залежно від матеріалу покриття покрівлі. Встановлюються також вимоги до захисту від блискавки при вводах у закриті РП і ПС. Як правило, Правила і Норми, які використовуються при проектуванні блискавкозахисту, містять рекомендації щодо улаштування систем блискавкозахисту і використання елементів конструкцій будівель і споруд в якості блискавковідводів, а також використання стрижньових або тросових блискавковідводів на відкритій частині РУ і ПС залежно від конструктивних рішень підходів ПЛ до ВРУ і ПС, розташування обладнання, місця встановлення РВ або ОПН, як приєднаних безпосередньо до проводів, так і через повітряні проміжки. Нормативами встановлюються вимоги до заземлювального пристрою блискавкозахисту, у тому числі до значення опору заземлювачів і перетину блискавкоприймачів і струмопроводів.

Національними та міжнародними нормативами встановлюються відповідні вимоги до вибору РВ і ОПН. При цьому РВ і ОПН рекомендується вибирати з урахуванням координат їх захисних характеристик з ізоляцією обладнання, що захищається, відповідності робочої напруги найбільшій робочій напрузі мережі з урахуванням вищих гармонік і нерівномірності розподілу напруги по поверхні, а також допустимих підвищень напруги протягом часу дії резервних релейних захистів при однофазному замиканні на землю, при односторонньому включенні лінії або перехідному резонансі на вищих гармоніках. Допустимі відстані між РВ або ОПН і захищуваним обладнанням від дії грози визначаються виходячи з національних або міжнародних нормативів, числа ліній і розрядників, включених у нормальний режим роботи найбільшої допустимої відстані від ВР до захищеного устаткування різних рівнів напруг, конструкції опор, розташування проводів і потужності трансформаторів, приєднаних до відгалуження.

Захист від внутрішніх перенапруг РУ і ПС здійснюється з урахуванням застосування різних схем мережі (наприклад, схеми з ізольованою нейтраллю для мереж 3–35 кВ, заземленою через резистор або дугогасний реактор, з компенсацією ємнісного струму однофазного замикання), частоти і ймовірності аварійних режимів тощо. Обмотки трансформаторів (автотрансформаторів) захищають від комутаційних перенапруг за допомогою РВ або ОПН відповідно до національних стандартів та міжнародних нормативних документів.

Експлуатація мережевих об'єктів вимагає надійної системи захисту від грозових перенапруг відповідно до прийнятих національних стандартів і нормативів з використанням сучасних технічних засобів.

У **розподільчих мережах** через низьку міцність ізоляція схильна до перекриття як від перенапруг при прямих ударах блискавки, так і від індуктованих перенапруг, які наводяться при розряді блискавки поблизу лінії. Надійність електропостачання споживачів залежить від ефективності грозозахисних заходів, вибраних відповідно до діючих національних нормативів.

Із метою обмеження небезпечних для обладнання комутаційних перенапруг застосовуються РВ або ОПН, електромагнітні трансформатори напруги або інші пристрої, а також поєднання їх із заходами щодо обмеження тривалих підвищень напруги (установлення шунтуючих і компенсаційних реакторів, схемні заходи, системна і протиаварійна автоматика).

У мережах напругою 330, 500 і 750 кВ заходи з обмеження тривалих підвищень напруги і внутрішніх перенапруг передбачають залежно від схеми мережі, кількості ліній і трансформаторів. Необхідність обмеження квазіусталених і внутрішніх перенапруг і параметрів засобів захисту від них, визначає шляхом розрахунку можливих перенапруг відповідно до національних методик.

Комутаційні перенапруги на шинах ПС 330, 500 і 750 кВ обмежують залежно від рівня ізоляції обладнання, а для РУ 110–500 кВ передбачають технічні рішення, що унеможливають появу ферорезонансних перенапруг, які виникають при послідовних включеннях електромагнітних трансформаторів напруги та ємнісних дільників напруги вимикачів.

Установлення грозозахисних тросів – це традиційний спосіб зниження числа грозових вимкнень ПЛ високої напруги. Грозозахисний трос застосовують в основному на ЛЕП 110 кВ і вище.

Ефективність тросозахисту безпосередньо залежить від рівня ізоляції ПЛ і величини опору заземлення опори. На розподільних ПЛ через порівняно низький рівень їх ізоляції встановлення тросозахисту для мінімізації наслідків прямих ударів блискавки недоцільно.

Недолік блискавкозахисту з використання троса полягає в тому, що він захищає ЛЕП лише від прямих ударів блискавки, але не захищає від перенапруги при ударі блискавки як в трос, так і поблизу ЛЕП.

Для мереж напругою 150–220 кВ в ряді країн використовується метод підвищення рівня ізоляції гірлянди підвіски проводів шляхом установлення додаткових ізоляторів. Розрахунки показали, що такий спосіб захисту від перекриття шляхом установки одного додаткового ізолятора дозволяє знизити

кількість відключень приблизно на 10%. Однак, такий спосіб підвищення грозоупорності вже діючої лінії електропередавання технічно складний і економічно недоцільний.

Для вирішення цієї проблеми у 80-ті рр. XX століття для захисту ПЛ від перенапруг було розроблено нелінійні обмежувачі перенапруг, які мають нелінійну характеристику опору, що дозволяє знижувати рівень напруженості на ЛЕП від дії блискавки і таким чином захищати її від перенапруги. ОПН знайшли застосування для захисту ЛЕП і підстанцій у багатьох країнах. Існують два типи ОПН: без іскрового проміжку – ОПН-Л і з зовнішнім іскровим проміжком – ОПН-ЛІ.

Сьогодні у багатьох зарубіжних країнах у розподільчих мережах використовуються **захищені проводи**. Повітряні лінії із захищеними проводами (ПЛЗ) мають відчутні експлуатаційно-технічні переваги перед ПЛ з неізолюваними проводами щодо меншої пошкоджуваності, надійності електропостачання споживачів, безпеки, матеріаломісткості, габаритів, але вимагають спеціального вирішення питання їх грозозахисту.

З початку 1950-х рр. захищені провода стали застосовуватися у Франції. Пізніше захищені провода почали впроваджувати у Швеції, Фінляндії, Італії та інших країнах.

Особливістю проблеми грозозахисту ПЛЗ є те, що в разі відсутності спеціальних заходів захисту при грозовому перекритті ізолятора лінії, супроводжуваному пробоем твердої ізоляції проводу, утворювана дуга промислової частоти не має можливості переміщатися по проводу і горить в місці пробоем ізоляції до моменту відключення лінії. Це призводить до випалу ізоляції проводу, ізолятора лінії, а в разі великих струмів КЗ – до перепалу проводів. Тому заходи щодо запобігання перепалу проводу стають головною умовою, що визначає необхідність обов'язкового застосування тих чи інших грозозахисних заходів, зокрема, встановлення захисних пристроїв, захисних тросів, довгоіскрових розрядників, часткове зачищення ізоляції проводів тощо.

У багатьох країнах для захисту від перепалу проводів розроблено спеціальні пристрої, зокрема, пристрої для зачищення ізоляції проводів, встановлення спеціальних металевих дугозахисних затискачів тощо.

Особливості грозозахисту як розподільних мереж, так і ліній електропередавання високої напруги в окремих зарубіжних країнах наведено нижче.

В **Японії** практично всі розподільні ВЛ забезпечено тросами. Найбільш застосовуваний спосіб блискавкозахисту – встановлення ОПН (нерідко в поєднанні з тросом), що дозволяє захистити лінію як від прямого удару блискавки, так і від перенапруги, викликані дією блискавки. На дволанцюговій ПЛ ОПН розташовуються по-різному: на трьох фазах одного ланцюга (97,07%), на всіх шести фазах двох ланцюгів (2,58%), на двох фазах одного ланцюга (0,35%), на одній з шести фаз (всього два пристрої).

Щорічно в країні встановлюється близько 7000 комплектів таких пристроїв. Аналіз експлуатованих ПЛ з підвісними ОПН в Японії показав істотне підвищення їх надійності. Так, на ПЛ з ОПН в кожній фазі вимикань одночасно двох ланцюгів не спостерігалось, в 60% випадків відбувалися вимикання лише одного ланцюга. На

ПЛ, не оснащених підвісними ОПН, у 60% випадків мали місце вимикання двох ланцюгів, в інших – одного ланцюга.

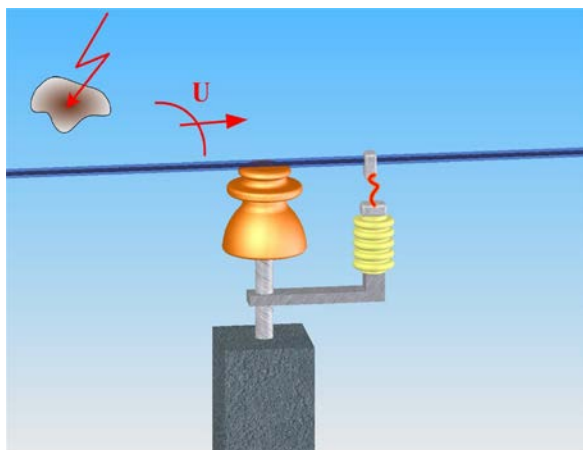
На рисунку показано опору ЛЕП з пристроєм ОПН-Л.



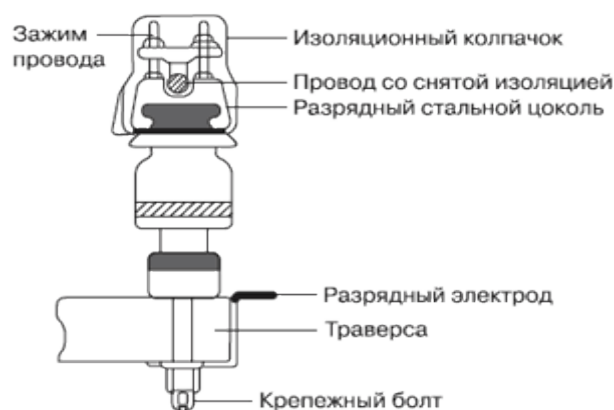
Пристрій ОПН-Л на лінії 800 кВ в Японії

Особливо широке застосування для грозозахисту повітряних ліній отримали ОПН в розподільних мережах Японії, де прийнято рішення про заміну всіх голих проводів розподільчих ПЛ на захищені і діють жорсткі вимоги щодо надійності електропостачання споживачів. При установленні ОПН, розрахованих на грозовий струм 2,5 кА, паралельно кожному ізолятору ПЛЗ з підключенням їх до проводу через іскровий проміжок, вони ефективно запобігають дуговим замиканням та відключенням лінії при індукованих перенапругах. Однак, при прямому ударі блискавки в провід вони пошкоджуються і підлягають заміні.

Японські дослідники запропонували метод захисту від пошкоджень захищених проводів, запровадивши спеціальні пристрої з іскровим проміжком.



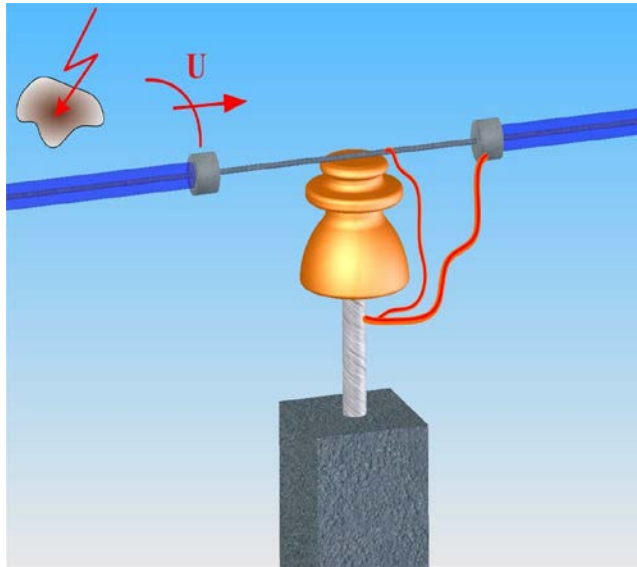
Японська система захисту проводів від перепалу, ОПН з іскровим проміжком



Ізолятор з розрядним проміжком, розроблений в Японії

У **США** системи ОПН-Л знаходять все більшого застосування на всіх класах напруги. Вибір захисних тросів і ОПН визначено вимогами в стандарті США - IEEE Std. 1410-1997.

Американська система захисту проводів від перепалу полягає в тому, що в місці кріплення проводу до ізолятора ізоляція знімається на певній ділянці, на кінцях якої встановлюються дугові затиски. При цьому, дуга переміщається до затискачів з наступним переходом її на заземлену частину опори лінії.



Американська система захисту проводів ПЛЗ від перепалу

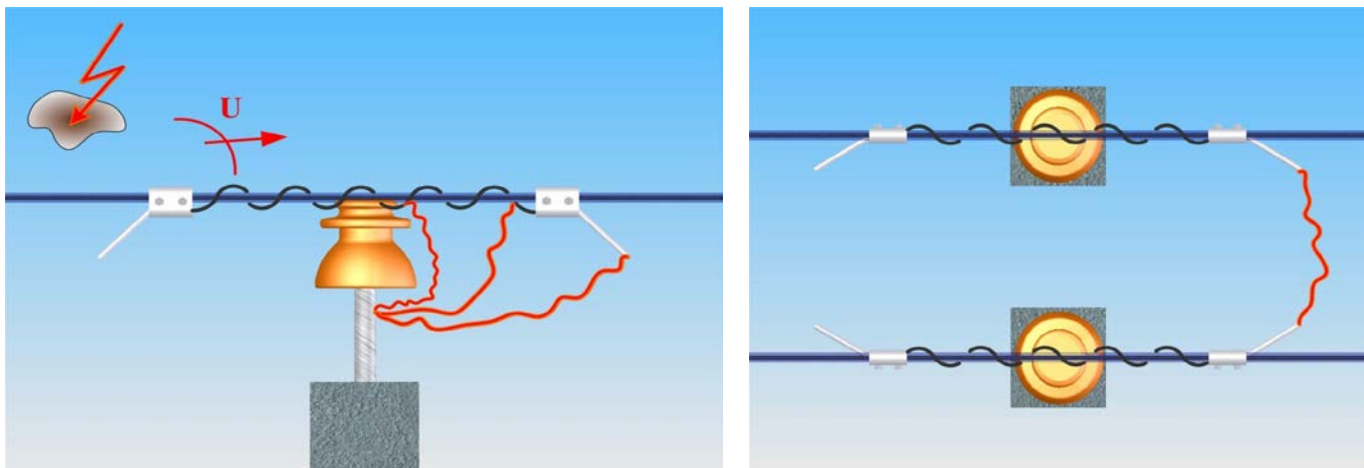
У **Бразилії** для підвищення надійності ПЛ класів напруги до 230 кВ, де 50–70% усіх пошкоджень відбулося через грозові перенапруги, до 2006 р. було встановлено понад 2500 апаратів ОПН-Л.

У **Франції** обмежувачі ОПН-Л розміщуються на ПЛ 63–90 кВ, що проходять поблизу місць перебування людей (парки, ігрові майданчики). Захисні апарати встановлюються на кожній опорі.

Перехід на захищені проводи у Франції дозволив знизити річну кількість пошкоджень ПЛ з 10 разів на 100 км (ПЛ з неізольованими проводами) до 2,5 раза для ПЛ із захищеними проводами.

В енергосистемі **Румунії** для захисту ЛЕП від ударів блискавки для опор ліній передавання напругою 110, 220 і 400 кВ застосовуються спеціальні розрядники Protecta*Lite. Досвід застосування захисних розрядників на лінії 400 кВ Брашов – Гутінас став типовим національним рішенням для всіх ЛЕП з високою імовірністю аварійних грозових вимкнень. Зокрема, на ділянці довжиною 125 км, розташованій у гірській місцевості, було встановлено 36 блоків розрядників Protecta*Lite. Слід відмітити, що тривалість дії розрядника менша від уставки спрацьовування релейного захисту. В енергетиці країни також знайшли застосування ОПН-Л.

У **Фінляндії** для захисту від перепалу проводів запроваджено спосіб відведення дуги на спеціальні «роги», які встановлюються на кінцях ділянки проводу зі знятою ізоляцію.



Фінська система захисту проводів від перепалу. Дугозахисні «роги»

На оголеній ділянці навколо проводу встановлюється сталеві спіраль, а на кінцях оголеної ділянки – дугозахисні «роги». Дуга має виходити на кінець «рогів» і замикатися на сусідню фазу (двофазне К.З.). У процесі дуговідведення відбувається інтенсивне обгорання «рогів». Це вимагає їх періодичної заміни, що є істотним недоліком цієї системи, від застосування якої в ряді країн відмовилися, в тому числі в Росії.

У Фінляндії також розроблено і широко застосовується дугозахисний затиск конструкція, якого потребує зачищення проводу лише всередині затиску. Така система отримала назву SAX.



Конструкція дугогасного затиску, розробленого у Фінляндії

В енергосистемі **Китаю** також широко застосовуються захисні апарати ОПН, зокрема, ці апарати встановлено на кожній опорі ПЛ 132 і ПЛ 400 кВ, розташованих переважно на пагорбах. Національними рекомендаціями частоту їх встановлення на кожній ПЛ визначають залежно від необхідного рівня надійності захисту.

У **Росії** широко використовуються різні пристрої блискавкозахисту – такі як стержневі і тросові системи, розрядники різних типів, ОПН. Також набирають темпів впровадження нові (російського розроблення) пристрої, такі як довго-іскрові

розрядники (РДІ), мультикамерні розрядники (РМК), а також ізолятори-розрядники мультикамерні (ІМРК) і гірлянди, що комплектуються з них (ГІМРК).

Апарати ОПН широко застосовуються при грозозахисті ПС і ЛЕП. Наприклад, на одній з двоколових ЛЕП грозіві перенапруги призводили до одночасного вимкнення двох ланцюгів в середньому 1–2 рази на рік. Після оснащення такої лінії апаратами ОПН-Л на «проблемних» ділянках протягом чотирьох років з моменту встановлення апаратів не було зафіксовано ні грозових вимкнень, ні пошкоджених ОПН.

Широке застосування в електромережах напругою 6-10 кВ знайшли РДІ, дія якого базується на принципі відведення іскрового перекриття з ізолятора лінії на тіло розрядника, що дозволяє «розтягнути» дугу і полегшити її гасіння, а також зменшити середній градієнт робочої напруги впродовж каналу грозового перекриття.

Розрядники РМК і ІМРК прості за конструкцією і базуються, як і РДІ, на принципі відведення іскрового перекриття від ізолятора і складаються з мультикамерної системи, склопластикового стрижня і вузла кріплення розрядника до арматури ізолятора. Розрядник встановлюється на металевий стрижень ізолятора з іскровим проміжком 3–6 см між верхнім кінцем розрядника і універсальним затискачем на проводі ПЛ. Застосовується для ЛЕП напругою 6-20 кВ.

Особлива відмінність між ІМРК і РМК полягає в тому, що мультикамерна система встановлюється по периметру кромки ізолятора, а в місці кріплення ізолятора встановлено електрод, на який і переходить розряд блискавки. Гірлянди із ІМРК мають назву ГІМРК. Так, для ПЛ 35 кВ така гірлянда складається із 3, для ПЛ 110 – із 7, для 220 кВ – із 14 ГІРМК.

Порівняння різних засобів блискавкозахисту. Ефект від застосування грозозахисного троса для захисту від прямих ударів блискавки розподільних ПЛ невисокий і ускладнюється особливо в місцях з високим питомим опором ґрунту.

Застосування троса вимагає значних витрат. Однак, застосування тросу дозволяє зменшувати індуковані перенапруги на таких лініях.

Використання ОПН дозволяє захистити лінію від індукованих перенапруг, проте слід враховувати можливість пошкодження ОПН при прямих ударах блискавки і необхідність їх своєчасної заміни для відновлення грозоупорності лінії. Незважаючи на сучасні технології виробництва ОПН, кількість пошкоджень ОПН досягає 5%, і тому експлуатаційне обслуговування обмежувачів перенапруг з урахуванням заміни тих, що вийшли з ладу, і їх діагностики буде дуже витратним.

Використання РДІ є ефективним способом запобігання дуговим замиканням струмами промислової частоти, але цей засіб доцільно застосовувати тільки в розподільній мережі із ізольованою нейтраллю. Для розподільної мережі з заземленою нейтраллю довжина РДІ буде значною і вартість його значно зросте.

Розрядники РМК та ІРМК, за існуючих істотних переваг, поки на знайшли широкого застосування. В Росії для їх запровадження підготовлено відповідні нормативні документи, в тому числі і рекомендації ФСК «ЄЕС».

Що ж стосується ПЛЗ, то для їх блискавкозахисту застосовуються різні засоби і способи, порівняння яких наведено в таблиці:

Способи зниження числа пошкоджень захищених проводів та їх порівняння

Средство	Функция	Стоимость	Применение		Эффект	Обслуживание
			Старые линии	Новые линии		
Грозозащитный трос	Перехват прямого разряда молнии, уменьшение индуктированного перенапряжения	Высокая	Трудно	Легко	Средний	Нет
ОПН	Поглощение энергии молнии и ограничение грозового перенапряжения	Высокая	Трудно	Легко	Высокий	Очень частое
ОПН с защитным тросом	Поглощение энергии молнии и ограничение грозового перенапряжения, уменьшение количества повреждений разрядников	Очень высокая	Трудно	Легко	Очень высокий	Частое
РДИ	Увеличение пути разряда, устранение горения дуги	Низкая	Легко	Легко	Высокий	Практически нет
Частичное увеличение толщины изоляции	Увеличение пути разряда, устранение горения дуги	Высокая	Очень тяжело	Тяжело	Средний	Нет
Применение изоляторов с высоким разрядным напряжением перекрытия	Увеличение допустимого импульсного уровня и сокращение числа грозовых перекрытий	Низкая	Невозможно	Легко	Средний	Нет
Изоляционная система с каскадным соединением элементов	Сокращение повреждений главной линии за счет наличия мест со слабой изоляцией	Средняя	Невозможно	Вероятно	Высокий	Среднее
Изоляторы с искровыми промежутками	Способствование возможности горения дуги и недопущение повреждения провода	Высокая	Трудно	Легко	Высокий	Нет
Применение нового усиленного защищенного провода	Увеличение дугостойкости провода	Высокая	Невозможно	Легко	Средний	Нечастое
Частичная зачистка изоляции и установка зажима	Способствование возможности горения дуги и недопущение повреждения провода	Низкая	Трудно	Трудно	Высокий	Практически не требуется

Джерело: ОАО «Стример».

Із таблиці видно, що найбільш ефективним способом зниження числа пошкоджень проводів є застосування пристроїв РДІ.

3. Створення та впровадження активних систем блискавкозахисту.

Активні, або ESE-блискавковідводи (з англійської – «рання стримерна емісія»), відносяться до зовнішнього блискавкозахисту. Відповідно до інформації виробників вони мають конструкцію, що забезпечує винятково ранній упереджувальний розвиток зустрічного лідера, який перехоплює блискавку на більш дальній від об'єкта відстані.

У сімдесятих роках 20 століття активні блискавковідводи будували на основі використання радіоактивного випромінювання. Потім для створення іонізованого каналу повітря стали використовувати електронні пристрої, що активізуються в передгрозовий період від зміни напруженості зовнішнього електричного поля за частки секунди до розряду блискавки. У результаті цього в блискавкоприймачі виникає коронний розряд, що створює зустрічний іонізуючий канал для розряду блискавки на блискавковідвід, збільшуючи таким чином ефективну висоту блискавкоприймача та, відповідно, розширюючи його захисну зону.

Іншими словами, **коли напруженість електричного поля між грозовою хмарою та поверхнею землі досягає критичного значення й розряд блискавки**

стає неминучим, назустріч спадному лідерові стартує зустрічний, висхідний лідер.

У числі переваг активних блискавкоприймачів зарубіжні експерти виділяють надійність, розширену зону захисту, простоту при монтажі та мінімальне втручання в архітектурний вигляд будинку. У результаті (з урахуванням заявленого радіуса захисної зони й скорочення витрат на матеріали та монтаж) більш висока вартість пристрою повертається економією.

Батьківщиною активних систем блискавкозахисту є Франція. Основний нормативний документ на їхнє застосування – це національний стандарт NFC 17-102. Використання ESE-блискавкоприймачів передбачене також стандартами ряду інших країн: IMRA 2426 (Аргентина), MKS N.B4 810 (Македонія), NP 4426 (Португалія), I-20 (Румунія), JUS N.B4.810 (Сербія), STN 34 1391 (Словаччина), UNE 21186 (Іспанія), STR 2.01.06:2003 (Литва), а також територіальними містобудівними нормами Свердловської області Росії – ТГН 34.210-301-2008.

Відповідно до вимог французького стандарту NFC 17-102 кожний блискавковідвід із системою попереджувальної стрімерної емісії має пройти серію лабораторних випробувань високою напругою для визначення упередження за часом його спрацьовування порівняно із звичайними стрижневими блискавковідводами. Незалежні випробування блискавковідводів виконуються в лабораторіях на території Франції (на базі лабораторії французької енергетичної компанії EDF у м. Ренардьєре та лабораторії Седіве у м. Базі), а також в Університеті Лувена (Бельгія), ГідроНДІ «IREQ» (м. Квебек, Канада) і Корейському інституті досліджень у сфері енергетики «KERI» (Південна Корея).

Монтаж пристрою, регламентований стандартом NFC 17-102, вимагає дотримання ряду правил, що охоплюють усі типи будівель:

- висота розташування наконечника над будівлею, що захищається, має бути понад 2 м;
- якщо висота будівель є меншою ніж 28 м, то використовують один вертикальний провідник, при цьому довжина його горизонтальної проекції не має перевищувати вертикальну довжину;
- опір системи заземлення має бути меншим 10 Ом.

Сьогодні на ринку пропонуються системи активного блискавкозахисту французького виробництва – «Galactive», «Duval-Messien», «Indelec», польського – «Громостар», американського – «ERITECH», турецького – «Forend» тощо. Починаючи з 2011 р. компанія ABB почала випускати активні системи блискавкозахисту – Pulsar та OPR.

Система активного блискавкозахисту має і прихильників і супротивників. Дискусії щодо ефективності ESE-блискавковідводів, на жаль, мають не тільки технічне, але й економічне підґрунтя. Наприклад, у Німеччині два великих виробники пасивного блискавкозахисту виступають за обмеження застосування активної системи, яка через простоту монтажу й більш низьку вартість може посунути пасивну. У той же час у Фінляндії, Чехії, Польщі, Франції, Литві, Казахстані тривають роботи з розширення застосування активного блискавкозахисту.

У **Казахстані** «Інжинірингова компанія «Казгіпронафтотранс» виконала аналіз новітніх розробок світових лідерів у системі блискавкозахисту і в результаті запропонувала для впровадження в країні нову сучасну активну систему блискавкозахисту, що використовує ранню стримерну емісію блискавкового провідника. Науково-дослідний центр пожежної безпеки та цивільної оборони МНС Казахстану під час проведення лабораторних випробувань (протокол випробувань №24 від 12.02.2001р.) визнав ефективність дії активної системи блискавкозахисту в кілька разів вищою від ефективності звичайних традиційних штирьових блискавковідводів за рахунок додаткової ініціації верхнього лідера та як наслідок збільшення радіуса зони захисту даного об'єкта.

З огляду на актуальність впровадження нової системи блискавкозахисту в країні було розроблено нові будівельні норми СН РК 2.04-29-2005 «Інструкція щодо облаштування блискавкозахисту будинків і споруд» замість РД 34.21.122-87 і введено в дію на території Республіки Казахстан з 1 січня 2006 р. (інструкція не поширюється на проектування та установлення блискавкозахисту ліній електропередавання, електричної частини електростанцій і підстанцій, контактних мереж, радіо- і телевізійних антен, телеграфних, телефонних і радіотрансляційних ліній).

У Росії у 2003 р. активний блискавкоприймач (модель М-200) розроблено воронезькими вченими з фірми «Космос-Нафта-Газ». Конструкція приладу така сама, що й у французьких виробників: усередині – автономний генератор імпульсів, зовні – герметичний захисний корпус. Приймач уловлює лідера, що з'являється та відправляє відповідний потік енергії. Радіус захисної зони російського активного блискавкоприймача також близько 120 м. Модель М-200 пройшла випробування в центрі високовольтного електроустаткування Всеросійського енергетичного інституту, у центрі щодо досліджень електромагнітних і механічних впливів у Петербурзі, а також у Московському енергетичному інституті з відповідним документальним підтвердженням дієздатності системи.

Тим часом наукове співтовариство Росії оцінює роботу активних блискавкоприймачів неоднозначно. Так, завідувач лабораторією блискавкозахисту Енергетичного НДІ ім. Г. М. Кржижановського професор Едуард Базелян вважає, що випробування в лабораторіях не є коректними, а досвіду експлуатації поки недостатньо.

Єдиний регіон Росії, де ESE-технологію визнано на регіональному рівні, – це Свердловська область. Там прийнято відповідні територіальні містобудівні норми, що регламентують технічні вимоги до активного блискавкозахисту «Молниезащита зданий, сооружений, открытых площадок и промышленных коммуникаций системами с упреждающей стримерной эмиссией. Технические требования. Проектирование, технология устройства и техническая эксплуатация ТГН 34.21-301-2008». Також виробники та імпортери окремих моделей блискавкозахисту нового покоління одержали схвалення «Ростехнадзора» та страхових компаній, що працюють на території Росії, які готові надавати знижки на поліси для власників будинків, оснащених активними приймачами.

У США Національна асоціація протипожежного захисту (NFPA) не дала своєї згоди на розроблення проекту американського ESE-стандарту (NFPA781), запропонованого виробниками активних блискавкоприймачів.

Понад двадцять років проводяться дослідження в Малайзії. У цій країні тривалий грозовий період – близько 250 днів на рік, що дозволило зібрати велику кількість даних (не на користь ESE-технології) про роботу активних блискавкоприймачів.

Разом з тим наукові розробки в світовій практиці блискавкозахисту тривають. Так, компанія ABB пропонує нову технологію та устаткування для системи активного блискавкозахисту, що за їх інформацією є більш ефективною від традиційної. Компанія ABB представила дві серії нових пристроїв для зовнішнього блискавкозахисту: активні блискавкоприймачі Pulsar і OPR, які виробляються у Франції. Інноваційні пристрої від ABB випереджають удар блискавки на 60 мікросекунд. Завдяки застосуванню їхньої технології попереджувального створення зустрічного лідера новинки в п'ять разів є ефективнішими від традиційних систем блискавкозахисту.

Результати досліджень лабораторій компанії ABB показали, що виграш за часом створення штучного лідера порівняно зі звичайним металевим блискавкоприймачем дозволяє збільшувати радіус захисту до 120 м.

За твердженням фахівців ABB, активні блискавкоприймачі Pulsar і OPR можна встановлювати на будь-які об'єкти. З огляду на більший радіус захисту на одну споруду буде потрібно на порядок менше пристроїв, ніж звичайних громовідводів.

Через неоднорідність поглядів на систему ESE-блискавковідводів проектувальникам необхідно, з урахуванням техніко-економічних розрахунків для кожного об'єкта, вибирати ту систему блискавкозахисту, надійність якої була б достатньою, а вартість – виправданою.

4. Зарубіжна практика програмного забезпечення комплексного аналізу ризику ураження блискавкою та електромагнітних наведень.

Сучасні методики грозозахисту включають в себе велику кількість розрахунків для визначення впливу на кінцевий результат системи захисту від прямих ударів блискавки. Для великих проектів похибка у вигляді людського фактора може мати значний вплив на грозозахист об'єктів, що захищаються, тому сучасні компанії, що займаються грозозахистом, використовують програмне забезпечення для планування всіх аспектів будівництва та розрахунку систем блискавкозахисту. Це програмне забезпечення враховує вимоги нормативних документів залежно від країни використання програми чи її окремої локалізації.

Німецькою компанією DEHN + SÖHNE – одним з лідерів у сфері комплексного захисту від впливу розрядів блискавок – розроблено спеціалізоване програмне забезпечення «**DEHNsupport**», яке використовується в країнах Євросоюзу.

Враховуючи значні обсяги чинного міжнародного стандарту для аналізу ризику, вирішити подібне завдання дуже складно, оскільки проектувальнику

доводиться оперувати досить великою кількістю даних. Для оперативного вирішення цих завдань використовується DEHNSupport.

Загальноєвропейського визнання програма зазнала за рахунок найточніших та найактуальних методик розрахунку блискавкозахисту, під час розроблення яких використовувались основні європейські стандарти, такі як:

- Основна серія стандартів МЕК - ІЕС 62305 (1–4 частини).
- BS EN 50164-1:2008: Lightning protection components (LPC). Requirements for connection components. (Система блискавкозахисту. Вимоги до під'єднання системи).
- EN 50164-2/VDE0185 Part 202 Lightning Protection Components. Part 2: Requirements for conductors and earth electrodes. (Система блискавкозахисту. Частина 2: Вимоги до провідників та заземлення).

У країнах Європи на основі цих стандартів створено їх ідентичні або локалізовані версії.

«**DEHNSupport Toolbox**» – це програмне забезпечення для проектування систем блискавкозахисту, призначене для проектування систем блискавкозахисту з метою визначення захисних заходів від розрядів блискавки та імпульсних перенапруг. Програма ґрунтується на вимогах міжнародного стандарту щодо блискавкозахисту EN 62305. Версія програми доступна на декількох мовах і в ній враховано вимоги національних стандартів відповідних країн.

Програмне забезпечення містить такі розрахункові програми:

- **DEHN Risk Tool:** Аналіз ризику згідно з EN 62305-2. Аналіз потенційного ризику для будівельної споруди дозволить вибирати економічно оптимальні заходи захисту з урахуванням наявних особливостей споруди та умов її експлуатації;

- **DEHN Distance Tool:** Розрахунок безпечної відстані згідно з EN 62305-3 (за методом вузлових потенціалів). Моделювання будівлі відбувається в тривимірному просторі 3D, за допомогою цієї програми автоматично розраховуються безпечні відстані, що економить час і трудовитрати користувача;

- **DEHN Air-Termination Tool:** Визначення довжини блискавкоприймальних стрижнів згідно з EN 62305-3. За допомогою цієї програми розраховується захист покрівельних надбудов, можна розраховувати довжину блискавкоприймачів залежно від категорії системи блискавкозахисту;

- **DEHN Earthing Tool:** Розрахунок довжини заземлювачів: у разі визначення необхідної довжини заземлювачів важливими чинниками є тип заземлювального стрижня і питомий опір ґрунту.

Програми дозволяють оцінювати ризик ураження блискавкою об'єкта, а також людей, які перебувають на об'єкті, та встановленого обладнання. Для цього проектувальнику достатньо ввести інформацію про будівлю (розміри, розташування відносно інших споруд, наявність або відсутність системи зовнішнього блискавкозахисту), характеристики входних ліній і комунікацій і вибрати чинники ризику, які в цьому разі треба приймати до уваги.

У результаті на екрані монітора відображаються чисельні значення ризику для різних складових і його сумарна величина. Вибираючи різні заходи у сфері

блискавкозахисту, можна домогтися того, щоб сумарний ризик був меншим від допустимого для даної споруди.

Компанія **CSoft** є найбільшим російським системним інтегратором у сфері систем автоматизованого проектування (САПР), технологічної підготовки виробництва (ТПВ), документообігу та геоінформаційних систем (ГІС).

Велика частина рішень компанії базується на унікальному поєднанні світових і національних розробок, що представляються російською компанією Consistent Software Distribution – офіційним дистриб'ютором понад 60 провідних світових компаній-розробників програмного забезпечення для систем автоматизованого проектування.

Сьогодні компанія пропонує власні методики обстеження організацій і впровадження проектно-конструкторських і технологічних рішень, досвід створення стандартів у галузі САПР та документообігу, спеціалізовані рішення, а саме:

- програмний комплекс «**Model Studio CS ЛЕП**», призначений для розрахунку і випуску комплекту документів, що створюються при проектуванні повітряних ліній електропередавання всіх класів напруг (0,4–750 кВ), волоко-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) типів оптичних самонесучих діелектричних кабелів (ОКСН) і оптичних кабелів, розміщених у грозотросів (ОКГТ) на стадіях будівництва, реконструкції та ремонту. Програмний комплекс розроблено на основі положень чинної нормативно-технічної документації та повністю відповідає вимогам ПУЕ-7. Під час його розроблення використовувалися сучасні технології, що дозволило зробити комплекс інтерактивним, простим і зручним у використанні.

- програмний комплекс «**Model Studio CS Блискавкозахист**» призначено для розрахунку і тривимірного інтерактивного проектування блискавкозахисту будівель, споруд і відкритих територій. Спроектовано і створено в Росії колективом фахівців, що мають досвід роботи як на російському, так і на світовому ринку. Документація, сформована за допомогою цього програмного комплексу, повністю відповідає вимогам російських державних і галузевих стандартів.

Програмне забезпечення «**Model Studio CS Блискавкозахист**» дозволяє вирішувати такі завдання:

- компоновочне рішення об'єкта, що вимагає блискавкозахисту;
- розрахунок та автоматизована побудова зон блискавкозахисту відповідно до таких нормативних документів:
 - СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных предприятий;
 - РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений (совместный расчет двойных стреевых молниеприемников в одной модели. Задается опционально);
 - СТО Газпром 2-1.11-170-2007 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и коммуникаций ОАО «ГАЗПРОМ»;
 - РД-91.020.00-КТН-276-07 Нормы проектирования молниезащиты объектов магистральных нефтепроводов и коммуникаций ОАО «АК «ТРАНСНЕФТЬ» и дочерних акционерных обществ;
 - ДСТУ Б В.2.5-38:2008 Устройство молниезащиты зданий и сооружений;

- побудова горизонтального перерізу зон блискавкозахисту на заданій висоті;
- формування і випуск повного комплексу проектної документації – креслення, перетини, розрізи;
- таблична проектна документація у форматах MS Word, MS Excel, AutoCAD, адаптована під стандарт проектної організації – з рамками, штампами, емблемами тощо;
- інтеграція з програмним комплексом для інформаційної підтримки процесів будівництва та експлуатації промислових об'єктів.

У програму «Model Studio CS Блискавкозахист» вбудовано базу даних обладнання, виробів і матеріалів, вона не вимагає виклику додаткових програм. База даних може працювати як у локальному режимі на робочому місці користувача, так і в режимі загального доступу на сервері. Оновлення бази здійснюється через Інтернет шляхом підключення до сервера розробника, де користувач може вибрати необхідне або нове обладнання і скопіювати його на сервер своєї проектної організації.

Програмою «Model Studio CS Блискавкозахист» передбачено тривимірне проектування і розрахунок блискавкозахисту. У разі розміщення блискавкоприймача, взятого з бази даних або створеного за допомогою спеціалізованої команди, зона блискавкозахисту автоматично будується за правилами, сформульованим у відповідних нормативних документах.

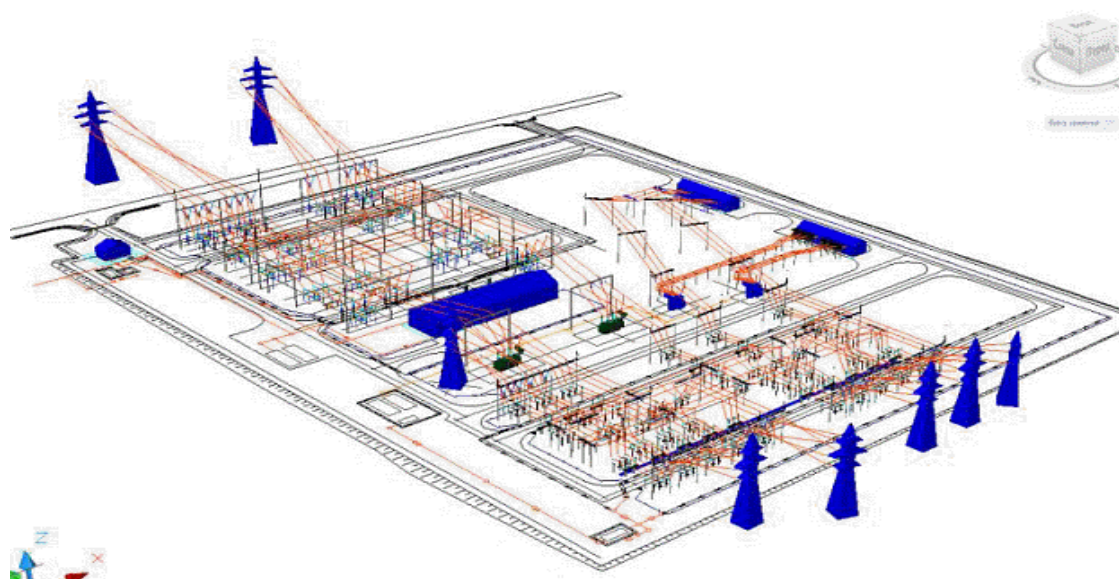
Змінити методику розрахунку, що означає автоматично перебудувати зону, можна на будь-якому етапі – це дозволяє за найкоротший час перевірити всі можливі варіанти з вибором найбільш ефективного. При додаванні в креслення другого і наступних стрижневих блискавкоприймачів програмний комплекс самостійно визначає тип взаємодії між ними, тобто будує зони для одиночного, подвійного або багаторазового стрижневого блискавкоприймача.

Аналогічне рішення приймається щодо тросових блискавкоприймачів: розрахунок і побудова зон здійснюється для одиночного, подвійного або замкнутого тросового блискавкоприймача. Виконується також розрахунок стріли провисання троса з урахуванням механічних його характеристик умов грозового та ожеледно-вітрового режимів для конкретної місцевості.

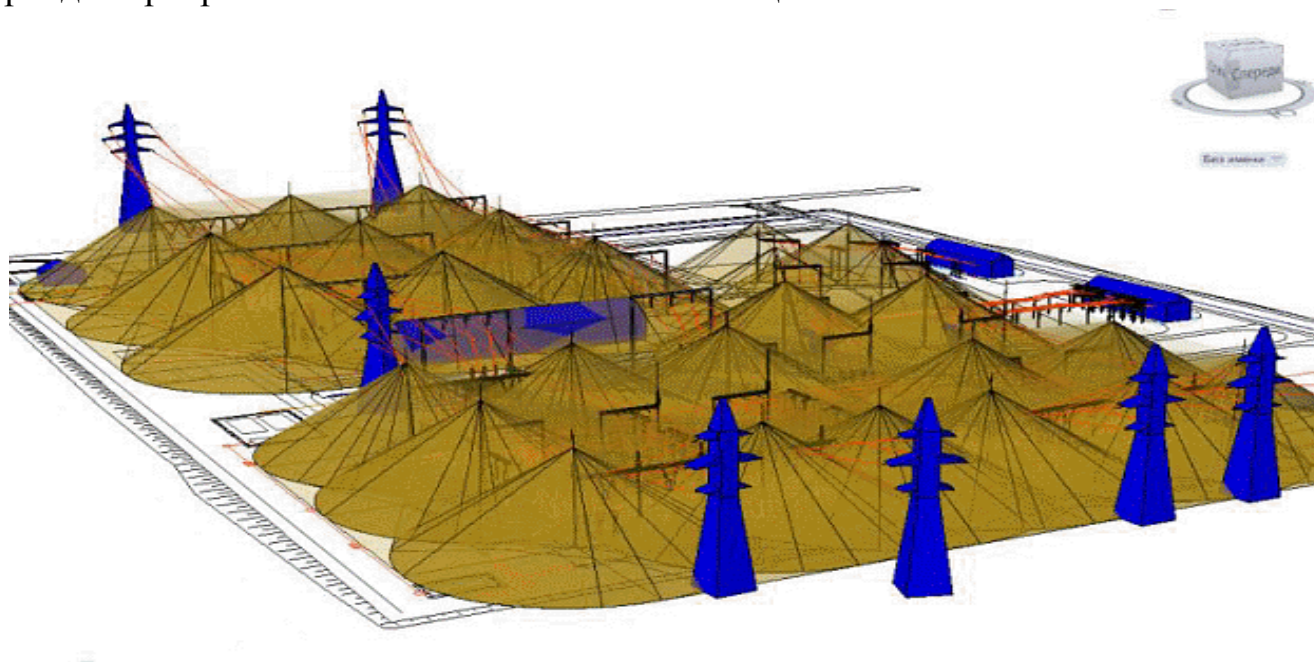
Вибір зон захисту програмою виконується в суворій відповідності до положень відповідних чинних норм і стандартів, що підтверджено сертифікатом відповідності ГОСТ Р № РОСС RU.СП15.Н00231.

Оскільки всі програми Model Studio CS реалізовано на єдиній платформі, проект об'єкта, що захищається, не обов'язково виконувати з нуля. Так, за наявності готового проекту ОРУ підстанції, розробленого в «Model Studio CS Открытое распределительное устройство», для розрахунку закриття всієї підстанції зоною блискавкозахисту достатньо вказати блискавкоприймачі на порталах і, за необхідності, додатково встановити приймачі, розміщені окремо від інших.

Проект одного з ВРП, реалізований у програмі «Model Studio CS. Открытое распределительное устройство»:



Програма автоматично виконує проект блискавкозахисту цього ж ВРП у розділі програми «Model Studio CS. Молниезащита»:



Програмний комплекс «Model Studio CS Молниезащита» пропонує два режими проектування: 2D і 3D.

Мета проектування блискавкозахисту – з необхідною надійністю захистити об'єкт від прямих ударів блискавки. Щоб перевірити і підтвердити відповідність цій вимозі, використовуються горизонтальні перетини зон захисту, виконані на певній висоті (частіше використовується найвища споруда об'єкта). За необхідності можна отримати окремі креслення горизонтального перерізу зони захисту на будь-якій заданій висоті.

На ринку України також представлено програмні продукти компанії DEHN + SÖHNE, зокрема адаптований аналог програмних комплексів представляє компанія АТ «Аркада».

У лютому 2009 р. до складу регіональних відділень компанії CSoft увійшло представництво в промисловому центрі України – місті Дніпропетровську.

5. Зарубіжний досвід впровадження систем грозопеленгації, створення технічних засобів контролю та їх попередження.

Достовірна характеристика інтенсивності грозової діяльності є однією з основних умов, необхідною для успішного прогнозування та надійності грозозахисту об'єктів і цілих територій. Карти грозової активності потребують періодичного оновлення відповідно до рівня технічного оснащення центрів гідрогеологічного обслуговування.

Згідно з основними положеннями блискавкозахисту очікувана кількість ударів блискавки істотно залежить від географічного місця розташування. За оцінкою страхової компанії WindPro (США), високий ступінь грозоактивності спостерігається в США, особливо в Штаті Техас. Великі збитки приносить грозоактивність в Японії.

У рамках світової програми досліджень щодо безпечної експлуатації вітроелектричних установок (ВЕУ) виявлено закономірність: найчастіше ураження розрядами блискавки ВЕУ на території Євросоюзу відбувається на півночі Німеччини і в Альпах. Із розвитком вітроенергетики розміри і потужності ВЕУ збільшуються, що робить їх все більш уразливими до ударів блискавки. Вітропарки, розташовані на морських акваторіях, також знаходяться в зоні підвищеного ризику.

Британська фірма EA Technology намагається вирішити проблему захисту від блискавок більш «профілактичним» методом, а саме – системою попередньої «локації» грозової активності. Створена система передбачає можливе встановлення місця виникнення розрядів блискавки за дві години, даючи операторам ВЕУ можливість заздалегідь зупинити свої установки для відвернення ураження.

Впровадження системи попередньої грозопеленгації належить до проблеми створення сучасних технічних засобів контролю з визначення місця розрядів блискавки. Такі засоби життєво необхідні в ряді сфер діяльності людини: експлуатації потенційно важливих та особливо пожежо та вибухонебезпечних об'єктів, під час обслуговування ЛЕП, у метеорологічному забезпеченні польотів цивільної авіації, у лісовому господарстві тощо.

Завдання вивчення впливу грозових проявів на інженерні споруди пов'язане з проблемами національної та особистої безпеки.

Впровадження системи грозопеленгації сприяє вирішенню таких завдань:

- уточненню середніх багаторічних показників інтенсивності гроз для розрахунку питомого числа відключень ліній, спричинених грозовою активністю;
- визначенню інтенсивності грозової діяльності в даний період часу або в поточному сезоні для діагностики причин аварій;

- завчасному попередженню про початок та закінчення грози по трасі проходження ПЛ, у тому числі для повідомлення і мобілізації ремонтних бригад, можливого регулювання перетоків електроенергії;
- отриманню конкретних даних про час, місце і параметри удару блискавки для ідентифікації аварій на ПЛ через грози;
- зупиненню ВЕС у разі наближення грозового фронту для попередження пошкодження обладнання;
- більш точному оцінюванню параметрів блискавки для обґрунтованого вибору засобів захисту;
- зупиненню вітроелектростанцій у разі наближення грозового фронту для попередження пошкодження обладнання;
- виявленню територій з аномально високою інтенсивністю грозової діяльності для оптимізації прокладання траси ПЛ;
- визначенню місць і ділянок ПЛ, що найчастіше уражаються блискавкою;
- установленню ефективності засобів блискавкозахисту.

Для вирішення в першу чергу прикладних завдань на певний момент часу широкої популярності набуває метод пасивної радіолокації грозових осередків – супутниковий моніторинг гроз. Це поповнюваний в реальному часі банк даних на основі автоматизованої системи фіксації моментів ударів блискавок у землю. Систематизація даних дозволяє оцінювати розбіг грозової активності за часовою і територіальною ознаками.

Національна система метеорологічних радіолокаторів (МРЛ), що покриває всю територію США, активно використовує численні системи вимірювань параметрів атмосфери. Зокрема, Національна система грозопеленгації охоплює всю Північну Америку (<http://radar.weather.gov>). На їх основі США організовано супутниковий моніторинг грозової активності по всій планеті.

В даний час в системах попередження грозонебезпеки поряд з радіолокаційними методами широко використовуються пасивні методи дальнометрії і пеленгації, з яких найкращі показники мають системи з територіальними пунктами визначення місця розрядів блискавки. Провідними країнами в цій галузі є США (система NLDN), Японія (LDAR) і країни Західної Європи (SAFIR), в яких впроваджено такі системи практично по всій території. Ці ефективні автоматизовані системи мають високу чутливість реєстрації та точне визначення місця грозового розряду. На їх основі створюється on-line моніторинг природних явищ (http://webflash.ess.washington.edu/TOGA_network_global_maps.htm). Поряд зі стандартними прогнозними картами провідних центрів США та Англії, таких як Вашингтон, Редінг та Брекнелл, передбачаються альтернативні варіанти прогнозних карт оригінального дизайну.

Один з найбільш доступних у наш час варіантів отримання метеоінформації пов'язано з використанням міжнародної комп'ютерної мережі Інтернет. Незважаючи на велику кількість слайдів, схем і моделей виділяються 2 найбільш популярні системи: ECMWF (Європейський Центр глобальних прогнозів погоди) і GFS (середньостроковий прогноз, карти і подвійні дані з кроком 3 години, <http://www.weatheronline.co.uk>).

Для країн Балтійського регіону створено проект BALTRAD шляхом розширення існуючої радарної мережі, яка об'єднує національні метеослужби Фінляндії, Данії, Швеції, Естонії, Латвії, Польщі, Росії та Білорусі, що діють на основі сучасної мережі МРЛ і працюють в реальному часі.

Своєчасне виявлення і локалізація розрядів блискавки має важливе економічне значення для грозозахисту об'єктів інфраструктури та своєчасного проведення ремонтних робіт після їх пошкодження розрядом блискавки.

У рамках Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО) Світовий метеорологічний центр у Москві, функції якого виконують Гідрометцентр Росії, ГОЦ Росгідромету і Авіаметтелеком Росгідромету, є одним з трьох Світових метеорологічних центрів ВМО (центри у Вашингтоні і Мельбурні), забезпечує виконання міжнародних зобов'язань Росії щодо обміну прогностичною інформацією та даними гідрометеорологічних спостережень.

ГОЦ Росгідромет вирішує широкий спектр складних завдань у сфері оброблення гідрометеорологічних даних, моделювання і прогнозування процесів у атмосфері. Його інформація може поширюватися як через Інтернет, так і по виділених лініях зв'язку. Частина інформації доступна безкоштовно, ряд даних надається у відповідності з договорами щодо обслуговування та експлуатації даної системи (<http://www.meteoinfo.ru/sm-forc-maps>).

Служба ГОЦ Росгідромет надає таку інформацію:

- карти зон, що зазнали грозової активності;
- таблиця з найменуванням об'єктів, у зоні яких виявлено розряди блискавки;
- віддаленість розряду блискавки від об'єкта;
- дата і точний час реєстрації розряду блискавки;
- географічні координати розряду блискавки;
- тривалість розряду блискавки;
- амплітуда розряду блискавки;
- сила струму в стовбурі розряду блискавки.

У роботі системи застосовуються серійні прилади – грозодальноміри, що дозволяють також реєструвати грозові осередки і визначати відстань до них.

Створення пеленгаційної мережі з грозодальномірів, систематизація та оброблення отриманих відомостей забезпечать розв'язання цілого ряду питань, що стоять перед різними відомствами в галузі блискавкозахисту об'єктів.

На території Росії у першому півріччі 2011 р. було успішно завершено впровадження двох проектів щодо створення систем грозопеленгації, спільно з компаніями Vaisala і GS Group (представляє новітні технології). Провідна міжнародна компанія Vaisala є світовим лідером у сфері екологічного моніторингу та відповідних промислових вимірювань, постачальником прогресивних технологічних рішень для підприємств; розробляє електронні вимірювальні системи, обладнання метеорологічного призначення та програмне забезпечення для збору та зберігання даних про грозорозряди, а також відповідні інструменти для проведення досліджень та аналізу.

Перший проект, виконаний ВАТ НВО «Стример» спільно з ВАТ «ФСК ЄЕС» розширює можливості грозозахисту лінії електропередавання 220 кВ Цимлянська

ГЕС – Шахти-30 в Ростовській області де період грозової активності є найдовшим у країні (близько восьми місяців на рік). Поряд з широким застосуванням фірмових розрядників для ЛЕП, замовник отримує можливість раннього попередження про грозову активність в регіоні. Сучасна автоматизована система фірми Vaisala надає в реальному часі точну інформацію про місце і час грозового розряду в двомірному відображенні, що в свою чергу дозволяє скорочувати до мінімуму майнові втрати і особливо втрати людських життів у грозоактивному регіоні Російської федерації.

Після вибору розташування дослідних майданчиків фірма GS Group працювала в тісному співробітництві з фірмою Vaisala і представниками замовника. Спеціалістами НВО «Стример» встановлено датчики, проведено калібрування антен і налагоджено мережеві зв'язки. Створення системи було завершено в червні 2011 р., з організацією передавання інформації на центральний процесор, розташований в офісі ВАТ «ФСК ЄЕС» у Москві.

Другий проект було розпочато задовго до першого, але через різні обставини його було завершено лише в червні 2011 р. Систему з чотирьох датчиків територіально розміщено в Волоколамську, Каширі, Наро-Фомінську, Електроуглі. Усі майданчики для розміщення датчиків було обрано за сприяння Росгідромету на території існуючих метеостанцій. Монтажні роботи було виконано при тісному співробітництві фірм GS Group і Vaisala та ГОЦ Росгідромету.

Крім науково-прикладних цілей, московська система грозопеленгації Vaisala дозволяє Росгідромету виконувати функції моніторингу та оповіщення про грозову активність у московському регіоні, насиченому високотехнологічними і енергоємними підприємствами, такими як енергетика, аеропорти, залізниці, телебачення та зв'язок, із високою точністю.

Функціонування системи грозопеленгації засноване на реєстрації електромагнітного випромінювання, яке супроводжує розряди блискавок. Фірмою «ОРГРЕС» доопрацьовано комплекс технічних засобів для високоточного визначення електромагнітних імпульсів. Розраховано також алгоритм отримання даних у режимі реального часу і параметри синхронізації внутрішнього годинника через Глобальну навігаційну супутникову систему (ГЛОНАСС).

Випробування підтвердили ефективність розробленої системи. Вона дозволяє підвищувати надійність і керованість функціонування електричних мереж, діагностувати причини аварій, завчасно попереджувати про початок і закінчення грози по трасі проходження високовольтних ліній. За допомогою цієї системи можна отримати точні дані про можливі місця розрядів блискавки для попередження аварій на ПЛ.

Система ГЛОНАСС є російським аналогом американської Системи глобального позиціонування (GPS); крім американської навігаційної системи існує ще ряд подібних проектів – у Європі – це Galileo, у Китаї – Compass, в Англії – UKMO тощо.

Примітка. Відповідно до розпорядження президента РФ від 18 лютого 1999 р. систему ГЛОНАСС віднесено до космічної техніки подвійного призначення, застосовуваної в наукових, соціально економічних цілях, в інтересах оборони і безпеки РФ.

Розгортання ГЛОНАСС почалося в жовтні 1982 р. 24 вересня 1993 р. систему було офіційно прийнято в експлуатацію. Вже в 1995 р. працювали всі 24 супутники, передбачені проектом ГЛОНАСС. Однак розвал СРСР і недолік фінансування призвели систему до занепаду. До 2001 р. на орбіті залишалося менше десятка супутників. Після прийняття в тому ж самому році федеральної цільової програми «Глобальна навігаційна система» систему ГЛОНАСС стали відновлювати.

До 2010 р. загальне число функціонуючих супутників глобальної навігаційної супутникової системи досягло 22.

У 2011 р. на орбіту було виведено шість супутників ГЛОНАСС. Орбітальне угруповання не тільки досягло повного складу – 24, але й має тепер резервні супутники. Наявність 24 функціонуючих на орбіті супутників ГЛОНАСС, що транслюють навігаційний сигнал, дозволяє забезпечувати безперервну навігацію по всій території Землі.

Доступ до цивільних навігаційних сигналів системи ГЛОНАСС надається російським та іноземним споживачам на безоплатній основі та без обмежень.

У 2011 р. точність системи ГЛОНАСС становила близько 4,5 м. Найближчим часом вона зросте від 2,5 до 2,8 м, а після переведення в робочий стан двох супутників з корекції сигналу системи «Луч» точність навігаційного сигналу ГЛОНАСС зросте до 1 м.

Компанією Vaisala розроблено **інноваційне програмне забезпечення «Vaisala FALLS® 5.0»** для виявлення місця можливої появи грозового розряду та аналізу очікуваних пошкоджень. Програма використовується електроенергетичними компаніями для запиту даних про можливі грозові розряди через систему ГІС (географічна інформаційна система). Енергокомпанії використовують отримані дані для аналізу рівнів впливу грозових розрядів і блискавок на свої енергетичні об'єкти і системи шляхом побудови карт, графіків та статистичних таблиць.

Зазначене програмне забезпечення дозволяє здійснювати збір статистичних даних щодо кількості або величини грозових розрядів, які враховуються при проектуванні, а також дає можливість оцінювати загрози розрядів блискавки для ліній електропередавання або для окремих її ділянок. Близько 80% електроенергетичних компаній у 15 країнах світу використовують програмне забезпечення Vaisala FALLS.

Нова інформаційна система грозової активності Vaisala дозволяє з високим рівнем точності визначати місця можливого розташування і характеристик удару блискавки. Конфігурація загальних грозових розрядів підвищує якість інформації про фактичну погоду з прогнозом на період до 2 год. шляхом ранньої ідентифікації небезпечної конвекційної погоди, а також за рахунок більш швидкого і точного відстеження процесу розвитку грози, її інтенсивності та рівня розсіювання.

Програма аналізу грозових розрядів «Vaisala Lightning Explorer» – це безкоштовна онлайн-карта грозових розрядів, доступ до якої здійснюється через

web-браузер. На цій карті зазначаються переміщення гроз і активність блискавки, зареєстровані протягом 30-хвилинного періоду часу над територією, контрольованою замовником. Дані щодо активності блискавки оновлюються кожні півгодини.

Аналіз зарубіжного досвіду дозволяє робити висновок про економічну доцільність впровадження системи грозопеленгації. Економічний ефект при цьому досягається за рахунок більш раціонального розміщення на високовольних ЛЕП грозозахисних засобів, зокрема, ОПН. Такі обмежувачі при наявності системи грозопеленгації можна встановлювати на опорах ПЛ тільки на небезпечній ділянці. Крім того, запобігання аварії або її швидка локалізація шляхом оперативного корегування схеми електропостачання в умовах дії активних грозових розрядів в зоні проходження режимних ЛЕП, також сприятиме підвищенню надійності електропостачання.

За даними науково-дослідного інституту електроенергетики США, атомна електростанція Grand Gulf за 11 років ефективного використання погодної інформації заощадила понад 11 млн дол. за рахунок попередження можливих аварійних ситуацій, спричинених ударами блискавки. Енергетична компанія Consolidated Edison Company of New York (Con Edison), ґрунтуючись на даних системи грозопеленгації, скоротила в середньому на 68 хв стан підвищеної готовності персоналу під час кожного грозового періоду, і лише за рахунок упередженого реагування їй вдалося за один рік заощадити понад 4 тис. дол.

6. Росія. Системи та методи грозозахисту.

Щорічно економічні втрати від небезпечних погодних явищ у електромережевому комплексі Росії становлять понад 5 млрд руб.



Джерело інформації: ООО «Стример».

За експертною оцінкою в країні на електромережі протяжністю 100 км у середньому за сезон потрапляє до 50 розрядів блискавки. До відключень і аварій

частіше призводять не прямі удари блискавок, а перенапруги в мережах, викликані грозовими розрядами. Аварійні відключення повітряних ліній напругою 6, 10 кВ через грозові перенапруги становлять до 40% від загального числа їх відключень.

Карти грозової активності в Росії, на яких базуються розрахунки, пристрої блискавкового захисту об'єктів, у тому числі електроенергетики, застаріли і потребують суттєвого оновлення.

Виявлення та локалізацію блискавкових розрядів, які становлять небезпеку для наземних об'єктів, здійснює Служба моніторингу грозових ситуацій в Росії, яка реєструє блискавки виду «хмара-земля». Служба надає інформацію у вигляді карт зон, що зазнали грозової активності, таблиць із найменуваннями об'єктів, в зоні яких виявлено блискавкові розряди, віддаленості блискавкового розряду від об'єкта, а також тривалість, амплітуду, силу струму в стовбурі, дату і точний час реєстрації блискавкового розряду.

У кінці травня 2011 р. в Росії було успішно завершено два проекти із створення систем грозопеленгації (стор. 32-33).

Вимоги до пристроїв блискавкозахисту, до їх проектування, виготовлення, монтажу, випробувань та експлуатації відображено в низці нормативних документів, в яких викладено основні принципи побудови систем блискавкозахисту об'єктів громадського та промислового призначення, у тому числі й електроенергетики. До таких документів належать ГОСТи, Правила улаштування електроустановок (ПУЕ), різного виду інструкції, рекомендації, методики, затверджені міжвідомчими і відомчими установами, органами місцевого самоврядування, а також окремими організаціями.

Основними **нормативними документами** в електроенергетиці сьогодні є Правила улаштування електроустановок, де відображено основні вимоги і норми щодо впровадження пристроїв блискавкозахисту електроенергетичних об'єктів. В галузі продовжують діяти РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений» та затверджена наказом Міністерства енергетики Росії від 30.06.2003 р. № 280 і наказом ВАТ РАО «ЄЕС Росії» СО-153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» (далі Інструкція).

Інструкція давала змогу спроектувати систему блискавкозахисту таким чином, щоб у достатній мірі захистити об'єкт від первинних проявів блискавки: прямих блискавкових ударів, перекриттів тощо. Але питання захисту мікропроцесорної апаратури і кабельних ліній від вторинних проявів блискавкових ударів розглядалися недостатньо.

Інструкція поширюється на всі види будівель, споруд та промислові комунікації незалежно від відомчої належності та форми власності і призначена для використання під час розроблення проектів, будівництва, експлуатації, а також реконструкції будівель, споруд і промислових комунікацій. Установлено, що в разі, коли вимоги галузевих нормативних документів є більш жорсткими, ніж в Інструкції, під час розроблення систем блискавкозахисту рекомендується виконувати вимоги галузевих нормативних документів.

Інструкція містить принципи і приклади класифікації будівель і споруд по влаштуванню блискавкозахисту і ділить об'єкти на звичайні та спеціальні. Відповідно до Інструкції електростанції віднесено до спеціальних об'єктів. Для звичайних об'єктів запропоновано чотири рівні захисту з визначенням рівня надійності для кожного рівня захисту. Для спеціальних об'єктів визначено тільки діапазон рівнів надійності. Інструкція містить вимоги до засобів блискавкозахисту від прямих ударів блискавки, у тому числі до складових (блискавкоприймачів, струмовідводів, заземлювачів), у ній наводиться методика розрахунку зон захисту блискавковідводів тощо. Інструкція також містить принципи захисту від вторинних впливів розряду блискавки електричних і електронних систем з урахуванням рекомендації МЕК (стандарти МЕК 61312), зокрема здійснено поділ на зони різного ступеня захисту, вимоги до екранування об'єктів і з'єднання металевих елементів, улаштування заземлення, установа пристроїв захисту від перенапруги.

Інструкція також містить положення про захист обладнання в існуючих будинках, зокрема заходи захисту при спільному прокладанні силових кабелів і кабелів зв'язку, при їх прокладанні між будівлями, а також містить рекомендації з експлуатації, підготовки технічної документації, порядку приймання в експлуатацію та рекомендації з експлуатації пристроїв блискавкозахисту.

З прийняттям Інструкції передбачалося, що у зв'язку з тим, що в основу її покладено вимоги стандартів МЕК 61024 та ІЕС 61312 та проведено ряд уточнень, нормативи блискавкозахисту буде приведено до вимог міжнародних стандартів. Однак, враховуючи що в інструкцію СО 153-34.21.122-2003 вміщує лише окремі розділи з МЕК 61312, її було піддано жорсткій критиці. Так, в Інструкції не відображено ряд питань блискавкозахисту об'єктів, у тому числі вибухозахищених, мікропроцесорної апаратури та її ланок від перенапруг, електромагнітних полів тощо. Не знайшли відображення також ряд методичних вказівок, зокрема методика визначення мінімальної відстані від конструкцій з блискавкоприймачами до об'єктів, що захищаються, методики визначення кількості блискавкових розрядів у об'єкт залежно від його геометричних параметрів, методика визначення прийнятого значення струму блискавки, методика розрахунку зон захисту для різновисоких блискавковідводів (стрижневих, тросових) та інші питання. В Інструкції недостатньо уваги приділено способам захисту від імпульсних перенапруг за допомогою спеціальних пристроїв (ПЗП), гальванічних розв'язок, екранування ланцюгів чутливої апаратури тощо. Крім того правила побудови зон захисту, відображені в зазначених документах, розроблено тільки для одиничних і подвійних тросових і стрижньових блискавковідводів висотою до 150 м.

Згідно з роз'ясненнями Федеральної служби з екологічного, технологічного та атомного нагляду від 01.12.2004 року № 10-03-04/182 обидві Інструкції носять рекомендаційний характер і до виходу відповідного технічного регламенту їх можна рівноправно використовувати під час проектування і будівництва різних об'єктів.

ВАТ «ЭНИН» відповідно до РД 34 21 122-87 та СО 153-34.21.122-2003 розроблено спеціалізоване програмне забезпечення для розрахунку захисної дії блискавковідводів – «Программа расчета эффективности стержневых и тросовых молниеотводов статистическим методом», що дозволяє оцінювати захисну дію

блискавковідводів для об'єктів довільної форми. Програма не має принципових обмежень щодо числа, висоти та конструкції блискавковідводів для об'єктів вистою до 500 м, пройшла в установленому порядку апробацію для об'єктів різної висоти, форми та конфігурації.

Установлено, що під час використання програмних продуктів для розрахунку блискавкозахисту інофірмами необхідно підтверджувати можливість їх застосування на території РФ (експертиза) за погодженням з Ростехнаглядом РФ.

До нормативних документів, що регламентують питання улаштування блискавкозахисту відноситься також ГОСТ Р 51992-2002 (МЕК 61643-1-98, ІЕС-61643-12 (2002) «Устройство защиты от перенапряжений для систем распределения. Часть 12. Выбор и принципы применения», в якому відображено класифікацію пристроїв від перенапруг для низьковольтних електричних мереж, методики їх випробувань і принципи застосування. Стандарт ідентичний стандарту МЕК: ІЕС-61643-1 (1998) «Устройства защиты от перенапряжений для низковольтных систем распределения электроэнергии. Часть 11. Требования к эксплуатационным характеристикам и методы испытаний» (перекладено на російську мову і введено в дію).

Враховуючи зазначені недоліки з 01.12.2011 р. на території РФ наказом Федерального агентства з технічного регулювання і метрології від 30 листопада 2010 р. № 795-ст. затверджено та введено в дію нормативні документи МЕК зокрема, дві з чотирьох частин МЕК-62305: 2010:

- ГОСТ Р МЕК 62305-1 - 2010 Менеджмент ризику. Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (Ідентичний МЕК 62305-1:2010);

- ГОСТ Р МЕК 62305-2 - 2010 Менеджмент ризику. Захист від блискавки. Частина 2. Оцінка ризику (Ідентичний МЕК 62305-2:2010).

При цьому, станом на кінець 2012 р. у зв'язку з затримкою перекладу, не введено в дію третю і четверту частин МЕК-62305: 2010:

- МЕК 62305-3:2010 Захист від блискавки. Частина 3. Фізичні пошкодження будівель, споруд і небезпека для життя;

- МЕК 62305-4:2010 Захист від атмосферної електрики. Частина 4. Електричні та електронні системи всередині будівель і споруд.

Нормативними документами МЕК 62305-3:2010 визначено заходи захисту, необхідні для зменшення пошкодження будівель (споруд) і зниження небезпеки для життя і здоров'я людей, які в них перебувають.

Заходи захисту, необхідні для зниження кількості відмов електричних і електронних систем, що знаходяться в будівлях (спорудах), представлені в МЕК 62305-4:2010.

Наказом Федерального агентства з технічного регулювання і метрології (Росстандарт) 13 вересня 2011 р. № 295-ст у Росії введено в дію оновлену редакцію ГОСТ Р 51992-2011 «Устройства защиты от импульсных перенапряжений низковольтные. Часть 1. Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Технические требования и методы испытаний» замість однойменного ГОСТ Р 21992-2002 (МЕК 61643-1-98). При цьому слід зазначити, що в основу російського стандарту покладено стандарт

ІЕС 61643-1-2005 «Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Технические требования и методы испытаний» (оновлена редакція стандарту ІЕС 61643-1-2011).

Крім того з 01.07 2012 введено в дію ГОСТ Р 50571-4-44-2011 «Электроустановки низковольтные Часть 4-44. Требования по обеспечению безопасности. Защита от отклонений напряжения и электромагнитных помех» (замість стандартів із серії «Электроустановки зданий» ГОСТ Р 50571-18-2000, ГОСТ Р 50571-19-2000, ГОСТ Р 50571-20-2000).

Прийнято також рішення, що з 01.01.2013 р. вводиться в дію новий стандарт ГОСТ Р МЕК 61643-12-2011 «Устройства защиты от импульсных перенапряжений низковольтные. Часть 12. Устройства защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Принципы выбора и применения». Стандарт ідентичний стандарту МЕК ІЕС 61643-12 (2002), який замінено стандартом ІЕС 61643-12 ed 2.0 (2011).

У цілому ряді галузей і відомств РФ розроблено і прийнято внутрішні стандарти щодо блискавкозахисту, захисту обладнання від грозових перенапруг з питань електромагнітної сумісності обладнання. Зокрема:

- РД 153-34.3-35.125-99 Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений;

- Методические указания по применению ограничителей перенапряжений нелинейных в электрических сетях 6–35 кВ, утвержденные РАО «ЕЭС России».

- Методические указания по защите распределительных сетей напряжением 0,4-10 кВ от грозовых перенапряжений, які затверджені рішенням ВАТ «ФСК ЄЕС» від 30.11.2004. Зазначений документ доповнює вимоги ПУЕ, РД 153-34.3-35.125 та Методичних вказівок із застосування ОПН в мережах напругою 6–35 кВ. Зокрема, передбачено застосування розрядників довгоіскрових для захисту повітряних ліній із захищеними проводами та ПЛ, виконаних неізолюваними проводами в населеній місцевості;

- Нормы проектирования молниезащиты объектов магистральных нефтепроводов и коммуникаций ВАТ «АК «Транснефть» і дочірніх акціонерних товариств (2007 рік);

- СТО Газпром 2-1.11-170-2007 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и коммуникаций ОАО «Газпром»;

- СТО Газпром 2-1.11-290-2009 Положение по обеспечению электромагнитной совместимости производственных объектов ОАО «Газпром»;

- Защита систем железнодорожной автоматики и телемеханики от атмосферных и коммутационных перенапряжений. Характеристики импульсных воздействий на системы ЖАТ. Временные нормы (2007 год).

В основу галузевих нормативів та стандартів покладено не тільки вимоги стандартів МЕК, але й вимоги, обумовлені технологією та специфіки об'єктів, що захищаються. Як правило, вони є більш жорсткими ніж вимоги, відображені в загальноросійських і міжнародних нормативних документах.

Комплекс засобів захисту від розрядів блискавок трансформаторних підстанцій (як і будь-яких будівель і споруд) включає в себе пристрої захисту від

прямих ударів блискавки (зовнішня блискавкозахисна система) і пристрої захисту від вторинних впливів блискавки (внутрішня блискавкозахисна система).

У Росії будівлі і споруди електричних підстанцій, що мають металеві конструкції або металеву покрівлю, захищаються від прямих ударів блискавки шляхом надійного заземлення (імпульсний опір не більше 10 Ом), усі інші споруди, а також території відкритого розподільчого пристрою (ВРП) захищаються стрижневими блискавковідводами.

Сьогодні в Росії йде процес апробації та оцінки різних технологій блискавкозахисту залежно від конструкції електричних мереж, вибору матеріалу для опор ліній електропередавання, опору ґрунту в місці встановлення опор, рівня напруги мереж і обладнання підстанцій, місця розташування об'єкта блискавкозахисту тощо.

Для блискавкозахисту повітряних ЛЕП в Росії застосовуються тросовий захист, розрядники, у тому числі довго-іскрові, а також ОПН.

Тросовий захист має найбільше поширення. Розрізняються тросові системи грозозахисту за типами матеріалу тросів, способом підвішування, комбінованим використанням спільно з оптоволоконними кабелями високочастотного зв'язку тощо.

Розрядники відрізняються механізмом гасіння дуги: трубчастий розрядник, вентильний розрядник, магнітовентильний розрядник і розрядник довго-іскровий. Останній застосовується майже виключно для захисту ЛЕП.

Щодо захисту проводки й устаткування в будівлях і спорудах найкращі перспективи застосування мають вентильні і магнітовентильні розрядників. На відміну від трубчастих і довго-іскрових, вони не викидають розпечених газів у момент спрацьовування і володіють рядом переваг.

Надійність роботи ПЗП на повітряних лініях визначається якістю обмежувача напруги, що входить до його складу, і схемою його установа.

Широкого застосування в електромережах високої напруги Росії набули різні системи ОПН, які являють собою симбіоз двох полімерних конструкцій – нелінійного обмежувача напруги і лінійного полімерного ізолятора, що дозволяє поєднувати високі механічні та електричні характеристики полімерного ізолятора з високим ступенем обмеження грозових перенапруг сучасними полімерними обмежувачами перенапруг.

Сьогодні ОПН у Росії випускають багато виробників. Найбільш надійною схемою вважаються безіскрові приєднання ОПН до фазного проводу з відокремлювачем у заземлювальному ланцюгу.

Апарати ОПН використовуються також для захисту повітряних ліній напругою 6–10 кВ з ізольованим проводом.

Існують різні експертні оцінки щодо використання РДІ або ОПН замість троса на повітряних лініях. Використання РДІ або ОПН замість троса на повітряних лініях виправдано не завжди. Рекомендовано застосовувати їх в районах підвищеного ожеледоутворення і високої грозової активності, за поганої провідності ґрунтів, при недопущенні навіть короткочасної перерви в електропостачанні споживачів.

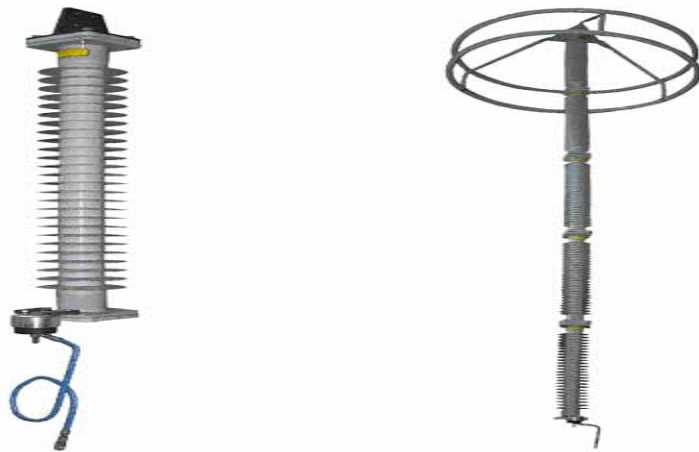


Рис. 1. ОПН-Л 110 - 500, оснащенные відокремлювачами

Лідером у розробленні і виготовленні захисних пристроїв від грозових перенапруг у Росії є НВО «Стример», у номенклатурі продукції якого є сучасні та ефективні пристрої блискавкозахисту, такі як РДІ, в тому числі РДІ петлевого, шлейфового та модульного типів, які застосовуються в основному в мережах напругою 6–10 кВ. Дослідно-промислова експлуатація РДІ почалася у 2000 р. В 2006 р. міжвідомчою комісією ОАО «ФСК ЕЭС» прийнято три нових типи РДІ 10 кВ. Принцип роботи РДІ засновано на використанні ефекту ковзного розряду, який забезпечує більшу довжину імпульсного перекриття по поверхні розрядника, і запобігає за рахунок цього переходу імпульсного перекриття в силову дугу струму промислової частоти, що забезпечує захист лінії від індукованих перенапруг, захист проводів від перепаду і відключень.

На рис. 1 і 2 наведено рекомендовані схеми установлення РДІ як петлевого типу, так і шлейфового типу на опорах зі штирьовими ізоляторами:

а) Схема встановлення РДІ петлевого типу на опорах із штировими ізоляторами:

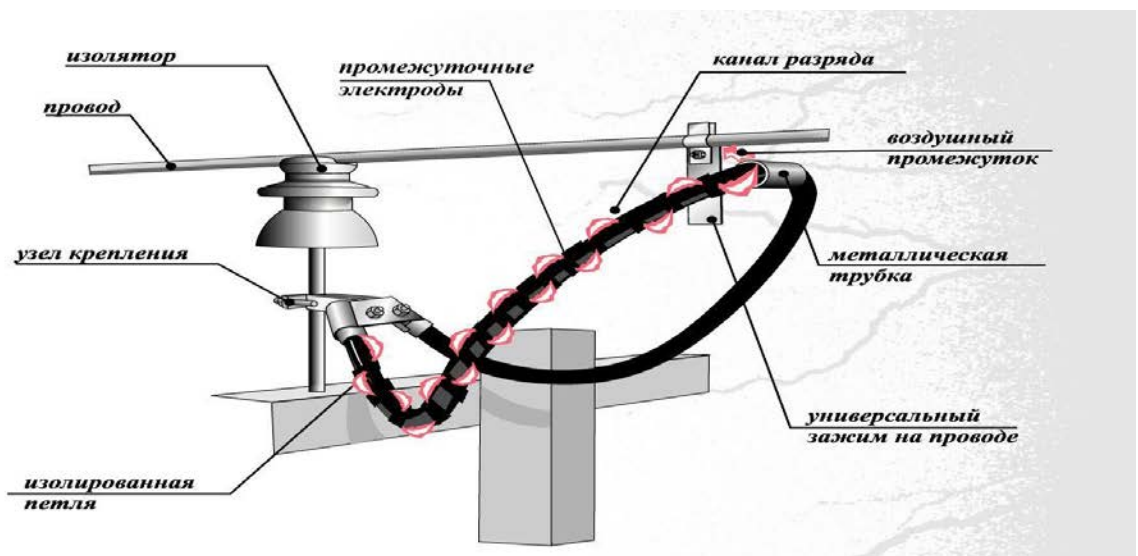


Рис. 2а

б) Схема встановлення РДІ шлейфового типу на опорах із штировими ізоляторами:

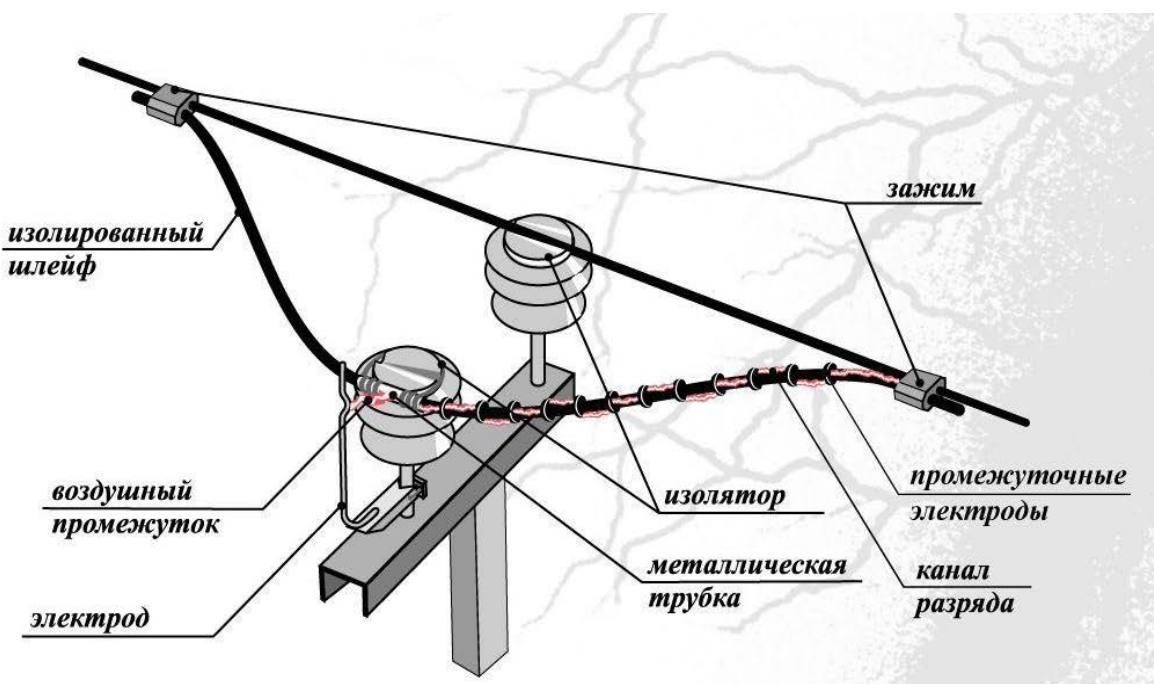


Рис. 26

Останні розробки компанії «Стример» – це розрядники мультикамерні (РМК) та ізолятори-розрядники (ІРМК) на напругу 6–10 кВ, а також на напругу 35 кВ і вище.

На рис. 3 наведено РМК, а на рис. 4 і 5 – ІРМК на напругу 35 кВ та полімерний ІРМК на напругу 110 кВ.



Рис. 3.
Розрядник мультикамерний РМК-20

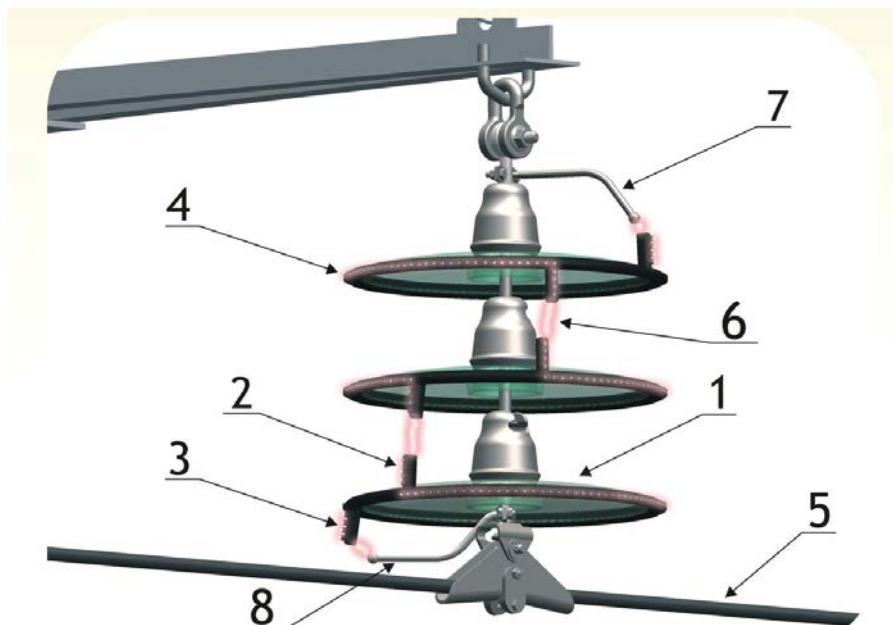


Рис. 4

Ізолятор-розрядник мультикамерний на напругу 35 кВ:
 1-ізолятор; 2-верхній відвід; 3-нижній відвід; 4-мультикамерна система; 5-провід;
 6-канал розряду; 7-верхній електрод; 8-нижній електрод.

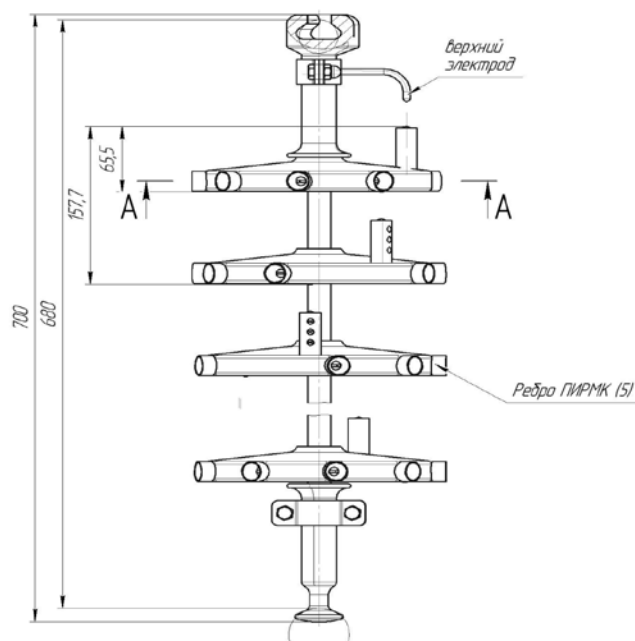


Рис. 5.

Полімерний ізолятор-розрядник мультикамерний на напругу 110 кВ

Основу розрядника РМК становить велика кількість проміжних електродів (кульок), вмонтованих в обід кільця з силіконової гуми (мультикамерна система – МКС). У разі виникнення грозового імпульсу пробиваються іскрові проміжки (перший – між електродом, з'єднаним з проводом і МКС, другий – між МКС і електродом, з'єднаним із заземленою опорою).

Велику перспективу набувають нові розробки сучасних мультикамерних ізоляторів-розрядників (ІРМК), розроблених ВАТ «НВО Стример». Застосування ІРМК дозволяє більш надійно захищати повітряні ЛЕП будь-якого класу напруги, оскільки із збільшенням класу напруги збільшується число ізоляторів у гірлянді, і відповідно – номінальна напруга і дугогасна здатність гірлянди з ІРМК.

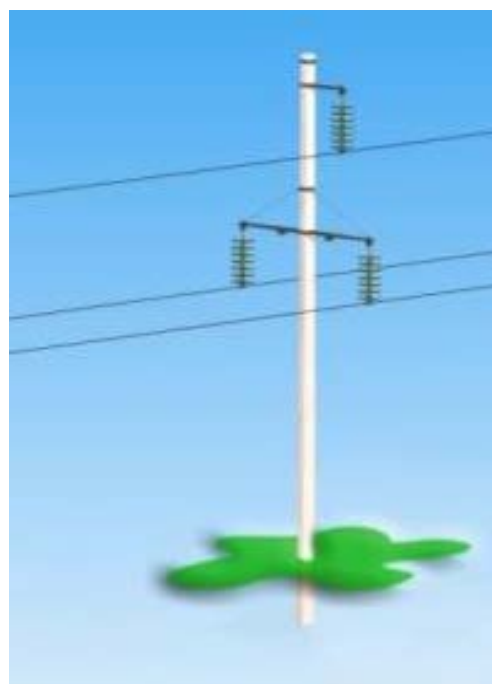
ІРМК заключають в собі властивості як ізолятора, так і розрядника. Основу ІРМК становлять звичайні ізолятори, які серійно виробляються (скляні, фарфорові або полімерні), на яких за спеціальною технологією встановлюється мультикамерна система (МКС). ІРМК розроблено на напругу 10-35-500 кВ і вище. Використання ІРМК має ряд переваг перед іншими способами грозозахисту, зокрема надає можливість відмовитися від використання тросу, заземлення тросу, покращити умови експлуатації лінії тощо.

Якщо в гірлянді використовується кілька ІРМК (ГІРМК), то між ними пробиваються іскрові проміжки і імпульс проходить по МКС, який містить багато електродів. Тому після проходження розряду між ними виникає ряд міні дуг, які завдяки швидкому розширенню повітря в камерах (між електродами) протягом мікросекунд видувуються назовні і гаснуть.

Застосування ГІРМК дозволяє відмовитись від тросового грозозахисту та заземлення опор (особливо в умовах високоомного ґрунту по трасі), що дозволяє зменшити кількість опор на трасі лінії, знизити вагу і вартість опор, а також відповідно, знизити експлуатаційні витрати.



а)



б)

Рис. 6.

ЛЕП-110 кВ: а) з тросом і заземлювачем, б) з ГІРМК без троса і заземлення

Застосовувати зазначені ізолятори-розрядники доцільно в умовах кліматичного навантаження, коли підвішувати грозозахисні троси неможливо. Сьогодні такі системи грозозахисту проходять досліду експлуатацію на Північному Кавказі. Для

отримання достовірних даних про роботу пристроїв грозозахисту у цьому районі розгорнуто систему грозопеленгації на базі обладнання фірми Vaisala.

Застосування ГІРМК на лініях електропередавання напругою понад 500 кВ дозволило відмовитись від підвішування на фазних проводах ОПН-500 кВ (вагою більше 150 кг), що значно облегшило конструкцію металевих опор та сприяло зниженню експлуатаційних витрат.

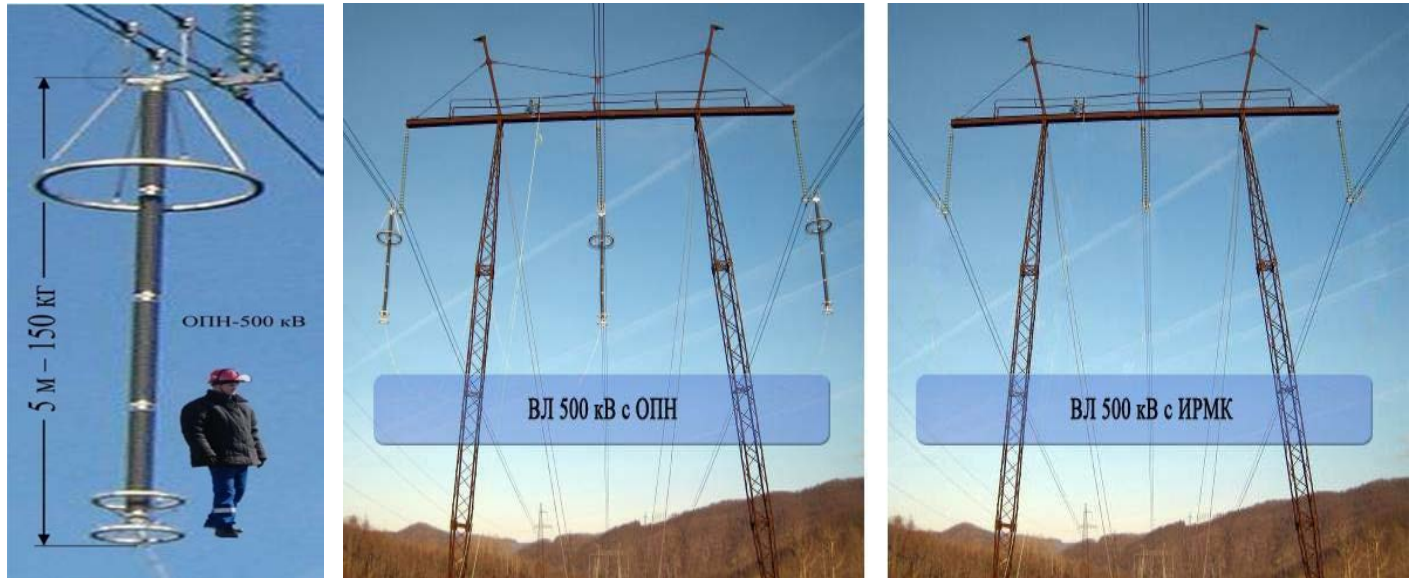


Рис. 7
ЛЕП 500 кВ з ОПН і ЛЕП 500 кВ з ГІРМК (без ОПН)

Розробленням нормативних документів та дослідженнями у сфері блискавкозахисту в країні займаються ряд науково-дослідних інститутів, у тому числі інститутів Російської Академії Наук (РАН), університетів, міжвідомчих і галузевих організацій, компаній, зокрема: «Энергетический институт им. Г. М. Кржижановского» (ЭНИН), ВАТ «Научно-исследовательский институт по передаче электроэнергии постоянным током высокого напряжения» (НШПТ), ВАТ «НТЦ электроэнергетики», «Сибирский научно-исследовательский институт энергетики» (СибНИИЭ), ФГУП «Всероссийский электротехнический институт им. В.И. Ленина», Новосибирский государственный технический университет (НГТУ (НЭТИ)), Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (МЭИ), «Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГПУ) тощо. Питаннями випробувань крім ЭНИН займаються також «Объединенный институт высоких температур РАН» (ОИВТ РАН), Кольський науковий центр РАН, «Научно-Исследовательский Центр 26 Центрального Научно-Исследовательского Института Министерства Обороны Российской Федерации» (НИЦ 26 ЦНИИ МО РФ), а також ВАТ «НВО «Стример» тощо.

Крім НПО «Стрімер» до великих компаній, які випускають пристрої блискавкозахисту відносяться ВАТ «Позитрон», основною номенклатурою виробів якого є ОПН на напругу 0,220–750 кВ і системи діагностики та реєстрації ОПН у мережах змінного струму для напруг 110–750 кВ, ЗАО «Феникс-88», ТОВ «Розряд

Трейд», що випускає ОПН на напругу від 0,4 кВ до 220 кВ, а також розрядники вентильні і довго-іскрові. Аналогічну продукцію випускає також ряд інших компаній і підприємств Росії.

У травні 2012 р. у Санкт-Петербурзі відбулася Третя Російська конференція щодо блискавкозахисту, рішенням якої відмічено необхідність подальшого вдосконалення нормативної бази щодо блискавкозахисту в Росії, дослідження фізики блискавки і механізмів її небезпечних впливів. Відмічено також необхідність створення національного Технічного Комітету для формування сучасної технічної політики у сфері блискавкозахисту, проведення експертизи нормативних документів, розрахункових методик, засобів захисту від перенапруг і методів випробувань, а також створення міжгалузевого випробувального центру для контролю методів і засобів блискавкозахисту, що розробляються і виробляються як в РФ, так і за рубежом. Відзначено необхідність проведення масових вимірювань характеристик блискавки на висотних спорудах та об'єктах електроенергетики для збору достовірної інформації про характеристики грозової діяльності і параметри розрядів блискавки, розширення впровадження систем грозопеленгації в РФ, створення єдиної загальнонаціональної мережі збору оперативної інформації, достовірних карт грозової активності та системи оперативного попередження про грозову обстановку.

7. Досвід зарубіжних і вітчизняних компаній щодо створення систем грозозахисту об'єктів електроенергетики.

В одному із всесвітньовідомих лідерів виробництва обладнання для енергетики **компанії АВВ** створено спеціальну лінію з виробництва систем грозозахисту для енергетичних об'єктів.

У 2011 р. компанія АВВ представила на ринок грозозахисту дві серії нових пристроїв: активні блискавкоприймачі **OPR і Pulsar**, покликані доповнити широкий спектр пристроїв АВВ для побудови різних елементів системи блискавкозахисту. Відмінність активних блискавкоприймачів полягає в здатності генерації зустрічних високовольтних імпульсів, що дозволяє вловлювати більш віддалений розряд блискавки що розширяє зону захисту об'єкта.

Дослідженнями в лабораторіях підтверджено значний вигрaш за часом утворення лідера, що забезпечує додаткову безпеку, через збільшення радіусу захисту порівняно зі звичайним металевим блискавкоприймачем. Більш того, активні блискавкоприймачі АВВ OPR і Pulsar повністю автономні, тобто не вимагають додаткового джерела живлення.

Блискавкозахист на основі зазначених систем має такі переваги:

- високу надійність;
- більший радіус захисту порівняно з традиційними блискавкоприймачами;
- мінімальне втручання в зовнішній вигляд будівлі;
- зниження капітальних витрат за рахунок зменшення числа блискавкоприймачів.

Активні блискавкоприймачі АББ OPR і Pulsar, маючи високу надійність, знайшли застосування в більш ніж 200 000 установках електроенергетики по всьому світу.

Компанією АББ також розроблено системи захисту від перенапруг розподільчих трансформаторів у разі ураження блискавкою.

SmartChoke – система захисту розподільних трансформаторів від стрибків напруги внаслідок ураження блискавкою, що досягається шляхом послідовного під'єднання до трансформатора дросельного елемента для зниження швидкості наростання напруги до безпечного рівня.

Проведені випробування показали, що із застосуванням систем захисту SmartChoke швидкість наростання напруги може знижуватися більш ніж у два рази порівняно із застосуванням стандартної системи захисту трансформаторів.

Трансформатор, оснащений системою захисту SmartChoke, було сертифіковано відповідно до фінського стандарту SFS 2646 у високовольтній лабораторії Гельсінкського Технологічного Університету (Фінляндія). Установлено, що трансформатори з захисними дроселями і відповідними іскровими проміжками витримують без пошкодження імпульс сильного удару блискавки (більше 2 МВ/мс).

Електротехнічний концерн **CITEL** (Франція) – світовий лідер із розроблення і виробництва систем забезпечення внутрішнього грозозахисту та захисту від перенапруг. Запатентована концерном технологія VG (варисторна збірка і газонаповнений розрядник) дозволяє виробляти сучасні та надійні ОПН для систем електроживлення; слабкострумових ланцюгів і ліній зв'язку; радіотракту і антенно-фідерних пристроїв. Концерн CITEL виробляє на власних заводах і постачає не тільки ОПН, але й електронні компоненти для силових газонаповнених електричних розрядників.

Компанія **Galmar Marciniak s.j.** (Польща) випускає велику номенклатуру обладнання та комплектуючих для монтажу систем блискавкозахисту як пасивного, так і активного типу. Освоєно виробництво обміднених сталевих електродів з товщиною покриття міддю 0,250 мм, призначених для монтажу високонадійних заземлювальних пристроїв з високою корозійною стійкістю.

У 2000 р. на базі компанії Galmar створено Центр і лабораторію заземлення, блискавкозахисту і грозозахисту.

Мета створення Центру полягала в необхідності навчання фахівців і проектувальників, дослідженні та випробуванні обміднених заземлювачів на корозійну, механічну і електричну стійкість, а також систем блискавкозахисту в лабораторних і природних умовах.

Сьогодні компанія Galmar реалізує свою продукцію в Австралії, Саудівській Аравії, Об'єднаних Арабських Еміратах, Бельгії, Китаї, Чехії, Данії, Єгипті, Естонії, Фінляндії, США, Білорусі, Росії, Україні, Колумбії, Латвії, Литві, Швеції, Таїланді, Тунісі та Великобританії.

Відділ Систем Заземлення компанії Galmar спеціалізується на постачанні матеріалів і виконанні повного комплексу робіт із організації заземлювального пристрою (ЗП) за технологією Galmar на різних об'єктах.

Види виконуваних робіт:

- обстеження стану ЗП на об'єктах і видача експертних висновків;
- підготовка ТЗ із розроблення робочого проекту ЗП, розроблення власне проекту та його узгодження;
- поставка комплектів для монтажу ЗП і виконання монтажних робіт;
- проведення електричних вимірювань і підготовка виконавчої документації.

Ця сучасна надійна система заземлення дає можливість проектним і монтажним організаціям уніфікувати підхід до проектування і монтажу ЗП за принципом «різні умови – одне рішення» і позбутися усіх недоліків і труднощів виконання заземлення «кутовим» методом.

Перевагами системи заземлення компанії Galmar є:

- можливість установалення глибинних заземлювачів;
- модульний принцип побудови (установлення за допомогою вібромолота шляхом поступового нарощування);
- мінімальна площа ЗП;
- значне зменшення обсягів підготовчих земляних робіт;
- зручність і технологічність монтажу;
- висока стійкість до ґрунтової та електролітичної корозії (термін служби ЗП – понад 40 років);
- гарантована товщина мідного покриття стержня понад 250 мкм, висока стійкість мідного покриття до згину і відшарування;
- мінімальні витрати на монтаж і експлуатацію;
- незалежність опору ЗП від погодних умов.

Систему заземлення Galmar сертифіковано **в Україні** (стандартизовано нормативними документами ДБН В.2.5-27-2006; Р 45-017-2007; EN 50164; UL 467 тощо, відповідає вимогам Глави 1.7 ПУЕ:2006). На території України єдиним авторизованим дистриб'ютором компанії Galmar Marciniak s.j. є компанія **ТОВ «Ватсон-Телеком»**.

Система заземлення Galmar від Watson Telecom дозволяє виконувати всі типи ЗП на будь-яких об'єктах по всій території України.

Використання обмідненого різьбового з'єднання гарантує високу якість з'єднання і захищеність його від корозії при установленні на глибину до 42 м (рекорд Watson Telecom).

Універсальність цієї технології зумовлено модульністю його конструкції, що дозволяє виконувати ЗП практично в будь-яких умовах. Під універсальністю мається на увазі використання методу так званого «конструктора» – набору типових елементів для складання ЗП, максимально адаптованого до умов будь-якого об'єкта.

Компанією Watson Telecom за технологією компанії Galmar на території України було реалізовано ряд проектів. Зокрема: в ОАО «Севастопольенерго», ОАО «Закарпатттяобленерго» (реконструкція заземлення ряду ПС напругою 35 та 110 кВ), ОАО «Хмельницькийобленерго» (заземлення КТП) та ряд інших об'єктів.

Компанія виконувала роботи щодо заземлення та блискавкозахисту на об'єктах АЕК «Київобленерго», ОАО «Черкасиобленерго», ОАО «Кіровоградобленерго», ОАО «Крименерго», ОАО «Одесаобленерго», ОАО «ЕК Дніпрообленерго», ОАО «Укргідроенерго» тощо.

OBO Bettermann GmbH & Co – світовий лідер виробництва і продажу систем блискавкозахисту і захисту від перенапруг. OBO Bettermann GmbH & Co – це більш ніж 100 представництв та філій у 50 країнах світу.

OBO Bettermann GmbH & Co займає провідне місце в розробці та реалізації систем захисту від блискавки та перенапруг /TBS/.

Компанія OBO Betterman GmbH & Co. KG, пропонує довершену програму комплектуючих для побудови ВЕУ, зокрема:

- протиімпульсний захист (з можливістю контролю його працездатності під напругою) мереж керування та автоматики, що містяться у шафі на кормі гондоли;
- протиімпульсний захист інформаційних систем;
- протиімпульсний захист (у вібростійкому виконанні) силових електромереж гондоли;
- ферореєстратори імпульсних струмів, фіксації струмів блискавок, перехоплених громовідхильниками лопатей;
- плоскі провідники, злучники з гарячеоцинкованої або нержавіючої сталі для влаштування заземлювачів у фундаментах вітротурбін, а також клемники зрівнювання потенціалів з міді або з нержсталі, тощо.

Не меншу увагу компанія приділяє розробці систем блискавкозахисту обладнання СЕС. Вимоги відповідної норми ІЕС 61643-12, 2002 стосуються саме протиімпульсного захисту електронних компонентів ВЕС, і насамперед інвертора, загроза для якого може бути з боку як постійного, так і змінного струму. До комплексної програми OBO Betterman для комплектації ВЕС входять:

– комплектуючі для влаштування зовнішнього блискавкозахисту, до яких входять блискавкоприймальні стрижні, струмовідводи (у тому числі й ізольовані на 100 кВ), проводи і глибинні електроди заземлювачів, злучники, шини зрівнювання потенціалів;

– блискавичники і виснажники для комплексного захисту інверторів ВЕС, як обладнаних, так і не обладнаних зовнішнім блискавко захистом, тощо.

Введення у дію в Україні з 1 серпня 2012 року ДСТУ EN міжнародного стандарту МЕК ІЕС 62305 (частини 1 – 4) потребуватиме використання надійних та якісних виробів для блискавкозахисту від OBO Betterman.

8. Україна. Стан та організаційно-технічні заходи підвищення надійності роботи електричних мереж в грозовий період.

8.1. Нормативно-правове забезпечення з організації блискавкозахисту.

В Україні основним нормативним документом з організації блискавкозахисту до 01.08.2012 р. діяв ДСТУ Б В.2.5-38:2008 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд» (ІЕС 62305:2006-1- 4), чинний з 01.01.2009 р. Вимоги цього стандарту поширювались на проектування, будівництво, реконструкцію і експлуатацію блискавкозахисту всіх видів будівель, споруд і промислових комунікацій незалежно від відомчої належності та форми власності. Згідно з ДСТУ Б В.2.5-38:2008 визначалися методи захисту з використанням тросових і стрижньових блискавковідводів, у тому числі електричних металевих та оптичних кабельних ліній магістральних і

внутрішньозонових мереж зв'язку, а також методи захисту від вторинних дій блискавки електричних і електронних систем, чутливих до атмосферних перешкод. Для захисту від вторинної дії блискавки використовувалися метод екранування, еквіпотенціальні з'єднання електропровідних частин або пристрої захисту від імпульсної перенапруги.

При порівнянні методів розрахунку блискавкозахисту за вітчизняним (ДСТУ Б В.2.5-38:2008) та європейським (ІЕС 62305:2006) нормами визначено, що за обома документами об'єкти за блискавкозахистом класифікуються, вводиться поняття надійності захисту, застосовуються однакові види блискавкоприймачів (одиночні, подвійні, багатократні стрижньові, тросові різної конфігурації, сігчасті), пропонуються методи розрахунку розмірів зон захисту блискавкоприймачів. Але методи реалізації та рівень наповнення елементів нормативних документів є різними.

За ДСТУ Б В.2.5-38:2008 об'єкти поділяються на звичайні (промислові підприємства, тваринницькі і птахівничі будівлі та споруди: житлові і адміністративні будівлі, універмаги, банки, страхові компанії, дошкільні установи, школи, лікарні, притулки для старих, музеї та археологічні пам'ятники, спортивні споруди тощо) і спеціальні (нафтопереробні підприємства, заправні станції, підприємства з виробництва і зберігання вибухових речовин, хімічні заводи, атомні електростанції, біохімічні фабрики і лабораторії; електростанції, підстанції і лінії електропередавання, засоби зв'язку; будови висотою понад 60 м, об'єкти, що будуються тощо). Для об'єктів пропонується чотири рівні захисту від прямих ударів блискавки. Розрахунок форми та розміру зон захисту за національним нормативним документом ДСТУ Б В.2.5-38:2008 виконується за напівемпіричними формулами, виведеними з геометричних міркувань.

Згідно із стандартом ІЕС 62305:2006 пропонується застосування методів захисного кута; сфери, що котиться, та захисних сіток. Метод захисного кута застосовується для простих за формою споруд або невеличких частин великих споруд, метод сфери, що котиться, – для споруд складної форми. Застосовувати захисні сітки доцільно для захисту поверхонь. Національний стандарт ДСТУ Б В.2.5-38:2008 лише вказує на можливість застосування цих методів розрахунку як «метод фіктивної сфери».

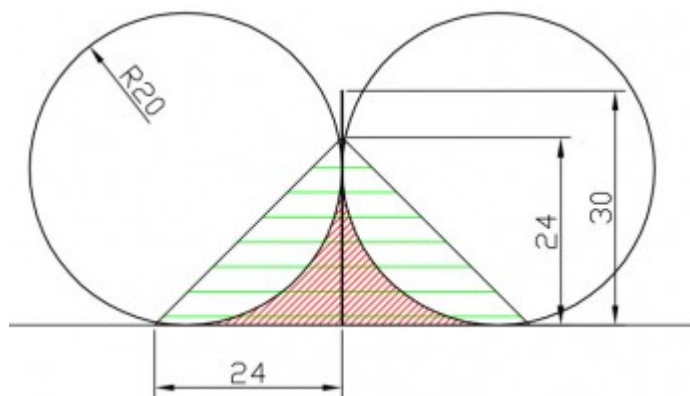


Рисунок 1. Застосування методу сфери, що котиться.

Для порівняння (рис. 1) наведено вертикальний переріз зони захисту одиничного стрижньового блискавковідводу, розрахованого методом, регламентованим за ДСТУ Б В.2.5-38:2008 (горизонтальний штрих), та методом сфери, що котиться за ІЕС 62305:2006 (скісний штрих). Видно суттєву невідповідність форми та розмірів перерізу зон захисту. Тобто метод сфери, що котиться, є більш жорстким порівняно з методом за напівемпіричними формулами згідно методики національного ДСТУ Б В.2.5-38:2008.

Доказом цього твердження є випадок, що трапився у 2003 р. на одній з атомних електростанцій України. Блискавка влучила в високовольтний трансформатор енергоблока АЕС. Аналіз проектної документації підтвердив, що зони блискавкозахисту для території станції було розраховано згідно з вимогами РД 34.21.122-87, які близькі до вимог ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Розрахунок за методикою стандарту ІЕС 62305-3:2006 виявив наявність суттєвої незахищеної зони, де й стався прорив блискавки.

Інший випадок відбувся у 2010 р. на устаткуванні електромереж ПАТ «Львівобленерго», коли блискавка влучила в силовий трансформатор 35/6 кВ ПС «Розділ», що призвело до його пошкодження та подальшої заміни. Зовнішній блискавкозахист цього об'єкта було виконано відповідно до вимог РД 34.21.122-87.

Метод сфери, що котиться, є найбільш надійним. Важливим аспектом цього методу, який не враховує зонного методу стандарту ДСТУ Б В.2.5-38:2008, є те, що при оцінюванні ймовірності прориву блискавки беруться до уваги не тільки блискавки з великим струмом, але й такі, струм яких знаходиться в діапазоні від 3 кА до 10 кА. Саме від таких «малих» блискавок захист є найскладнішим.

Із урахуванням вищезазначеного для проектування систем грозозахисту першого рівня блискавкозахисту доцільно використовувати саме метод сфери, що котиться, який забезпечує більший рівень захисту ніж метод, викладений у ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Крім того цей метод відповідає сучасним уявленням про механізм орієнтування блискавки на об'єкт, а також захищає від малих струмів блискавки.

Під час побудови електромереж також не надається належної уваги термічній дії блискавки. Одним з характерних дефектів залізобетонних опор є відшарування бетону від арматури. Такі дефекти виникають через неякісне виготовлення опори, появу тріщин, куди попадає волога й відбувається подальший розвиток дефекту.

Відповідно до вимог Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) 2009 р. арматуру опор можна використовувати для відведення струму блискавки в землю; при цьому арматура не має нагріватися понад 60 °С. В умовах протікання струму блискавки по одному із прутів опори (по найлегшому шляху) відбувається неприпустиме його перегрівання, що призводить до появи тріщин або відшарування бетону залізобетонної опори.

Питання оцінювання нагрівання провідників струмом блискавки не висвітлюється ні в РД 34.21.122-87, ні в ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Досить широко це питання освітлено в міжнародному стандарті ІЕС 62305 – 1:2006, проте наведена методика оцінювання температури нагрівання має обмежене застосування, оскільки враховує лише енергію стандартизованих форм і значень імпульсів струму блискавки без додаткового нагрівання провідників наступними імпульсами.

У результаті досліджень, виконаних ПАТ «Львівобленерго» установлено, що в разі нагрівання до неприпустимої температури $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ сталевго провідника перетином 120 мм^2 , що відповідає арматурному пруту, за його початкової температури $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ необхідна питома енергія струму блискавки становить 3184360 Дж/Ом , що відповідає струму блискавки з амплітудою імпульсу 114 кА стандартизованої форми хвилі.

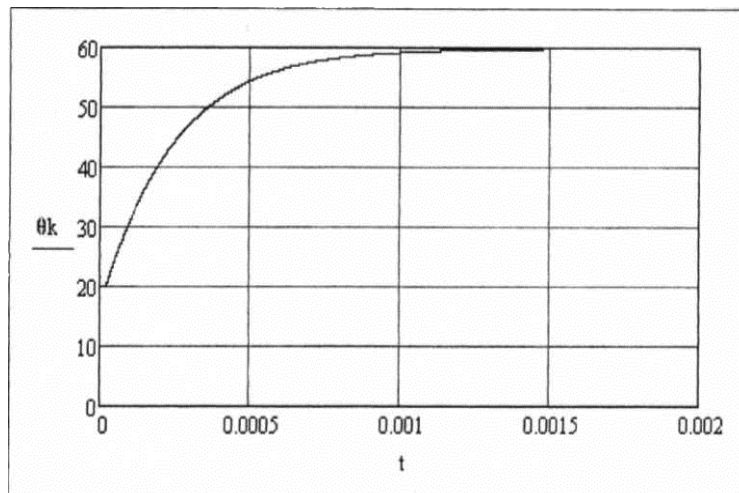


Рисунок 2. Залежність зміни температури нагрівання сталевго провідника перетином 120 мм^2 струмом блискавки з амплітудою 114 кА стандартизованої форми хвилі.

Із наведеного графіка (рис. 2) видно, що за час приблизно $1,5\text{ мс}$ провідник нагрівається до температури $60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Причому струми блискавки з більшими амплітудами можуть призводити до неприпустимого нагрівання одного з арматурних прутів залізобетонної опори з руйнуванням бетону.

Для запобігання появі згаданих дефектів на залізобетонних опорах у місцях з підвищеною грозовою активністю рекомендовано прокладати окремий заземлювальний провідник перетином близько 100 мм^2 і влаштовувати контур заземлення з низьким опором розтіканню струму з використанням, наприклад, глибинного заземлення. Завдяки цьому знижується ймовірність перекриття ізоляції на ПЛІ унаслідок прямого влучення блискавки в трос або опору.

Зазначені та інші розбіжності вітчизняним нормативним документом ДСТУ Б В.2.5-38:2008 не було враховано.

Слід зазначити, що стандарти ДСТУ Б В.2.5-38:2008 та ІЕС 62305-1 - 4:2006 відрізняються за методами розрахунків, рекомендаціями та обсягом (кількість сторінок вітчизняного стандарту становить 63, а стандарту ІЕС 62305-1 - 4:2006 – 433).

У зв'язку з існуючими недоліками чинних національних нормативів, завдання щодо організації робіт з гармонізації стандартів блискавкозахисту в країні до вимог норм ІЕС залишаються актуальними.

Із урахуванням зазначеного наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 28.05.2012 р. № 640 «Про прийняття міжнародних та європейських нормативних документів як національних нормативних документів

методом підтвердження» відповідно до статті 7 Закону України «Про стандартизацію», на виконання підпункту 97.1.1 пункту 97 Національного плану дій на 2012 рік щодо впровадження Програми економічних реформ на 2010 – 2014 рр. «Заможне суспільство, конкурентоспроможна економіка, ефективна держава», затвердженого Указом Президента України від 12.03.2012 року № 187, прийнято міжнародні та європейські нормативні документи з блискавкозахисту як національні нормативні документи методом підтвердження з наданням чинності в Україні з 01.08.2012 (табл.1):

Таблиця 1

ДСТУ EN 62305-1:2012	Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (EN 62305-1:2011, ГОТ) Protection against lightning - Part 1: General principles - Вперше
ДСТУ IEC 62305-2:2012	Захист від блискавки. Частина 2. Керування ризиками (IEC 62305-2:2010, IDT) Protection against lightning - Part 2: Risk management - Вперше
ДСТУ EN 62305-3:2012	Захист від блискавки. Частина 3. Фізичні руйнування споруд та небезпека для життя людей (EN 62305-3:2011, IDT) Protection against lightning - Part 3: Physical damage to structures and life hazard - Вперше
ДСТУ EN 62305-4:2012	Захист від блискавки. Частина 4. Електричні та електронні системи, розташовані в будинках і спорудах (EN 62305-4:2010, IDT) Protection against lightning - Part 4: Electrical and electronic systems within structures - Вперше

Примітка. ДСТУ EN 62305-1-4:2012 прийнято Мінекономрозвитку та Держстандартом України до упровадження його без перекладу на українську мову та розробки відповідного методичного забезпечення.

Уведеним в дію ДСТУ EN 62305-1 - 4: 2012 передбачено норми щодо захисту від ураження блискавкою на підставі оцінювання ризику для:

- споруд і обладнання всередині споруд;
- виходу з ладу електричних та електронних систем;
- ураження людей, які перебувають у споруді або поряд з нею.

Для електроенергетичних систем враховуються ризики щодо:

- пошкодження силового обладнання;
- пошкодження електричних і електронних систем.

Зазначеними нормативними документами ризик визначено як імовірне значення річних збитків від ударів блискавки на підставі:

- оцінки річної кількості розрядів блискавки на споруду і систему енергопостачання;
- імовірності пошкодження одним з ударів блискавки;
- середніх обсягів наступних збитків.

Відповідно до зазначених ДСТУ EN 62305-1 - 4:2012 прогнозовану кількість ударів блискавки пропонується визначати на підставі:

- розмірів (характеристик) споруди;
- річної щільності розрядів блискавок у землю в регіоні, де знаходиться споруда або система електропостачання (одиниць/км²).

Потреба у визначенні щільності розрядів блискавок у землю, яка донедавна систематично не визначалася в усьому світі, зробила актуальними заходи із побудови таких систем грозової локації, що дозволяють визначати як місця, полярність і енергію ударів блискавок у землю, так і прогноз грозової діяльності в реальному часі. Останній необхідний для:

- зупинення вітроелектростанцій в разі наближення грозового фронту;
- управління (диспетчеризації) генерацією електроенергії;
- організації роботи на пожеже небезпечних об'єктах;
- організації ремонтів ліній електропередавання і формування ремонтних режимів в ОЕС України.

У зарубіжній практиці активно впроваджуються системи попередньої грозопеленгації, створені та реалізуються сучасні технічні засоби контролю з визначенням місця можливого розряду блискавки (стор. 31-36).

8.2 Оцінка грозової діяльності на території країни.

Науково-технічним центром електроенергетики (НТЦЕ) ДП «НЕК «Укренерго» зібрано та проаналізовано результати спостережень за грозовою діяльністю (кількість грозових днів і тривалість гроз в годинах) на 178 метеостанціях (МС) України за період з 1980 по 2011 рік (30-річний період спостережень рекомендовано Всесвітньою Метеорологічною Організацією).

За результатами аналізу спостережень за грозовою діяльністю на території країни визначено, що:

- у середньому за рік над рівнинними районами України спостерігається до 27 – 30 днів з грозою;
- абсолютний сумарний максимум тривалості гроз у годинах на території України спостерігався у 2002 р. і становив 14782 годин;
- абсолютний мінімум сумарної тривалості гроз на території України було зафіксовано в 1994 р., який становив 6055 годин;
- на території України спостерігається стійка тривала тенденція до зростання грозової активності (рис. 3).

Загальна грозова активність на території України збільшується в середньому на 100 грозових годин на рік.

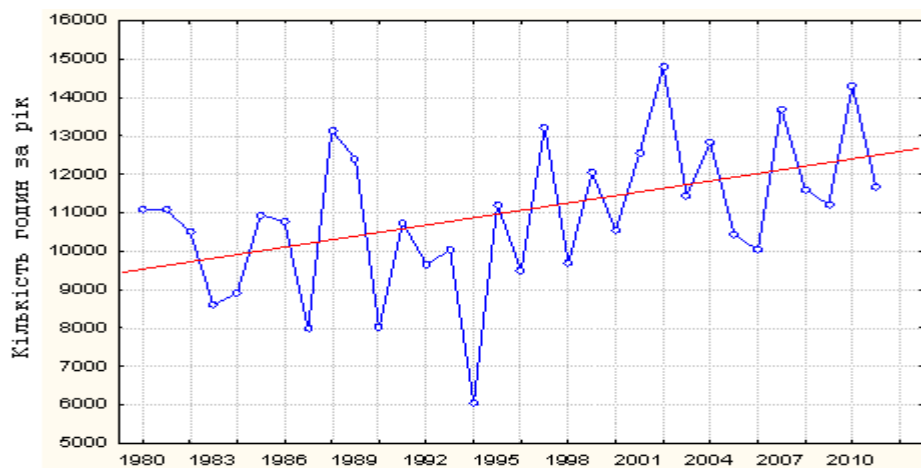


Рисунок 3. Сумарна тривалість гроз на території України за 1980 – 2011 рр.

За результатами спостережень усі метеостанції України можна поділити на три групи, в яких тривалість грозових годин протягом року збільшується, лишається незмінною або зменшується. Тенденції змін тривалості гроз у годинах на території України наведено в таблиці:

Таблиця 2

Тренд	Діапазон характеристик тренду, годин/ рік	Кількість МС	Відсотки, %
Збільшення	Більше ніж +0,1	130	73
Незмінно	Від мінус 0,1 до +0,1	17	10
Зменшення	Менше ніж мінус 0,1	31	17

Примітка. Від'ємні значення тренду відповідають зменшенню грозової активності.

Шляхом об'єднання територій з однаковим трендом зміни грозової активності було отримано карту зміни грозової активності на території України (рис. 4).

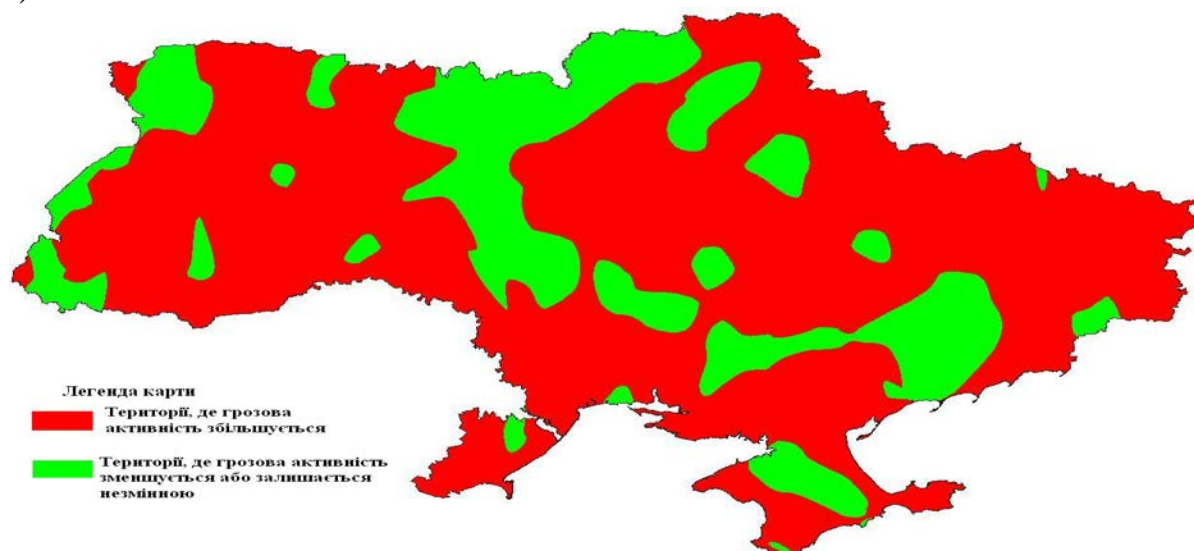


Рисунок 4. Зміна грозової активності на території України.

Грозова діяльність на території України змінюється нерівномірно: найбільш інтенсивно грозова діяльність зростає на територіях Західної, Південно-Західної, Південної, Дніпровської і Північної електроенергетичних систем. На територіях

Центральної і Донбаської електроенергетичних систем спостерігаються регіони із послабленням грозової активності.

На переважній частині території країни грозова діяльність посилюється. Така тенденція притаманна і Західній Європі. Зазначені висновки підтверджують актуальність прийняття заходів із посилення грозостійкості об'єктів електроенергетики країни.

В останні роки в розвинених зарубіжних країнах (США, Англія, країнах Євросоюзу, а також Росії) створено загальнодержавні та регіональні гідрометеорологічні системи з грозопеленгації. Доцільно на державному рівні вивчити такий досвід та знайти можливість інтеграції гідрометеорологічної служби України в Європейську систему (раннього попередження Galileo) та системи Vaisala FALLS (стор. 32-33). Це сприятиме прискоренню роботи з розроблення більш достовірних карт тривалості гроз для енергосистем, створенню дієвої системи грозопеленгації та інформування на території України.

8.3. Аналіз автоматичних вимикань повітряних ліній електропередавання напругою 220 - 750 кВ.

НТЦЕ проведено аналіз динаміки автоматичних вимикань ліній електропередавання напругою 220-750 кВ унаслідок ударів блискавки в електромережі ДП «НЕК «Укренерго» протягом 2006–2011 рр., попередні результати якого наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

Напруга ПЛ, кВ	Загальна довжина ПЛ, км	Кількість автоматичних вимикань ПЛ унаслідок грозової діяльності по роках експлуатації						
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	Разом
750	3604	0	4	5	3	5	3	20
330	13047	26	26	55	34	60	35	236
220	3955	10	25	16	29	24	22	126

Більшість ПЛ 220-750 кВ, що експлуатуються ДП «НЕК «Укренерго», є неоднорідною – на різних ділянках траси можуть бути різні конструкції опор, один чи два троси, а в деяких випадках трос може бути відсутнім з різних причин. Опір заземлення опор R_z відмічено в межах від 10 до 30 Ом (згідно з ПУЕ R_z визначається залежно від питомого опору землі по трасі ПЛ). Крім того, на деяких ділянках траса ПЛ проходить в одному коридорі з іншими ПЛ, які взаємно екрануються і тим самим зменшується кількість вимикань під час грози. Відповідно до цього експлуатаційну кількість вимикань для кожної ПЛ потрібно визначати з урахуванням як неоднорідності її улаштування по трасі, так і тривалості гроз.

Аналізом вимикання ПЛ встановлено, що на ПЛ 750 кВ, яка вимикалася 4 рази, 2 вимикання пов'язано з відсутністю грозозахисних тросів; ПЛ 330 кВ, яка вимикалася 21 раз, мала ділянки без грозозахисних тросів. Як видно з рисунка 5, майже всі КЗ з вимкненням ПЛ від ударів блискавки відбулися на ділянці, де трос був відсутнім (18 вимикань із 21 за 6 років).

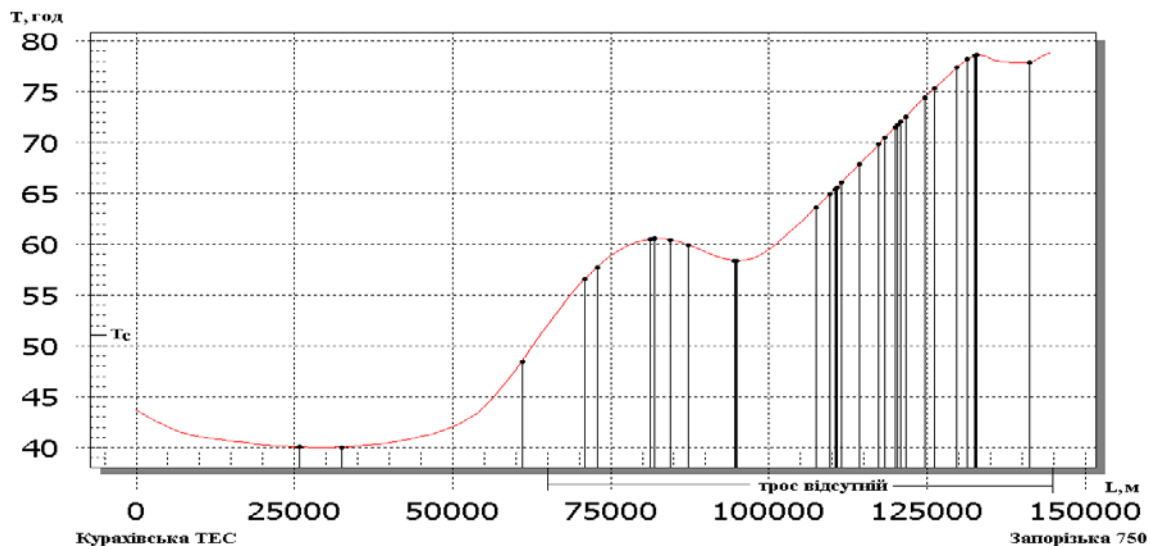


Рисунок 5. Середньостатистичне число грозових годин по трасі ПЛ 330 кВ «Курахівська ТЕС – Запорізька 750» з нанесенням місць КЗ, які виникли під час грози.

Аналіз підтверджує, що грозозахисні троси є ефективним засобом захисту ПЛ напругою 220-750 кВ.

У таблиці 4 наведено класифікацію вимикань ПЛ ДП «НЕК «Укренерго» за 2006 – 2011 рр., зумовлених блискавками.

Таблиця 4

Напруга ПЛ, кВ	Вимикання ПЛ ДП «НЕК «Укренерго» за 2006-2011 рр., їх причини та наслідки							
	Всього	у тому числі:						
		без пошкод- ження лінійних елементів	з пошкод- женням лінійних елементів	класифікація ушкоджень				
				з пошкод- женням ізоляції у гірляндах фаз	з пошкоджен- ням ізоляції в підвісці троса	обрив (розрив) гірлянди	обрив троса	з пошкод- женням 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	-	-

Зокрема, у 2011 р. під час грози на ПЛ 330 кВ сталися 35 вимикань з таких причин:

- перекриття гірлянди ізоляторів – 25 (у тому числі з руйнуванням ізоляторів гірлянд – 1);

- пробій проміжку провід-опора – 6;
- не встановлено – 4.

На ПЛ 220 кВ, відповідно, сталися 22 вимикання з наступних причин:

- перекриття гірлянди ізоляторів – 15;
- пробій проміжку провід-опора – 3;
- не встановлено – 4.

Враховуючи, що від 68 % до майже 72 % відключень від грозової діяльності як в першому так і в другому випадках обумовлено перекриттям та руйнуванням підвісних гірлянд ізоляторів обох ЛЕП, належить розглянути необхідність підвищення рівня ізоляції зазначених та інших ліній електропередавання (з урахуванням як кількості ізоляторів, так і їх якості), що експлуатуються в районах аналогічної інтенсивності грозової діяльності. Так, за експертною оцінкою вчених Санкт-Петербурзького державного політехнічного університету, посилення гірлянди ізоляторів на один елемент знижує кількість відключень від грозової діяльності більш ніж на 10 %.

8.4. Попередній аналіз вимикань електромереж ліцензіатів з передавання електроенергії місцевими електромережами.

Особливе занепокоєння і тривогу викликає стан роботи з питань **підвищення грозостійкості та надійності електромереж напругою 6 – 10 кВ та 35 – 150 кВ ліцензіатів з передавання електроенергії місцевими (локальними) електромережами**. Це зумовлено отриманими незадовільними результатами проведеного НТЦЕ ДП «НЕК «Укренерго» попереднього аналізу представленої ліцензіатами інформації про кількість і причини вимикань ПЛ під час грозової активності за минулий період. Для можливості оцінки стану надійності роботи електромереж ліцензіатів представлена ними інформація про причини і кількість вимикань електромереж від грозової діяльності НТЦЕ приведена до єдиних питомих показників на 100 км ПЛ за рік, обчислено коефіцієнти кореляції між річною кількістю вимикань і тривалістю гроз та співвідношення між ними (таблиці 5, 6).

Таблиця 5

Отримані дані від ліцензіатів				Коефіцієнт кореляції між річною кількістю вимикань і річною тривалістю гроз
Напруга ПЛ, кВ	Загальна довжина ПЛ, км	Кількість вимикань на ПЛ		
		всього, п	у тому числі без пошкодження, п _{б/у}	
6-10	224783	17823	11258	0,33
35	59761	8471	5921	0,975
110-150	37648	3871	2636	0,85

Таблиця 6

Напруга ПЛ, кВ	Показники, отримані в результаті аналізу даних ліцензіатів							
	Питома кількість вимикань на 100 км ПЛ за рік			Значення відношень			Питома кількість пошкоджень ізоляції ПЛ, на 100 км за рік	Успішність АПВ, (n _{б/у} / n)* 100%
	макси- мальне, n _{max}	міні- мальне n _{min}	серед- нє, n _{сер}	n _{max} / n _{min}	n _{max} / n _{сер}	n _{сер} / n _{min}		
6-10	5,7	0,035	1,4	163	3,9	42	0,1	63,2
35	4,5	0,3	2,1	15	7	2,14	0,45	69,8
110-150	4,4	0,1	1,6	44	16	2,75	0,3	68,9

Із аналізу показників, наведених в таблицях 5, 6, можна зробити наступні висновки:

- якщо представлена ліцензіатами інформація про успішність АПВ для ПЛ напругою 6 – 10 кВ, ПЛ 35 кВ та ПЛ 110 – 150 кВ знаходиться в межах 63,2 – 69,8 % при середніх питомих показниках відповідно 1,4; 2,1; та 4.4 вимикання на 100 км, то кількість вимикань для ПЛ напругою 6 – 35 кВ майже на порядок, а для ПЛ 110 – 150 кВ у 2 – 3 рази є меншою від розрахункових величин відповідно до РД 153-34.3-35.125-99 «Руководство по защите электрических сетей 6 – 1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений»;

- відношення між відповідними найбільшими і найменшими питомими показниками ліцензіатів (таблиця 6) становить 163 для ПЛ напругою 6 – 10 кВ, 15 – для ПЛ 35 кВ і 44 – для ПЛ 110 – 150 кВ проти реально очікуваних 1,5 – 2,5;

- кількість вимикань з пошкодженням ізоляції є найменшою для ПЛ напругою 6 – 10 кВ (одне вимикання на 1000 км), що не відповідає результатам дослідження інституту «Укрсільенергопроект» та даним інших достовірних публікацій, за якими цей показник для ПЛ 10 кВ є більш ніж на один порядок вищим.

Крім цього низький коефіцієнт кореляції між кількістю вимикань ПЛ напругою 6 – 10 кВ і річною тривалістю грозового періоду свідчить про їх слабку залежність від представлених ліцензіатами звітних даних – фактична кількість вимикань є значно меншою від розрахункової відповідно до РД 153-34.3-35.125-99.

Згідно з проаналізованою НТЦЕ звітною інформацією ліцензіатів, зібраною ними без належної організації, відповідного методичного забезпечення, яка відображає не зовсім адекватну оцінку класифікації причин відключень, на її основі практично неможливо визначити дієві рекомендації щодо зниження грозових вимикань ПЛ для підвищення надійності роботи електромереж ліцензіатів у грозовий період.

Стосовно відхилень від проектних рішень і вимог нормативних документів на об'єктах ліцензіатів можна зазначити, що лише окремі ліцензіати фіксують відхилення від проектних рішень і вимог нормативних документів, які можуть погіршити грозостійкість ПЛ (ПАТ «Вінницяобленерго», ВАТ ЕК «Дніпрообленерго», ПАТ «Львівобленерго», ПАТ «Миколаївобленерго», ПАТ «Полтаваобленерго» АК «Харківобленерго», ВАТ ЕК «Херсонобленерго», ПАТ «Хмельницькобленерго», ПАТ «Чернігівобленерго», ДП «Регіональні електричні мережі» – додаток 1).

Що стосується забезпечення виконання Програми організаційно-технічних заходів, направлених на забезпечення надійної роботи електричних мереж в період грозового сезону, можна зазначити що:

- потреби більшості ліцензіатів (за винятком ПАТ «Вінницяобленерго», ПАТ «Закарпаттяобленерго», ПАТ «Київенерго», ПАТ «Кіровоградобленерго», ВАТ «Тернопільобленерго», АК «Харківобленерго», ВАТ ЕК «Херсонобленерго», ПАТ «Чернігівобленерго» – додаток 2) у обладнанні та матеріалах, що не потребують розроблення проектно-кошторисної документації, повністю забезпечено;

- ліцензіати (за винятком ВАТ «Волиньобленерго», ВАТ «Запоріжжяобленерго», ПАТ «Крименерго», ТОВ «Луганське енергетичне об'єднання», ПАТ «Львівобленерго», ПАТ «Прикарпаттяобленерго», ПАТ «Хмельницькобленерго», ПАТ ЕК «Чернівціобленерго» – додаток 3) вважають забезпечення нормативними документами і проектними рішеннями з питань грозозахисту задовільним;

- програми організаційно-технічних заходів, направлених на забезпечення надійної роботи електромереж у період грозового сезону, ліцензіатів (за винятком ПАТ «Вінницяобленерго», ПАТ «Прикарпаттяобленерго», ВАТ «Запоріжжяобленерго» – додатки 4-1; 4-2) повністю забезпечені проектно-кошторисною документацією і фінансуванням на 2013 рік.

8.5 Висновки та пропозиції.

8.5.1. Попередні висновки:

1. На переважній частині території України грозова діяльність посилюється, що підтверджує актуальність прийняття заходів із посилення грозостійкості об'єктів електроенергетики.

2. Грозова діяльність на території України змінюється нерівномірно: найбільш інтенсивно грозова діяльність зростає на територіях Західної, Південно-Західної, Південної, Дніпровської і Північної електроенергетичних систем. На територіях Центральної і Донбаської електроенергетичних систем спостерігаються регіони із послабленням грозової активності.

3. Методи, технічні засоби і форми подання результатів спостережень за грозовою діяльністю потребують удосконалення та перегляду з урахуванням введення Мінекономрозвитку України 01.08.2012 р. стандартів ДСТУ EN 62305-1 - ДСТУ EN 62305-4.

4. Для поліпшення якості вихідних даних щодо проектування грозозахисту об'єктів електроенергетики доцільно застосування ГІС-технологій та впровадження систем грозопеленгації.

5. На основі аналізу аварійності в електромережах підтверджено ефективність застосування грозозахисних тросів ПЛ напругою 220-750 кВ.

6. Впровадження ДСТУ EN 62305-1 - ДСТУ EN 62305-4 за методом підтвердження є недостатнім і потребує, перш за все, перекладу на українську мову, опрацювання методичних розробок з організації реалізації положень зазначених нормативів із урахуванням особливостей території країни.

8.5.2. Пропозиції щодо організації роботи з підвищення надійності роботи електромереж в грозовий період:

1. Організувати роботу з визначенням термінів щодо забезпечення ліцензіатів з передавання електроенергії картами районування ліцензованих територій за кліматичними навантаженнями (ожеледним, вітровим, ожеледо-вітрових) і впливами (грозовими, сейсмічними, температурними) на базі ГІС-технологій. Завершити у 2013 р. розроблення карт тривалості гроз для електроенергетичних систем ДП «НЕК «Укренерго» та енергопостачальних компаній.

2. Міненерговугілля України розглянути процедурні питання прийняття ДСТУ EN 62305 -1- 4 :2012 і разом з Національною гідрометеорологічною службою країни на основі вивчення зарубіжного досвіду грозопеленгації вирішити питання побудови національної системи грозопеленгації з організацією упереджувального інформування енергетичних підприємств та енергосистем.

3. До початку сезону грозової активності зобов'язати ліцензіатів з передавання електроенергії місцевими (локальними) електромережами невідкладно здійснити достовірний аналіз вимикань та пошкоджуваності грозою електромереж напругою 0,38 – 150 кВ за період дії ДСТУ Б В.2.5-38:2008. За результатами аналізу визначити перелік необхідних досліджень і заходів, спрямованих на зменшення ризиків від уражень об'єктів електромереж блискавкою та підвищення надійності їх роботи в умовах запровадження з 01.08.2012 р. нових нормативів за ДСТУ EN 62305-1-4 :2012.

4. У першому кварталі 2013 р. завершити аналіз пошкоджуваності грозою електромереж напругою 220 – 750 кВ. Для кожної ПЛ розрахувати питому кількість вимикань (вим./100 км і 100 годин гроз) відповідно до РД 153-34.3-35.125-99 «Руководство по защите электрических сетей 6 - 1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений» з урахуванням тривалості гроз по трасі ПЛ. За результатами аналізу розробити та вжити у встановленому порядку заходів щодо підвищення грозостійкості об'єктів ДП «НЕК «Укренерго».

5. Переглянути інструкції (методичні вказівки), на підставі яких складається архів грозових вимикань, у частині термінології, використовуваної для класифікації пошкоджень.

6. Доручити Інституту високих напруг провести дослідження з координації ізоляції підвісних ізоляторів у частині напруги пробою діелектрика в шапці ізолятора і напруги перекриття по поверхні ізолятора.

7. Міненерговугілля України організувати переклад ДСТУ EN 62305-1 - 4 на українську мову та підготовку необхідних методичних розробок і довести їх до енергосистем та енергопостачальних організацій.

8. Ліцензіатам до початку грозового сезону 2013 р. розробити та здійснити першочергові заходи з підвищення грозостійкості енергетичних об'єктів, не допускати використання ділянок високовольтних ПЛ без грозозахисного троса та інших засобів грозозахисту, визначених запровадженими з 01.08.2012 р. нормативами.

Відхилення від проектних рішень та вимог ПУЕ на об'єктах ліцензіата

№ п/п	Ліцензіати	Види відхилень за напругами та елементами	Загальні обсяги ПЛ (ПС)		Обсяги ПЛ (ПС), що мають відхилення	
			шт.	км (кВА)	шт.	км (кВА)
	1	2	3	4	5	6
1	ПАТ "Вінницяобленерго"	ПЛ-110 кВ - відсутність тросу	128	2187,03 км	2	47,6 км
		ПЛ-35 кВ - відсутність тросу	152	2102,49 км	3	10,5 км
		ПС 110 кВ: - заміна розрядників 110кВ - заміна розрядників 35 кВ - заміна опорн. ізоляції ВМТ-110 - заміна ІОС-110-1М - заміна опорної ізоляції 35 кВ - заміна ОПН-10 кВ	82	1562,4 т.кВА	2 2 1 8 8 8	22,3 т.кВА 48,3 т.кВА 16,0 т.кВА 121,5 т.кВА 121,5 т.кВА 121,5 т.кВА
		ПС 35 кВ: - заміна опорної ізоляції 35 кВ	109	499,3 т.кВА	14	36 т.кВА
		Пошкодж. (відсутність) повторних спусків ПЛ-0,4 кВ	18903	23271,2	2452	2675,858
		Пошкодження заземляючого контура ТП 10/0,4 кВ	9776	1863,523 т.кВА	335	48,002 т.кВА
		Пошкодж. (відсутність) вентильних розрядників на ПЛ 10 кВ	972	14956,13	88	972,068
		Пошкодження (відсутність) розрядників 10 кВ ТП 10/0,4 кВ	9776	1863,523	596	76,114
		Пошкодження (відсутність) розрядників 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ	9776	1863,523	2841	339,592
		Необхідність розчистки траси ПЛ 10 кВ	972	14956,13	604	1272,482
		Необхідність розчистки траси ПЛ 0,4 кВ	18903	23271,2	4695	2627,8
2	ПАТ "Дніпрообленерго"	ПЛ 35 кВ	557	5759	1-2 ланц.	23,12
3	ПАТ "Львівобленерго"	Відсутній блискавко-приймач на ПС 35 кВ	155	1096800 кВА	2	12.1 кВА
		Відсутній або дефектний грозозахисний трос на ПЛ 35 кВ	121	2330,72 км	-	4,5 км
		Зменшення ширини просіки на ПЛ 35 кВ	121	2330,72 км	-	66,566 км
		Відсутній або дефектний грозозахисний трос на ПЛ 110 кВ	249	2054,62 км	-	22 км
		Зменшення ширини просіки на ПЛ 110 кВ	249	2054,62 км	-	53,434 км

	1	2	3	4	5	6
4	ПАТ "Миколаївобленерго"	Відсутність ОПН-10 кВ	196	1599,4	28	153,8
		Відсутність ОПН-6 кВ	20	632,3	8	261,2
5	ПАТ "Полтаваобленерго"	0,4 кВ	20327	22073,61	871	945
		10/0,4 кВ	9874	1 799 000	159	13598
		6-10 кВ	933	14205,46	27	426,15
		ПЛ 35-154 кВ	-	5024	0	0
6	АК "Харківобленерго"	РВО 6-10 кВ	8505	15692,3	334	53440 кВА
		ПЛ 110 кВ заміна зношен. тросу	235	3499,863	1	6
		ПЛ 35 кВ заміна зношен. тросу	311	3466,782	3	5,5
7	ПАТ "ЕК "Херсонобленерго"	Відсутність ОПН (ВР) ТП (РП) 6-10 кВ	4708	1027,81	128	28
		Відсутність ОПН (ВР) ПС 35-150 кВ	217	2627,3	16	193
8	ПАТ "Хмельницькобленерго"	ПЛ 10 кВ	925	12805,1	112	770,5
		ПЛ 0,4 кВ	13911	16932,1	629	977,2
		ТП	7196	1486180	712	12816
		РП	63	34446	14	7462
9	ПАТ "Чернігівобленерго"	ПЛ 110 кВ	56	1221,86	3	94,83
		ПЛ 35 кВ	167	2466,734	2	2,4
		ПС 110 кВ	38	977700	2	84100
		ПС 35 кВ	128	567400	5	17100
		ПС 10 кВ	8410	1479873	38	4270
10	ДП "Регіональні електричні мережі"	Неохідна заміна/установка ОПН			3	2140 кВА

Стан забезпечення обладнанням та матеріалами, що не потребують розроблення проектно-кошторисної документації

№ п/п	Ліцензіати	Вид обладнання (матеріалів), необхідних для виконання робіт згідно з Програмою	Загальна потреба, од. вимір.	Наявне забезпечення	
				одиниць вимірювання	% від потреби
	1	2	3	4	5
1	ПАТ "Вінницяобленерго"	Трос 110 кВ	47,6 км	0	0
		Трос 35 кВ	10,5 км	0	0
		Опорна ізоляція 110 кВ: - ВМТ-110	4 шт	0	0
		- ІОС-110-1М	54 шт	0	0
		ОПН-10 кВ	21 шт	0	0
		Розрядники 35 кВ	9 шт	0	0
		Розрядники 110 кВ	6 шт	0	0
		Дріт АС-120	2 т	0	0
		Опорна ізоляція 35 кВ	28 шт	0	0
		Катанка 6,5 мм	18,324 тн	0,554	3,02
		Сталь кругла 14 мм	3,529 тн	0	0
		Сталь кругла 16 мм	10,1 тн	0	0
		Розрядник 10 кВ	1432 шт	73	5,1
		Розрядник 0,4 кВ	4241 шт	162	3,82
2	ПАТ "Закарпаттяобленерго"	Розрядники РВС-33	9	штуки	
		Розрядники РВС-35	9	штуки	
		Розрядники РВС-15	5	штуки	
		Розрядники РВО-10	277	штуки	

		Розрядники РВО-6	97	штуки	
		ОПН 0,38	535	штуки	
		Розрядники РВП-6	9	штуки	
		Розрядники РВП-10	15	штуки	
		ГЗТ С-50	3,6	км.	
	1	2	3	4	5
3	ПАТ "Київенерго"	Випробування вентильних розрядників; вимірювання опору розрядників і елементів розрядників; вимірювання струму провідності розрядників за випрямленої напруги; вимірювання пробивної напруги розрядників РВП, РВО на напругу 3-10 кВ в ТП, РП, ПС	ЕТЛ-35 в кількості 5 од.	4	80
		Вимірювання опору заземлювальних пристроїв ТП, РП, ПС	ЕТЛ-35 в кількості 5 од.	4	80
		Вимірювання опору заземлюючих контурів пристроїв грозозахисту ПЛ 10 кВ	ЕТЛ-35 в кількості 5 од.	4	80
		Контроль стану ізоляції ОПН. Контроль струму провідності ОПН-110 при наявності пристроїв виміру струму провідності під робочою напругою	ЕТЛ-35 в кількості 5 од.	4	80
		Ревізія трубчатих розрядників РТ-10, РТ-35	ЕТЛ-35 в кількості 5 од.	4	80
		Вимірювання опору заземлюючих пристроїв блискавковідводів	ЕТЛ-35 в кількості 5 од.	4	80
4	ПАТ "Кіровоградобленерго"	РВО-6	24	12	50
		РВО-10	270	99	33
		ОПН-35/40,5	30	9	30
5	ВАТ "Тернопільобленерго"	Заміна ГЗТ	1,2 км	0,4	33
		Заміна і підсилення ізоляції	4300	1800	42
6	АК "Харківобленерго"	ГЗТ	11,5 км	4 км	34
		РВО 6-10 кВ	1002	37	4
7	ПАТ "ЕК "Херсонобленерго"	ОПН (ВР)-6-10 кВ ТП (РП)-6-10 кВ	128	4708	2,72
		ОПН (ВР)-6-10 кВ ПС-35 кВ	16	217	7,37
8	ПАТ "Чернігівобленерго"	ГЗТ	97,23 км	2	2,06
		Розрядники РВС-110	3	0	0
		Розрядник РВО-10	27	0	0

Стан забезпечення нормативними документами і проектними рішеннями

№ п/п	Ліцензіати	Види НД (проектних рішень), що необхідні для виконання робіт згідно з Програмою	Ступінь відповідності НД (проектних рішень) завданням програми		
			відповідає	майже відповідає	не відповідає
	1	2	3	4	5
1	ПАТ "Волиньобленерго"	- СОУ-Н ЕЕ 20.302.2007 «Норми випробувань електрообладнання»	так		
		- ГКД 34.35.512-2002 «Засоби захисту від перенапруг...» вказівками щодо визначення залишкового ресурсу вентильних розрядників у відповідності з ГОСТ 16357-83 із змінами та доповненнями	так		
		- ПУЕ видання 2008р.	так		
		- Вибір та експлуатація зовнішньої ізоляції електроустановок 6-750 кВ на підприємствах Міненерго України. Інструкція ГКД 34.51.101-96	так		
		- Типовая инструкция по компенсации емкостно-го тока замыкания на землю в электрических сетях	так		
		- Руководящие указания по защите подстанций 35-500 кВ от прямых ударов молнии и грозовых волн, набегающих с линий электропередачи. Москва, 1975г. Главтехуправление.	так		
2	ВАТ "Запоріжжяобленерго"	Розробка ПСД на перевірку діючої системи грозозахисту від прямого влучання блискавки (2 ПС)	так		
3	ПАТ "Крименерго"	Проекти установки апаратів захисту від перенапруг та ремонту грозозахисту	так		
4	ТОВ "Луганське енергетичне об'єднання"	- СОУ-Н ЕЕ 20.302.2007 «Норми випробувань електрообладнання»	так		
		- ГКД 34.35.512-2002 «Засоби захисту від перенапруг...» вказівками щодо визначення залишкового ресурсу вентильних розрядників у відповідності з ГОСТ 16357-83 із змінами та доповненнями	так		
		- ПУЕ видання 2008р.	так		
		- Вибір та експлуатація зовнішньої ізоляції електроустановок 6-750 кВ на підприємствах Міненерго України. Інструкція ГКД 34.51.101-96	так		
		- Типовая инструкция по компенсации емкостно-го тока замыкания на землю в электрических сетях	так		

		- Руководящие указания по защите подстанций 35-500 кВ от прямых ударов молнии и грозовых волн, набегающих с линий электропередачи. Москва, 1975г. Главтехуправление.	так		
	1	2	3	4	5
5	ПАТ "Львівобленерго"	Правила улаштування електроустановок, 2009р.	так		
		ГКД 34.20.507-2003 Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила, 2003р.	так		
		СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 Норми випробування електрообладнання	так		
		ДСТУ Б В.2.5-38:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд, 2008р.	так		
		ГКД 34.35.512-2002 Засоби захисту від перенапруг	так		
		ГКД 34.51.101-96. Вибір та експлуатація зовнішньої ізоляції електроустановок 6-750 кВ на підприємствах Міненерго України. Інструкція	так		
		Руководящие указания по защите подстанций 35-500 кВ от прямых ударов молнии и грозовых волн, набегающих с линий электропередачи, 1975г.	так		
6	ПАТ "Прикарпаттяобленерго"	1. Норми випробувань електрообладнання. СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007		+	
		2. Засоби захисту від перенапруг у електроустановках 6-750 кВ: Інструкція з монтажу та експлуатації. ГКД 34.35.512-2002		+	
		3. Вибір та експлуатація зовнішньої ізоляції електроустановок 6-750 кВ на підприємствах Міненерго України: Інструкція ГКД 34.51.101-96		+	
		4. Типова інструкція з компенсації ємнісного струму замикання на землю в електричних мережах 6 — 35 кВ ГКД 34.20.172-95		+	
		5. Правила улаштування електроустановок.		+	
		6. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж: Правила ГКД 34.20.507-2003	+		

		7. Ізолятори. Загальні вимоги до пакування, транспортного маркування, транспортування, зберігання, монтажу та експлуатації. СОУ-Н ЕЕ 51.104:2007	+		
	1	2	3	4	5
7	ПАТ "Хмельницькобленерго"	СОУ-Н ЕЕ 20.302:2007 "Норми випробувань електрообладнання"	відповідає		
		ГКД 34.35.512-2002 "Засоби захисту від перенапруг"	відповідає		
		ПУЕ 2008 р. видання.	відповідає		
		Вибір та експлуатація зовнішньої ізоляції електроустановок 6-750 кВ на підприємствах Міненерго України. Інструкція. ГКД 34.51.101-96. Термін перегляду 2002 р.	відповідає		
		Типовая инструкция по компенсации емкостного тока замыкания на землю в электрических сетях 6-35 кВ. ГКД 34.20.172-95. Термін перегляду 2000 р.	відповідає		
		Руководящие указания по защите подстанций 35-500 кВ от прямых ударов молнии и грозовых волн, набегающих с линий электропередачи. Москва, 1975 г.	відповідає		
		Організація підготовки енергооб'єктів до роботи в грозовий сезоні в умовах високих температур зовнішнього повітря.	відповідає		
		Розслідування технологічних порушень які відбулися під час грози та визначення стану грозостійкості об'єктів на якому відбулося порушення.	відповідає		
		Оцінки (аналізу) проходження грозового сезону.	відповідає		
8	ПАТ "ЕК "Чернівціобленерго"	Розробити методичні вказівки щодо підготовки, проходження та завершення грозового сезону			не відповідає
		Надати енергокомпаніям право видачі приписів всім землекористувачам щодо підтримання трас ПЛ у належному стані.			не відповідає
		В Правилах охорони електричних мереж визначити виконання робіт з чистки трас з урахуванням права власності на землю та відповідальних за виконання даних робіт.			не відповідає

Стан забезпечення проектно-кошторисною документацією на 2013 рік

№ п/п	Ліцензіати	Види робіт згідно з Програмою	Загальна потреба, проектів	Наявне забезпечення	
				проектів	% від потреби
1	ВАТ "Запоріжжяобленерго"	Перевірка діючої системи грозозахисту від прямого влучання блискавки (2ПС)	13	11	85
2	ПАТ "Прикарпаттяобленерго"	Заміна РВС на ОПН 110 кВ	4	2	50
		Заміна РВС на ОПН 35 кВ	4	3	75

Забезпечення проектно-кошторисною документацією на 2013 рік

№ п/п	Ліцензіати	Види робіт згідно з Програмою	Загальна потреба в коштах, тис. грн.	Планове забезпечення коштами на 2013 рік	
				тис. грн	% від потреби
1	ПАТ "Вінницяобленерго"	1. Заміна троса ПЛ-110 ТК-9,1	571,6	187,2	33
		2. Заміна троса ПЛ-35 ТК-8,1	119,7	34,2	28
		3. Заміна опорної ізоляції 110 кВ: - ВМТ-110 - ІОС-110-1М	192	192	100
			302,4	302,4	100
		4. Заміна ОПН-10 кВ	18	18	100
		5. Заміна розрядників 35 кВ	57,2	57,2	100
		6. Заміна розрядників 110 кВ	89,1	89,1	100
		7. Заміна дроту АС-120	67,8	67,8	100
		8. Заміна опорної ізоляції 35 кВ	77,28	77,28	100
		9. Відновлення повторних спусків ПЛ-0,4 кВ	255,896	140,378	54,86
		10. Ремонт заземляючого контура ТП 10/0,4 кВ	4899,097	76,417	1,56
		11. Установка взамін пошкоджених (відсутніх) вентильних розрядників на ПЛ 10 кВ	71,379	66,629	93,35
		12. Установка взамін пошкоджених (відсутніх) розрядників 10 кВ ТП 10/0,4 кВ	246,955	184,117	74,55
		13. Установка взамін пошкоджених (відсутніх) розрядників 0,4 кВ ТП 10/0,4 кВ	555,765	222,079	39,96
		14. Розчистка траси ПЛ 10 кВ	1065,499	958,75	89,98
		14. Розчистка траси ПЛ 0,4 кВ	1917,983	1778,51	92,73
2	ПАТ "Прикарпаттяобленерго"	Проектне рішення по заміні РВС на ОПН 35 кВ	24000	0	0

Окремі скорочення

ISO – Міжнародна організація із стандартизації
МЕК, ІЕС – Міжнародна електротехнічна комісія
ANSI – Американський національний інститут стандартизації
NIST – Національний інститут із стандартизації і технології США
ASME – Американське товариство інженерів-механіків
IEEE – Інститут інженерів з електротехніки та електроніки США
NFPA – Національна протипожежна асоціація США
ICLP – (International Conference on Lightning Protection), Міжнародна конференція з блискавкозахисту
ВМО – Всесвітня метеорологічна організація
ІДТ – ідентичний стандарт
NEQ – нееквівалентний стандарт
БЗС – блискавко захисна система
LPMS – електромагнітний імпульс грозових розрядів
LP – (lightning protection) захист від блискавки
LPS – (lightning protection system) система захисту від дії блискавки
LPM – (lightning protection measures) міри захисту від удару блискавки
LEMP – (lightning electromagnetic impulse) міри захисту від електромагнітного імпульсу
ПЗП – пристрій захисту від імпульсних перенапруг
РВ – розрядник вентильний
РТ – розрядник трубчастий
ОПН – нелінійний обмежувач перенапруги
ПІ – захисний іскровий проміжок
РДІ – розрядник довго-іскровий
МКС – мультикамерна система
РМК – розрядник мультикамерний
ІМРК – ізолятор-розрядник мультикамерний
ГІМРК – гірлянда з ізоляторів-розрядників мультикамерних .
ПЛ – повітряна лінія
ЛЕП – лінія електропередавання
ПЛЗ – повітряна лінія із захищеними проводами
ПС – підстанція
РУ – розподільна установка
ВРУ – відкрита розподільна установка
РП – розподільний пункт
ГРЩ – головний розподільний щит
ПУ – пункт управління
КЗ – коротке замикання
САПР – система автоматизованого проектування
ТПВ – технологічна підготовка виробництва
МС – метеостанція
ГІС – геоінформаційна система
ВОЛЗ – волоконно-оптична лінія зв'язку
ОКСН – оптичний само-несущий діелектричний кабель
ОКГТ – оптичний кабель розміщений у грозотросі
ВРП – відкритий розподільчий пристрій

Джерела інформації

1. IEC 62305-1:2006. Protection against lightning. Part 1. General principles. – Geneva, Switzerland: Publication IEC, 2006.
2. IEC 62305-2:2006. Protection against lightning. Part 2. Risk management. – Geneva, Switzerland: Publication IEC, 2006.
3. [IEC 62305-3:2006](#). Protection against lightning. Part 3. Physical damage to structures and life hazard. – Geneva, Switzerland: Publication IEC, 2006.
4. IEC 62305-4:2006. Protection against lightning. Part 4. Electrical and electronic systems, within structures. – Geneva, Switzerland: Publication IEC, 2006.
5. ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010 Менеджмент ризику. Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи. Ідентичний МЭК 62305-1:2010
6. ГОСТ Р МЭК 62305-2-2010 Менеджмент ризику. Захист від блискавки. Частина 2. Оцінка ризику. Ідентичний МЭК 62305-2:2010.
7. Правила устройства электроустановок Российской Федерации 7-е издание
8. РД 34.21.122-87 Инструкции по молниезащите зданий и сооружений.
9. СО–153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций.
10. ГОСТ Р 51992-2002 (МЭК 61643-1-98, IEC - 61643-12(2002) Устройство защиты от перенапряжений для систем распределения. Часть 12. Выбор и принципы применения.
11. Предстандарт СТБ П IEC 62305-2006/2010 ідентичний міжнародному стандарту IEC 62305-2006 «Захист від грозових розрядів» у 4 частинах.
12. СН РК 2.04-29-2005. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.
13. ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд (IEC 62305:2006 NEC). Чинний від 01.01.2009.
14. Жиньлианг Хе, Шангианг Гу, Шуиминг Чен, Ронг Зенг, Вейжианг Чен, Китай, члени IEEE «Воздушные линии с защищенными проводами способы грозозащиты»
15. Эдуард Базелян, д.т.н., профессор, зав. лабораторией молниезащиты ЭНИН им. Г.М. Кржижановского «Практика молниезащиты. Оценка целесообразности защиты от воздействия молнии».
16. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Физика молнии и молниезащита. – Москва: Физматгиз, 2001.
17. Борисов Р.Н., Князев В.В., Кравченко В.И. Новые аспекты молниезащиты объектов // Техническая электродинамика. Тем. выпуск. – 2004. С.109-112.
18. Денис Никитин, заместитель главного инженера — начальник центра инжиниринга электрических сетей ОАО ОРГРЭС «Системы грозопеленгации на страже электросетевого хозяйства».
19. Данилов Г.А., Зубков А.С. ЗАО «ФЕНИКС-88», Боровицкий В.Г., Лошаков Ю.Е. ОАО «Тюменьэнерго» «Надежность воздушных электросетей», «Надежность воздушных электросетей»
20. Михаил Кузнецов, к.ф.-м.н., Михаил Матвеев, к.ф.-м.н., Сергей Носков ООО «ЭЗОП», г. Москва «Инструкция по устройству молниезащиты добавила проблем проектировщикам»
21. «Применение существующих видов разрядников» ОАО «НПО «Стример»
22. «Грозозащита. Защита от импульсных перенапряжений и помех» инженеры ЗАО «Хакель Рос».
23. [«Регистрация грозовой активности»](#), «Гармонизация требований по молниезащите» [Молниезащита – информационно-аналитический](#) сайт <http://proektant.by>

24. http://webflash.ess.washington.edu/TOGA_network_global_maps.htm – діяльність молнии на Земле (онлайн).
25. <http://meteoweb.ru/maps.php> – карти погоди.
26. <http://propogodu.ru/2/503/> – карти погоди в Європі.
27. «Опыт построения систем заземления и молниезащиты на объектах энергетических компаний Украины», – «Промелектро» №1/2011
28. «Как выдержать удар молнии», – АББ Ревю 1/11
29. Компанія GALMAR MARCINIAK S.J. – <http://www.galmar.pl/>
30. Компанія [DEHN + SÖHNE](http://www.dehn.de/) – <http://www.dehn.de/>
31. Компанія CSoft – <http://www.csoft.ru/>
32. Правила улаштування електроустановок. 2-ге вид., переробл. і доп. 2009, - 736 с.
33. Электрические сети и системы. – 2011. – №4. – С.53 – 57.
34. Техническая электродинамика. Тем. выпуск. – 2004. – С.109-112.
35. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості від 31.03.2011 р. №36. Про затвердження та запровадження нової редакції глави 1.7 «Заземлення і захисні заходи від ураження електричним струмом» Правил улаштування електроустановок.
36. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 13.02.2012 р. № 91 Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів, які затверджені та зареєстровані в Міністерстві юстиції України від 02. 03 2012 р. № 350/20663.
37. ГКД 341.003.001.002-2000 Правила проектування вітрових електростанцій (п.9.11).
38. СТУ 4037– 2001 Установки електричні вітрові. Загальні технічні вимоги
39. ДСТУ 3680-98 (ГОСТ 30586-98) Сумісність технічних засобів електромагнітна. Стійкість до дії грозових розрядів. Методи захисту.
40. СОУ 31.2-21677681-19: 2009 Випробування та контроль стану заземлювальних пристроїв електроустановок. Типова інструкція. – 2009. – 56 с.