

*О.В. Кулаков, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,
С.В. Рудаков, к.т.н., доцент, НУЦЗУ*

НОРМУВАННЯ ВИМОГ ДО ШТУЧНОГО ЗАЗЕМЛЮВАЧА СИСТЕМИ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ З ТОЧКИ ЗОРУ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

(представлено д-ром техн. наук Лариным О.М.)

Проаналізовано вимоги до улаштування штучного заземлювача стрижньового та тросового блискавковідводів. Показано, що штучний заземлювач стандартної конструкції при високих питомих опорах ґрунту має високий опір. Збільшення опору заземлювача призводить до погіршення умов розтікання в землі струмів блискавки та появи небезпечних потенціалів на блискавковідводах, що необхідно розглядати як наслідки помилки при проектуванні. Внаслідок цього ймовірність появи джерела запалювання – розряду блискавки – визначається лише ймовірністю влучення блискавки в захищаний об'єкт та буде максимально можливою

Ключові слова: блискавкозахист, блискавковідвід, штучний заземлювач, пожежа

Постановка проблеми. Щороку в Україні відбувається близько 1600 пожеж від грозових розрядів блискавки [1]. Пожежі від блискавки призводять до матеріальних та людських втрат. Тому удосконалення існуючих методів захисту будинків та споруд від розрядів блискавки є актуальним.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Відповідно до вимог [2] запобігання появі в горючому середовищі джерел запалювання повинно досягатися, зокрема, улаштуванням блискавкозахисту для будинків та споруд.

Захист від прямих ударів блискавки (ПУБ) здійснюється шляхом улаштування блискавковідводів [3, 4], складовою частиною яких є заземлювач. Для захисту від ПУБ використовують, як правило, природні заземлювачі. У разі неможливості використання природних заземлювачів для блискавковідводів використовують штучні заземлювачі.

Нормативні документи, що регламентують правила захисту від розрядів блискавки постійно змінюються. Відповідно змінюються й вимоги до улаштування штучних заземлювачів блискавковідводів. До 1987 року величина імпульсного опору штучного заземлювача для кожного окремого або ізольованого блискавковідводу була зафіксована (не повинна перевищувати 10 Ом) [5]. Відповідно конструкція штучного заземлювача розраховувалася виходячи з вимагаємої величини імпульсного опору та питомого опору ґрунту у місці розташування об'єкту.

Нормативним документом [6], введеним 30 липня 1987 року замість [5], пропонувалося застосовувати штучні заземлювачі стандартної конструкції (без їх розрахунку). Під час періодичної перевірки пристроїв блискавкозахисту вимірювався опір струму промислової частоти їх штучних заземлювачів. Заземлювач вважався справним, якщо отримані результати не перевищували більш ніж у 5 разів результати відповідних вимірів під час приймання блискавкозахисту в експлуатацію. Однак, деякі відомчі норми того ж часу введення, наприклад [7], залишили нормування величини опору штучного заземлювача (для об'єктів Міністерства оборони штучний заземлювач повинний мати опір розтіканню струму промислової частоти не більше 10 Ом).

У сучасному нормативному документі [4], введеному в Україні з 01 січня 2009 року, рекомендується застосовувати штучний заземлювач стандартної конструкції, подібної [6] (без розрахунку). Для I і II рівнів блискавкозахисту штучний заземлювач складається з трьох і більше вертикальних електродів довжиною не менше ніж 3 м, об'єднаних горизонтальним електродом і відстанню між ними не менше ніж 3 м. Як матеріал для електродів необхідно застосовувати або сталь перерізом не менше 100 мм² (відповідно до сортаменту круглої сталі мінімальний діаметр 11,5 мм (відповідно, переріз 103,9 мм²) [8]) або мідь перерізом не менше 50 мм².

Того ж часу діючі правила [9] для повітряних ліній електропередачі вимагають для штучного заземлювача захисту від грозових перенапруг опір розтіканню струму промислової частоти не більше 30 Ом.

Європейські норми блискавкозахисту рекомендують використовувати заземлювачі з визначеною величиною опору. Наприклад, стандарт Німеччини DIN V VDE V 0185 (частина 3, пункт 4.4.1) рекомендує величину опору менше 10 Ом.

Для розрахунку конструкції штучного заземлювача застосовуються чисельні методи, наприклад, метод коефіцієнтів використання [10]. Результати розрахунку залежать від типу ґрунту в місці його розташування. Питомий опір ґрунту може коливатися в широких межах (від 40 Ом·м (чорнозем) до 1000 Ом·м та вище (пісок, скеля)).

Постановка задачі та її розв'язання. Визначимо на скільки обґрунтована з точки зору пожежної небезпеки відмова від нормування опору штучного заземлювача блискавкозахисних пристроїв на прикладі штучного заземлювача стрижньового або тросового блискавковідводів.

Розрахуємо опір стандартної конструкції сталевого штучного заземлювача (три вертикальних та горизонтальний електроди виготовлено з круглої сталі діаметром 11,5 мм, вертикальні електроди довжиною 3 м розташовано по контуру на відстані 3 м один від одного, глибина закладення горизонтального електрода 0,5 м від плануваль-

ної відмітки землі) блискавковідводу залежно від типу ґрунту в місці його розташування. Застосовуємо метод коефіцієнтів використання.

Опір розтіканню струму промислової частоти одного вертикального електрода, виготовленого з круглої сталі:

$$R_{В1} = \frac{\rho_{розр}}{2 \cdot \pi \cdot \ell} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot \ell}{d} + \frac{\ell}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot H + \ell}{5 \cdot H - \ell} \right) =$$

$$= \frac{\rho_{розр}}{2 \cdot \pi \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,0115} + \frac{3}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot (0,5 + 1,5) + 3}{5 \cdot (0,5 + 1,5) - 3} \right) \approx 0,37 \cdot \rho_{розр}, [OM],$$

де $\rho_{розр} = \rho_{гр} \cdot \psi$ – розрахунковий питомий опір ґрунту, [Ом·м]; $\rho_{гр}$ – питомий опір ґрунту, [Ом·м]; ψ – коефіцієнту сезонності; ℓ – довжина вертикального електрода, [м]; d – діаметр сталевого кола, з якого виготовлено електрод, [м]; H – відстань від планувальної відмітки землі до середини вертикального електрода, [м].

Коефіцієнт використання вертикальних електродів $\eta_{\Lambda} = 0,66$. Уточнена величина опору вертикального електрода (з урахуванням його коефіцієнта використання):

$$R_{В} = \frac{R_{В1}}{\eta_{В}} = \frac{0,37 \cdot \rho_{розр}}{0,66} = 0,56 \cdot \rho_{розр}, [OM].$$

Опір розтіканню струму промислової частоти горизонтального електрода з круглої сталі:

$$R_{Г1} = \frac{\rho_{розр}}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \frac{L^2}{d \cdot H_1} =$$

$$= \frac{\rho_{розр}}{2 \cdot \pi \cdot 9} \cdot \ln \frac{9^2}{0,0115 \cdot (0,5 + \frac{0,0115}{2})} = 0,21 \cdot \rho_{розр}, [OM].$$

де L – довжина горизонтального електрода, [м]; H_1 – відстань від планувальної відмітки землі до середини горизонтального електрода, [м].

Коефіцієнт використання горизонтального електрода $\eta_{\Lambda} = 0,5$. Уточнена величина опору горизонтального електрода (з урахуванням його коефіцієнта використання):

$$R_{Г} = \frac{R_{Г1}}{\eta_{Г}} = \frac{0,21 \cdot \rho_{розр}}{0,5} = 0,42 \cdot \rho_{розр}, [OM].$$

Опір розтіканню струму промислової частоти штучного заземлювача визначається як опір паралельно з'єднаних горизонтального та вертикальних електродів:

$$R = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{3 \cdot R_\Gamma + R_B} = \frac{0,42 \cdot \rho_{\text{розр}} \cdot 0,56 \cdot \rho_{\text{розр}}}{3 \cdot 0,42 \cdot \rho_{\text{розр}} + 0,56 \cdot \rho_{\text{розр}}} = \frac{\rho_{\text{розр}}}{7,74} = \frac{\rho_{\text{гр}} \cdot \Psi}{7,74},$$

[ОМ].

Імпульсний опір $R_{\text{імп}}$ пов'язаний з опором розтіканню струму промислової частоти R формулою: $R_{\text{імп}} = \alpha \cdot R$, де імпульсний коефіцієнт α залежить від питомого опору ґрунту та дорівнює 0,9 для ґрунту з питомим опором до 100 Ом·м, 0,7 – 100 Ом·м, 0,5 – 500 Ом·м, 0,3 – 1000 Ом·м відповідно.

В таблиці 1 приведено розраховані величини імпульсного та розтіканню струму промислової частоти опорів для стандартної конструкції штучного заземлювача стрижневого або тросового блискавковідводів залежно від властивостей ґрунту в місці його розташування.

Таблиця 1

| Ґрунт | Середній питомий опір $\rho_{\text{гр}}$, Ом·м | Значення Ψ за середньої вологості ґрунту | R, Ом | $R_{\text{імп}}$, Ом |
|----------|---|---|-------|-----------------------|
| Пісок | 700 | 1,56 | 141,1 | 56,4 |
| Супісок | 400 | 1,52 | 78,6 | 39,3 |
| Суглинок | 150 | 1,5 | 29,1 | 20,4 |
| Глина | 70 | 1,36 | 12,3 | 11,1 |
| Чорнозем | 40 | 1,32 | 6,8 | 6,1 |

Висновок. Для ґрунтів з високими питомими опорами (пісок, супісок, суглинок) як імпульсний так і розтіканню струму промислової частоти опори штучного заземлювача блискавковідводу збільшуються та можуть сягати високих значень (сотні Ом). Збільшення опору заземлювача, як відомо [10], призводить до погіршення умов розтікання в землі струмів блискавки та появи небезпечних потенціалів на блискавковідводах, що необхідно розглядати як наслідки помилки при проектуванні. Відповідно [2] при розрахунку ймовірності появи джерела запалювання ймовірність відсутності несправності, неправильного конструктивного виконання або відмови блискавкозахисту приймають рівною одиниці у випадку наявності помилок при його проектуванні. У цьому випадку ймовірність появи джерела запалювання – розряду блискавки –

визначається лише ймовірністю влучення блискавки в захищений об'єкт та буде максимально можливою.

Застосування штучного заземлювача стандартної конструкції стрижньового або тросового блискавководів можливо тільки для ґрунтів з малими величинами питомого опору – до 100 Ом·м (глина, чорнозем).

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.mns.gov.ua/content/national_lecture.html.

2. Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004-91. – [Введеный 1992-07-01]. – Москва: Изд-во стандартов, 1992. – 78 с. – Державний стандарт СРСР.

3. Базелян Э.М. Физика молнии и молниезащиты / Э.М. Базелян, Ю.П. Райзер. – Москва: Физматгиз, 2001. – 320 с. – (Наукове видання).

4. Инженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд (ІЕС 62305:2006 NEC): ДСТУ Б В.2.5-38:2008. – [Чинний від 2009-01-01]. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. – 63 с. – (Національний стандарт України).

5. Инструкция по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений: СН 305-77. – Москва: Стройиздат, 1978. – 47 с. – (Керівний документ Держбуду СРСР).

6. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений: РД 34.21.122-87. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 56 с. – (Керівний документ Міненерго СРСР).

7. Инструкция по проектированию, устройству и эксплуатации молниезащиты и защиты от статического электричества зданий и сооружений Министерства обороны: ВСН 58-87. – Москва: Минобороны, 1987. – 113 с. – (Керівний документ Міноборони СРСР).

8. Сталь калиброванная круглая. Сортамент: ГОСТ 7417-75. – [Введеный 1976-01-01]. – Москва: Изд-во стандартов, 1975. – 5 с. – (Державний стандарт СРСР).

9. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. – Харків: Індустрія, 2007. – 288 с.

10. Князевский Б.А. Охрана труда в электроустановках – Москва: Энергоатомиздат, 1983. – 320 с.
nuczu.edu.ua

О.В. Кулаков, С.В. Рудаков

Нормирование требований к искусственному заземлителю системы молниезащиты с точки зрения пожарной опасности.

Проанализированы требования к устройству искусственного заземлителя стержневого и тросового молниеотводов. Показано, что искусственный заземлитель стандартной конструкции при высоких удельных сопротивлениях грунта

имеет высокое сопротивление. Увеличение сопротивления заземлителя приводит к ухудшению условий растекания в земле токов молнии и появлению опасных потенциалов на молниеотводах, что необходимо рассматривать как последствия ошибки при проектировании. Вследствие этого вероятность появления источника зажигания – разряда молнии – определяется только вероятностью попадания молнии в защищаемый объект и будет максимально возможной.

Ключевые слова: молниезащита, молниеотвод, искусственный заземлитель, пожар

O.V. Kulakov, S.V. Rudakov

Standardized of requirements for man-made earthing of system lightning protection for ensuring a fire hazard.

Requirements to man-made earthing of lightning lead are describe. Standard construction of man-made earthing at high resistant of soil will be have high resistant. If resistant of man-made earthing is high, conditions of flow current lightning in earth will be bad, nigh potential will appear on lightning leads, that it is necessary to consider as an error consequence at designing. Thereof the probability of occurrence of a source of ignition – the lightning category – is defined only by probability of hit of a lightning in protected object and will be greatest possible.

Keywords: lightning protection, lightning lead, man-made earthing, fire