

УДК 621.316.98: 699.887.2

В. О. ДЬЯКОВ – к.т.н., доцент, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна, elpostz@i.ua, dva-44@i.ua, dva-44@e.diit.edu.ua, ORCID: 0000-0002-6141-8393

О. В. ШЕВЧЕНКО – магістр, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені акад. В. Лазаряна, shevchenko20031972@gmail.com

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЗОНИ ЗАХИСТУ БЛИСКАВКОВІДВОДІВ

Вступ

Захист пристроїв тягового електропостачання від атмосферних перенапруг дуже важливе питання в експлуатації обладнання, так як перенапруження дуже небезпечні.

Грози, що супроводжуються розрядами атмосферної електрики – досить розповсюджене явище природи. Одночасно на земній кулі відбувається до 1800 гроз і кожен секунду відзначається близько 100 розрядів блискавки.

За даними ЮНЕСКО, в період з 1947 по 1970 рік у блискавок на землі щорічно гинуло 20 000 чоловік. Щорічний збиток, що наноситься блискавками, складає сотні мільйонів доларів.

У 1750 р. Бенджамін Франклін висловив припущення про електричну природу блискавки і запропонував ідею блискавковідводу, який з тих пір міцно увійшов вжиток захисту від блискавок. У 1753 р. видатний російський учений М. В. Ломоносов підтвердив припущення Б. Франкліна і сформулював принцип захисту об'єктів від прямих ударів блискавки [1].

Поки неможливо передбачити, яким шляхом буде поширюватися блискавка і куди потрапить. Відомі випадки, коли блискавка потрапляла в основу блискавковідводу. Не ясно, як за час розряду, що триває тисячні частки секунди, вона встигає зібрати заряди з мільярдів крапельок в грозовій хмарі.

Науці відомо багато різновидів блискавок: лінійна, стрічкова, кульова та ін. Всі вони вивчені поки недостатньо повно. Тому вчені дуже зацікавлені в зборі докладних

відомостей про різні форми атмосферної електрики.

У зв'язку з цим великий інтерес представляє вивчення розвитку блискавки і способів захисту від неї досвідченим шляхом на моделях.

Метою даної статті є експериментальне визначення зони захисту блискавковідводів в лабораторних умовах на моделях. **Наукова новизна.** Результати досліджень показали, що для захисту об'єктів від прямого удару блискавки можна ефективно використовувати стрижневі блискавковідводи, зону захисту яких можна визначати в лабораторних умовах. **Актуальність роботи.** Враховуючи, що захист ізоляції обладнання тягових підстанцій і контактної мережі в пристроях тягового електропостачання від атмосферних перенапруг являється в даний час актуальним. В зв'язку з цим визначення зони захисту стрижневих блискавковідводів в лабораторних умовах представляє практичний інтерес, підвищує ефективність навчального процесу на кафедрі і дозволяє забезпечити підготовку висококваліфікованих спеціалістів в області тягового електропостачання. **Практичне значення отриманих результатів.** Розроблений і змонтований стенд в високовольтній лабораторії кафедри дозволяє експериментально визначити зону захисту стрижневих блискавковідводів.

Захист від прямих ударів блискавки

Захист від прямих ударів блискавки здійснюється за допомогою високих вертикальних стрижневих блискавковідводів і

тросових блискавковідводів над проводами ПЛ напругою 110 кВ і вище [7].

Блискавковідвід орієнтує заряд блискавки на себе, відводячи його від об'єкта, що захищається, в землю. Розрізняють стрижневі й тросові (на повітряних лініях) блискавковідводи.

Стрижневі блискавковідводи встановлюють вертикально. Вони повинні бути вище об'єктів, що захищаються. Зона захисту одиночного стрижневого блискавковідводу – простір, захищений від прямих ударів блискавки. Ця зона має вигляд конуса, утворююча якого має вигляд кривої лінії (рис. 1) [2]. При великій протяжності або ширині об'єкта встановлюють кілька блискавковідводів. Відстань між блискавковідводом і об'єктом, що захищається має бути більше 5 м [6].

Радіус зони захисту одиночного стрижневого блискавковідводу висотою $h \leq 30$ м визначається з виразу [3]:

$$r_x = \frac{1.6 \cdot h_a}{1 + \frac{h_x}{h}} \quad (1)$$

Експериментальне визначення зони захисту стрижневого блискавковідводу

Експериментально зона захисту стрижневого блискавковідводу визначалася на моделі в високовольтній лабораторії університету. В якості моделі блискавки використовувався іскровий розряд в міжелектродному проміжку стрижень – площина (рис. 2).

Під час проведення дослідів стрижень імітував собою кінець лідерного розряду блискавки, тому на нього подавався негативний потенціал від високовольтної випробувальної установки (рис. 3) [5].

Експериментальне визначення зони захисту блискавковідводу полягає в наступному: модель блискавковідводу переміщалася відносно моделі об'єкта, що захищається, в горизонтальному напрямку [4].

В результаті визначалася максимальна відстань між об'єктом, що захищається, і блискавковідводом, при якому об'єкт не уражається іскровим розрядом (рис. 4). Ця відстань є радіусом зони захисту блискавковідводу r_x на висоті h_x .

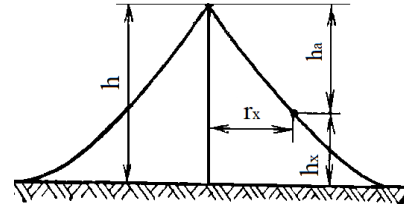


Рис. 1. Зона захисту стрижневого одиночного блискавковідводу:

h_x – висота об'єкта, що захищається;

h_a – активна висота блискавковідводу, що дорівнює перевищенню блискавковідводу над висотою об'єкта; h – висота блискавковідводу, r_x – радіус зони захисту блискавковідводу на висоті h_x

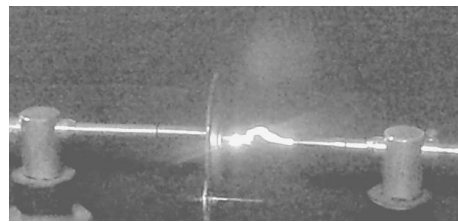


Рис. 2. Іскровий розряд в міжелектродному проміжку стрижень – площина

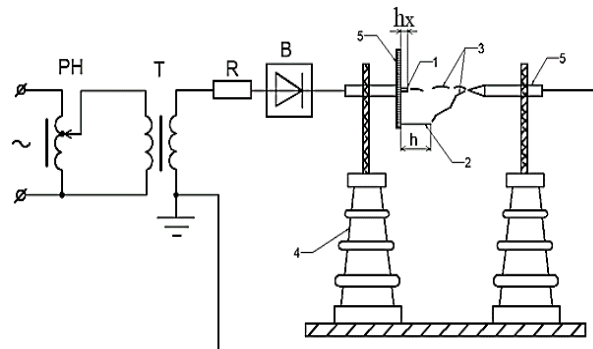


Рис. 3. Принципова схема високовольтної випробувальної установки:

PH – регулятор напруги; Т – випробувальний трансформатор; R – захисний опір; В - випрямляч; 1 – об'єкт, що захищається; 2 – блискавковідвід; 3 – іскровий розряд; 4 – опорний ізолятор; 5 – електроди

Побудова зони захисту блискавковідводу здійснювалася після визначення r_x для різних по висоті моделей захисних об'єктів. Під час експерименту висота моделі стрижневого блискавковідводу приймалася рівною $h = 61$ мм.

Використовуючи результати вимірювань можна отримати розрахунковий вираз для визначення r_x для моделі блискавковідводу:

$$r_x = 2,3 \cdot (h - h_x) \quad (2)$$

Результати розрахунку і вимірювань r_x наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Експериментальні та розрахункові результати визначення радіуса зони захисту блискавковідводу

h_x , мм		61	38	18	10	0
r_x , мм	Результати вимірювань	0	60	100	120	140
	Результати розрахунків	0	52,9	98,9	117	140

Побудована за результатами вимірювань (крива 2) та розрахунків (крива 1) зона захисту стрижневого блискавковідводу наведена на рис. 5.

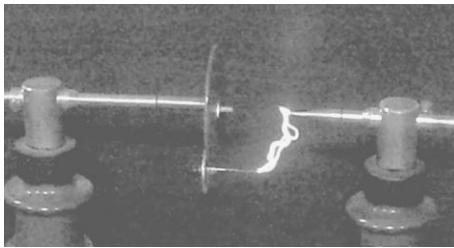


Рис. 4. Іскровий розряд на блискавковідвід

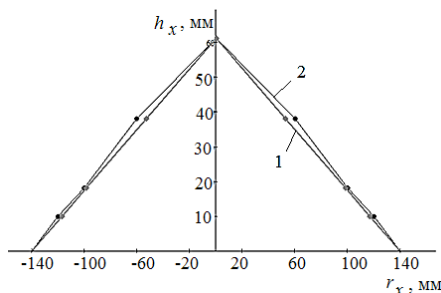


Рис. 5. Зона захисту блискавковідводу

Висновки

Результати експериментального визначення зони захисту стрижневого блискавковідводу виконані на моделях в високовольтній лабораторії університету практично збіглися з результатами розрахунку по отриманій емпіричній розрахунковій формулі.

В результаті проведених досліджень експериментального визначення зони захисту стрижневого блискавковідводу на моделі в високовольтній лабораторії університету можна зробити висновок про те, що отримана в лабораторії зона захисту блискавковідводу носить умовний характер. Це обумовлено тим, що в лабораторних умовах можна тільки дуже наближено моделювати реальні процеси, які відбуваються при розрядах блискавки в натурних (природних) умовах. Однак такі дослідження істотно підвищують якість навчального процесу при вивченні способів захисту від прямих ударів блискавки пристроїв тягового електропостачання.

Бібліографічний список

- Егоров, В. В. Техника высоких напряжений. Перенапряжения в устройствах электрической тяги. Профилактические испытания изоляции [Текст] / В. В. Егоров. – М.: Маршрут, 2004. – 188 с.
- Базуткин, В. В. Техника высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электрических системах [Текст] / В. В. Базуткин, В. П. Ларионов, Ю. С. Пинталь: Под общ. ред. В. П. Ларионова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 464 с.
- Радченко, В. Д. Техника высоких напряжений устройств электрической тяги [Текст] / В. Д. Радченко. – М.: Транспорт, 1975. – 360 с.
- Борисоглебский, П. В. Техника высоких напряжений [Текст] / П. В. Борисоглебский, Л. Ф. Домоховская, В. П. Ларионов, Ю. С. Пинталь, Д. В. Разевиг, Е. Я. Рябкова: Под общ. ред. Д. В. Разевига. – М.: Энергия, 1964. – 472 с.

5. Кім, Д. Є. Техніка та електрофізика високих напруг [Текст] / Є. Д. Кім, В. О. Дьяков, В. Г. Сиченко; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2009. – 63 с.
6. IEEE – SA Standard Board, Draft Standard for Grounding Practice for DC Electrification Overhead Contact Systems, Including Application of Lightning Arrester for Transit Systems. Piscataway, NJ 08854, United States Of America: IEEE Standard Activities Department, 2012.
7. Lightning Protection Solutions. ERICO SYSTEM 2000. Catalogs. E1147C-WWEN. English. [Електронний ресурс]/ Режим доступу:
<https://www.erico.com/catalog/literature/E1147C-WWEN.pdf>

Ключові слова: атмосферна електрика, прямий удар блискавки, блискавковідвід, модель, зона захисту.

Ключевые слова: атмосферное электричество, прямой удар молнии, молниеотвод, модель, зона защиты.

Keywords: atmospheric electricity, direct lightning strike, lightning rod, model, protection zone.

Рецензенти:

проф., д.т.н., А. Б. Бойнік,
проф., д.т.н., А. М. Афанасов.

Надійшла до редколегії 15.11.2017.

Прийнята до друку 27.11.2017.