

# ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ РУ ПІДСТАНЦІЙ ВІД ГРОЗОВИХ ХВИЛЬ, ЩО НАБІГАЮТЬ З ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ

Козлов О.Ю., студент, Крисенко Д.С., асистент  
НТУУ «КПІ», кафедра техніки і електрофізики високих напруг

**Вступ.** Захист підстанцій від хвиль грозових перенапруг, що набігають з повітряних ліній, базується на виборі відповідних захисних заходів, щоб забезпечити таке зниження впливу хвиль грозових перенапруг, при яких протягом нормованого строку експлуатації не будуть перевищені допустимі значення перенапруг для електроустаткування.

Надійність блискавкозахисту РУ підстанцій оцінюється середнім числом виникнення небезпечних для ізоляції підстанцій грозових імпульсів за рік, яке може бути визначене за формулою [1]:

$$N_{\text{н.хв.}} = N \cdot N_{\text{г.г.}} \cdot L_{\text{н.з.}} \cdot n_{\text{пл}} (1 - k_{\text{е}}) (P_{\alpha} \cdot \psi_{\text{пр}} + \delta_{\text{оп}} \cdot P_{\text{оп}} \cdot \psi_{\text{оп}}) \cdot 10^{-4}, \quad (1)$$

де  $N$  – кількість грозових ударів в повітряну лінію (ПЛ) довжиною 100 км при 100 грозоводин на рік;  $N_{\text{г.г.}}$  – кількість грозоводин на рік;  $L_{\text{н.з.}}$  – довжина небезпечної зони, км;  $n_{\text{пл}}$  та  $k_{\text{е}}$  – кількість приєднаних до РУ ПЛ та коефіцієнт їх взаємного екранування, відповідно;  $P_{\alpha}$  – ймовірність прориву блискавки на провід на довжині небезпечної зони;  $\delta_{\text{оп}}$  – частка ударів блискавки в опори, відн. од.;  $P_{\text{оп}}$  – ймовірність зворотнього перекриття лінійної ізоляції при ураженні блискавкою в опору;  $\psi_{\text{пр}}$  та  $\psi_{\text{оп}}$  – частки небезпечних для ізоляції підстанції імпульсів, відповідно, при прориві блискавки на провід та при зворотньому перекритті лінійної ізоляції, що виникають в межах небезпечної зони.

Для визначення  $\psi_{\text{пр}}$  та  $\psi_{\text{оп}}$  необхідно враховувати велику кількість параметрів, які статистично змінюються. На даний час розроблено декілька версій програм розрахунку ймовірності виникнення небезпечних перенапруг на електрообладнанні підстанцій [1], однак вони не дозволяють виконувати оцінку надійності блискавкозахисту конкретних підстанцій (наприклад, з урахуванням вольт-амперної характеристики захисного апарату, місце встановлення на підстанції, тощо), та особливостей грозозахисного підходу (конструкції опор, опір заземлення опор, тощо). Тому питання оцінки надійності блискавкозахисту РУ підстанцій від грозових хвиль, що набігають з повітряних ліній електропередавання залишається актуальним.

**Мета роботи.** Метою даної статті є опис алгоритму визначення надійності блискавкозахисту РУ підстанцій від грозових хвиль, що набігають з повітряних ліній, який розроблений та використовується на кафедрі техніки і електрофізики високих напруг.

**Матеріали і результати досліджень.** Середня повторюваність небезпечних перенапруг, які виникають на підстанції в цілому (в роках), визначається за формулою

$$T_{\text{н.хв.}} = \frac{1}{N_{\text{н.хв.}}}, \quad (2)$$

де  $N_{\text{Н.ХВ.}}$  визначається за формулою (1), в якій:

- $N_{\text{Г.Г.}}$  задається в залежності від місця розташування підстанції;
- $N$ ,  $P_{\alpha}$  та  $P_{\text{оп}}$  розраховується за [1] в залежності від параметрів ПЛ;
- $L_{\text{НЗ.}}$  вибирається як фактична довжина грозозахисного підходу за [2];
- $n_{\text{ПЛ}}$  та  $k_{\text{Е}}$  вибирається для кожного конкретного типу підстанцій.

Визначення параметрів  $\psi_{\text{пр}}$  та  $\psi_{\text{оп}}$  виконується на розроблених в програмному комплексі ЕМТР моделях “ВРУ+ПЛ” з урахуванням деяких припущень [3]. Алгоритм розрахунку параметрів  $\psi_{\text{пр}}$  та  $\psi_{\text{оп}}$  наступний:

1. Обирається  $i$ -а лінія з  $N_{\text{ПЛ}}$  приєднаних до ВРУ ПЛ.
2. Задається розрахунковий випадок (удар блискавки в трос, опору, фазний провід).
3. Задається відстань  $x$  від місця удару блискавки в лінію до входу на ПС.
4. Для обраного випадку в детальній ЕМТР-моделі “ВРУ+ПЛ” виконується розрахунок грозових перенапруг на електрообладнанні ВРУ. В кожному із розрахунків параметри імпульсу струму блискавки приймаються з урахуванням обраного закону розподілу параметрів струму блискавки.
5. Фіксується число грозових перенапруг на електрообладнанні ВРУ із зазначенням максимальної напруги, значення якої перевищує величину допустимої напруги для внутрішньої ізоляції електроустаткування за [3].
6. Отримане число перенапруг за п.5 співвідноситься із загальною кількістю виконаних експериментів, що дає частку небезпечних для ізоляції підстанції імпульсів  $\psi_{\text{пр}}$  та  $\psi_{\text{оп}}$ .

Так, наприклад, для ВРУ 330 кВ (схема “Чотирикутник” з встановленням біля кожного силового автотрансформатора на відстані 35 метрів ОПН з однаковими вольт-амперними характеристиками та із залишковою напругою 700 кВ при грозовому імпульсі струму 8/20 мкс з амплітудою 10 кА; довжина грозозахисного підходу на залізобетонних опорах типу ПБ-330-1 з опором заземлення кожної опори 10 Ом – 2,5 км) показник надійності блискавкозахисту був розрахований як  $T_{\text{Н.ХВ.}} = 1040$  років (при рекомендованих згідно [1] 600-800 років).

**Висновки:** Розроблений алгоритм оцінки з використанням програмного підходу дозволить студентам досліджувати вплив характеристик опор та конфігурацій системи “ВРУ+ПЛ” (заземлення опор, розташування захисних апаратів, тощо) на надійність блискавкозахисту підстанцій.

#### Перелік посилань

1. РД 153–34.3–35.125–99 Руководство по защите электрических сетей 6–1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений / Под научной редакцией Н. И. Тиходеева. – 2-е изд. СПб, ПЭИПК Минтопэнерго РФ, 1999. – 355 с.
2. Правила улаштування електроустановок. 5-те вид., перероб. і доп. – Харків: Вид-во "Форт", 2014. – 793 с.
3. Бржезицький В.О., Маслюченко І.М., Крисенко Д.С. Визначення захисних відстаней від обмежувачів перенапруг до електроустаткування підстанцій 110-750 кВ / Наукові праці НУХТ. Том №20. – 2014, №2. – с.161-168.