

МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК БЛИСКАВОК НА ВИСОКИХ СПОРУДАХ

Бормотов О.В., аспірант, Шостак В.О., к.т.н., доц.

НТУУ «КПІ», кафедра техніки і електрофізики високих напруг

Вступ. В роботі розвиваються питання визначення характеристик блискавок на високих споруд і в їх околиці [1]. Аналіз проведено на основі змодельованих даних навколо модельної високої споруди за період 200 років.

Мета роботи. Дослідити місця уражень та розподіли різних параметрів блискавок в околиці модельної вежі з використанням попередніх напрацювань щодо аналізу записів систем дистанційної реєстрації блискавок (СДРБ). Отримати типові розподіли щільності ударів поблизу споруди і дослідити їхні особливості з метою полегшення інтерпретації реальних записів СДРБ.

Матеріали і результати досліджень. Для моделювання як вхідні параметри вибрано характеристики блискавок в околиці телевізійної вежі СІІ на відстані 2,3-18 км від неї [1]. Модельна вежа має координати 43,472 N, -79.5 W та ефективну висоту 316 метрів. Генерування випадкових координат подій здійснювалося для території, яка обмежена координатами 43,455÷43,489 N, -79,5225 ÷ -79,4775 W, тобто площа ділянки становить 14 км². Середня щільність ударів блискавок в околиці СІІ за 2000-2009 роки систематичних спостережень становить $n_g = 5,025 \frac{\text{уд.}}{\text{км}^2 \cdot \text{рік}}$ (4,8 та 0,225 відповідно для ударів негативної та позитивної полярності). Координати подій розподілені по цій території загально рівномірно (рис. 1), в той час як значення амплітуд струмів блискавок у спостереженнях підкоряється логнормальному закономірному розподілу з параметрами, які подано в табл. 1. Ці вихідні розподіли визначені в попередніх дослідженнях [1] для негативної і позитивної полярності та показані на рис. 2.

Таблиця 1 – Параметри струмів та кількість уражень блискавками території в околиці модельної вежі

Параметри моделювання	Негативна полярність	Позитивна полярність	Разом
Щільність ударів, $\frac{\text{уд.}}{\text{км}^2 \cdot \text{рік}}$	4,8	0,225	5,025
Кількість ударів блискавок	13 440	630	14 070
Параметри розподілу значень струмів	$\mu = 2,663$ $\sigma = 0,55617$	$\mu = 3,1235$ $\sigma = 0,67315$	-

Долю ударів вгору зі споруди (з усіх ударів на ній) розраховано за формулою [2]:

$$P_U = 52.8 \cdot \ln(H) - 230 = 73,9 (\%) \quad (1)$$

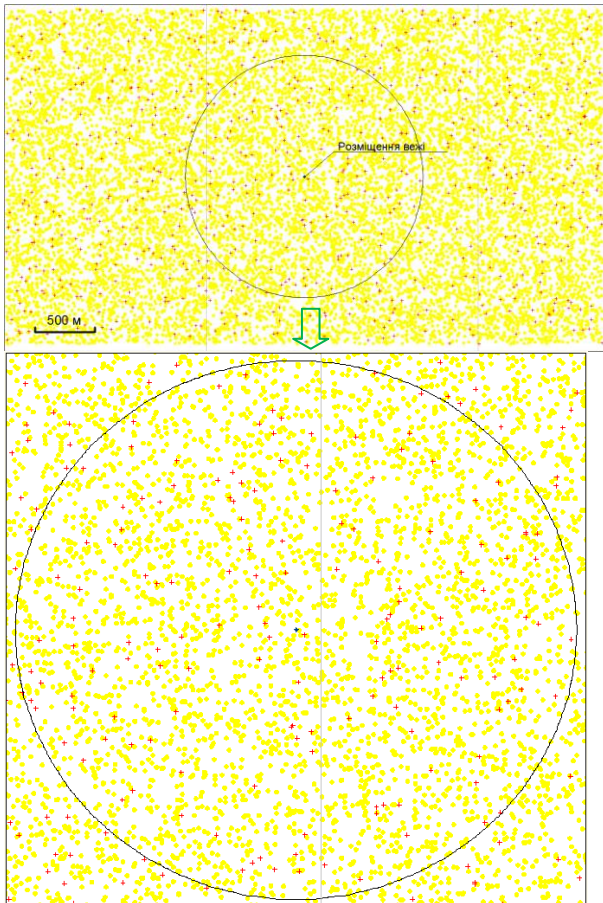


Рисунок 1 – Розподіл ударів обох полярностей навколо вежі (без урахування високої споруди)

(рис. 3 – 5) визначено повну кількість ударів на вежі та розподіли щільності ударів поблизу вежі (направлених донизу та усіх) – рис. 6 та 7. Також визначено кумулятивні статистичні розподіли амплітуд струмів для ударів на вежі донизу (з урахуванням притягання) та всіх (донизу та вгору), які порівняно з розподілами амплітуд струмів ударів вниз у землю в околиці вежі – рис. 8 та 9.

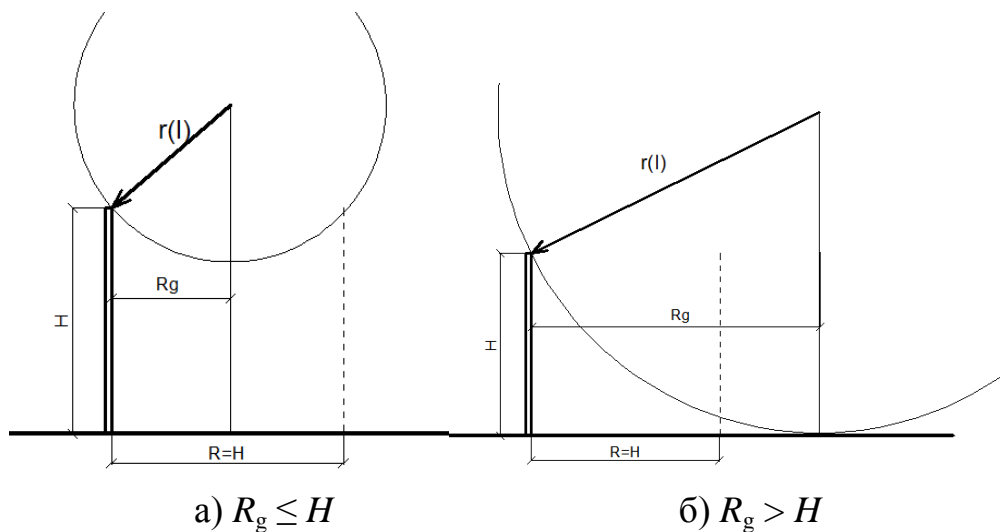


Рисунок 3 – Ескізи до алгоритму відбору ударів, що влучають у вежу

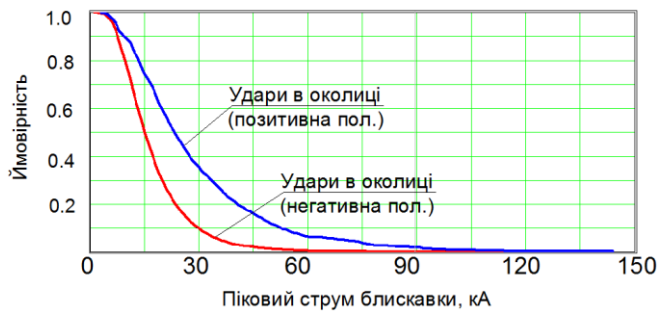


Рисунок 2 – Кумулятивний розподіл амплітуд струмів ударів вниз позитивної та негативної полярності (без урахування високої споруди), за спостереженнями [1]

Згідно аналізу із застосуванням електрогеометричної моделі (ЕГМ) і розробленого алгоритму (рис. 3 та 4), кількість ударів донизу у вежу становить 16. Тож розрахункова кількість ударів вгору становить 45 ударів (42 – негативної полярності, а 3 – позитивної). Для ударів вгору з вежі прийнято кумулятивний статистичний розподіл амплітуд струмів як для наступних ударів в розрядах типу хмара-земля [2]. В ході моделювання

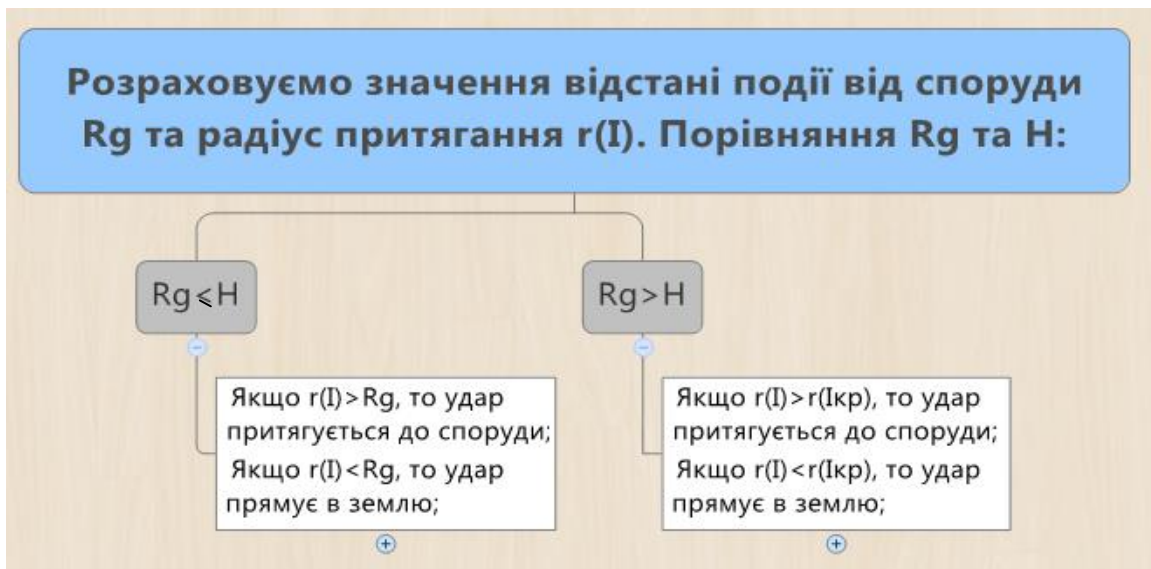


Рисунок 4 – Частина алгоритму відбору ударів, що влучають у вежу

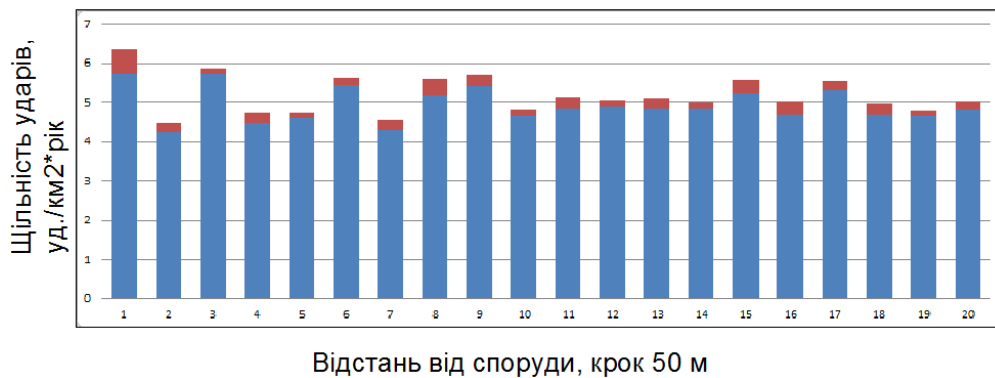


Рисунок 5 – Щільність генерованих ударів типу хмара-земля (синій колір – негативна полярність, червоний – позитивна)

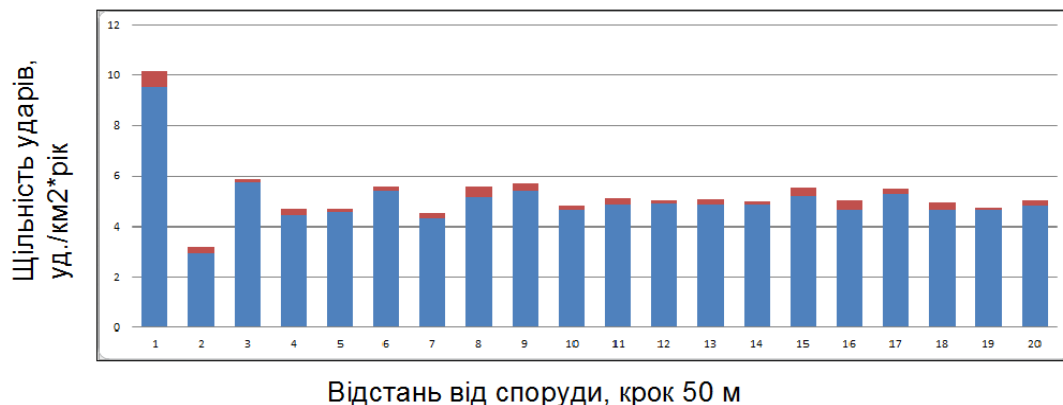


Рисунок 6 – Щільність ударів типу хмара-земля з урахуванням притягання до вежі за ЕГМ (синій колір – негативна полярність, червоний – позитивна)

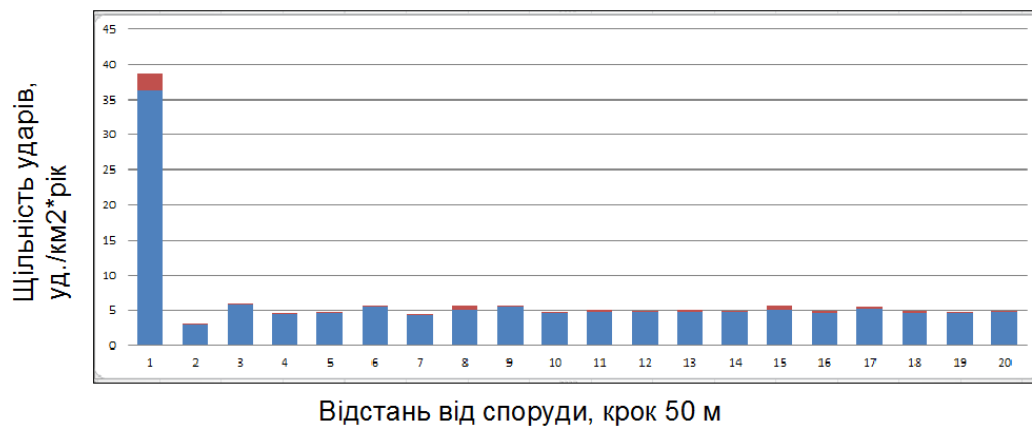


Рисунок 7 – Щільність усіх ударів з урахуванням притягання до вежі (синій колір – негативна полярність, червоний – позитивна)

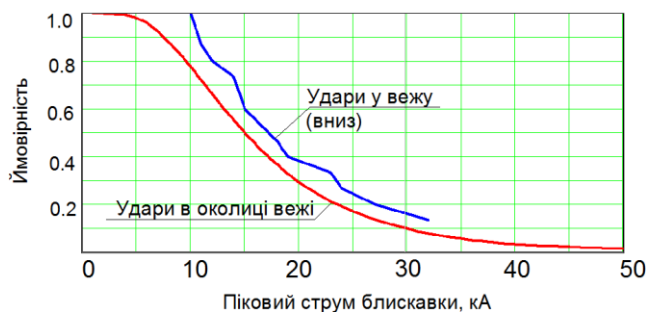


Рисунок 8 – Розподіли амплітуд струмів ударів вниз у вежу та у землю поряд з вежею

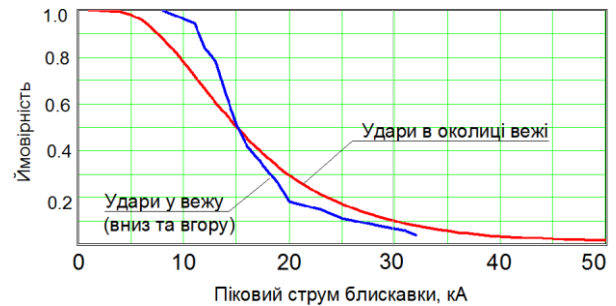


Рисунок 9 – Розподіли амплітуд струмів ударів всіх у вежу (вниз та вгору) та у землю поряд з вежею

Висновок. 1) Отримані модельні розподіли щільностей ударів блискавок поблизу вежі подібні до таких розподілів поблизу високих споруд, отримані з систем дистанційної реєстрації блискавок. 2) Оцінено характеристики всіх ударів у вежу з висотою 316 м при $n_g = 5,025 \frac{\text{уд.}}{\text{км}^2 \cdot \text{рік}}$ і їх загальну кількість, яка становить 61 ударів. 3) Удари у вежу з хмар донизу мають 50-% значення амплітуд струмів 17.2 кА, тобто дещо більші ніж 15 кА для ударів в околиці вежі. В той же час для всіх ударів на вежі (донизу та вгору) і в околиці неї (донизу) 50-% значення амплітуд струмів практично однакові і становлять близько 15 кА. 4) Отримані результати дозволяють розвинути алгоритми інтерпретації даних СДРБ.

Перелік посилань

1. V. Shostak, O. Bormotov, T. Smatloch, “Characteristics of Lightning at Tall Structures and Adjacent Areas Based on Detection Network Data” // *Proc. 32th International Conference on Lightning Protection (ICLP-2014)*, Shanghai, China, 2014.
2. CIGRE TB 549, “Lightning parameters for engineering applications”, WG C4.407 (Convenor V. Rakov), 2013.