

МЕТАЛЕВИЙ ТОНКОСТІННИЙ ДАХ В СИСТЕМІ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ: РОЗПОДІЛ СТРУМІВ ПО ОПОРАМ

Бондар О.І., аспірант, Шостак В.О., к.т.н., доц.

НТУУ «КПІ», кафедра техніки і електрофізики високих напруг

Вступ. Нормативні документи дозволяють при забезпеченні певних умов використовувати тонкостінні металеві покрівлі як блискавкоприймачі, незважаючи на можливість пропалювання [1, 2]. При ураженні покрівлі даху, яка є складовою частиною зовнішньої системи блискавкозахисту (СБЗ), блискавкою її струм стікає до землі через опори (металеві елементи, на яких утримується покрівля великої площі) і далі на конструкцію споруди. Цей струм розподіляється між опорами нерівномірно. При цьому найбільша частка струму припадає на опори, що найближче розташовані до місця ураження. Зазначені часткові струми можуть здійснювати різні впливи (теплові, механічні та ін.), які вся конструкція споруди має витримувати. Найчастіше в типових покрівлях великої площі листи металу фальцями укладаються на згадані опори, а останні кріпляться до інших конструктивних елементів за допомогою саморізів. Місця ураження покрівлі та проходження струму через саморізи є одними із самих навантажених з теплової та механічної точки зору на всьому шляху струму блискавки від точки контакту зі спорудою до землі. Зокрема, пошкодження місця кріплення опор покрівлі може призвести до послаблення механічної цілісності конструкції даху і його здатності протистояти небезпечним погодним умовам (урагани, накопичення снігу і т.п.), а також викликати термічні руйнування теплової ізоляції та герметизуючих мембран під покрівлею. Тому важливо мати можливість проводити оцінки розподілів обговорюваних струмів через елементи конструкції даху для визначення можливих небезпечних наслідків та врахування цих даних при розробці даху.

Мета роботи. Оцінити розподіл струму блискавки по опорах даху для двох випадків: 1) блискавка влучає в дах між двома опорами, на однаковій відстані від них; 2) блискавка влучає в дах безпосередньо над опорою.

Матеріали і результати досліджень. Аналіз процесу ураження блискавкою зазначених конструкцій покрівлі та інших елементів даху, які мають складну геометрію, зважаючи на відповідну складність геометрії моделі, потребує застосування чисельних методів розрахунку. Для виконання поставленої задачі був обраний програмний пакет Comsol Multiphysics.

Опори, на яких встановлена покрівля, розміщуються на конструкції з певним кроком та в певному порядку. В роботі наводяться результати для варіанту системи, в якій опори вздовж кожного фальця розставлені з кроком 0.85 м, а в паралельних фальцях вони розміщені навпроти один одного (без зсуву). З урахуванням симетричності системи, що розглядається, моделювалася тільки $\frac{1}{4}$ частина даху з вибраної ділянки поблизу місця удару блискавки.

Аналіз проведено для двох випадків, які зазначено в меті роботи.

Загальний вигляд моделі даху для випадку 1, тобто ураження блискавкою між опорами, представлено на рис. 1, де L – канал блискавки, 1 - б – опори, на

яких розміщено дах (1, 4 – видно на рисунку; 2, 3, 5, 6 – на рисунку позначено короткою лінією місце контакту їх з фальцем). Вигляд зверху та поперечний переріз моделі даху представлено на рис. 2.

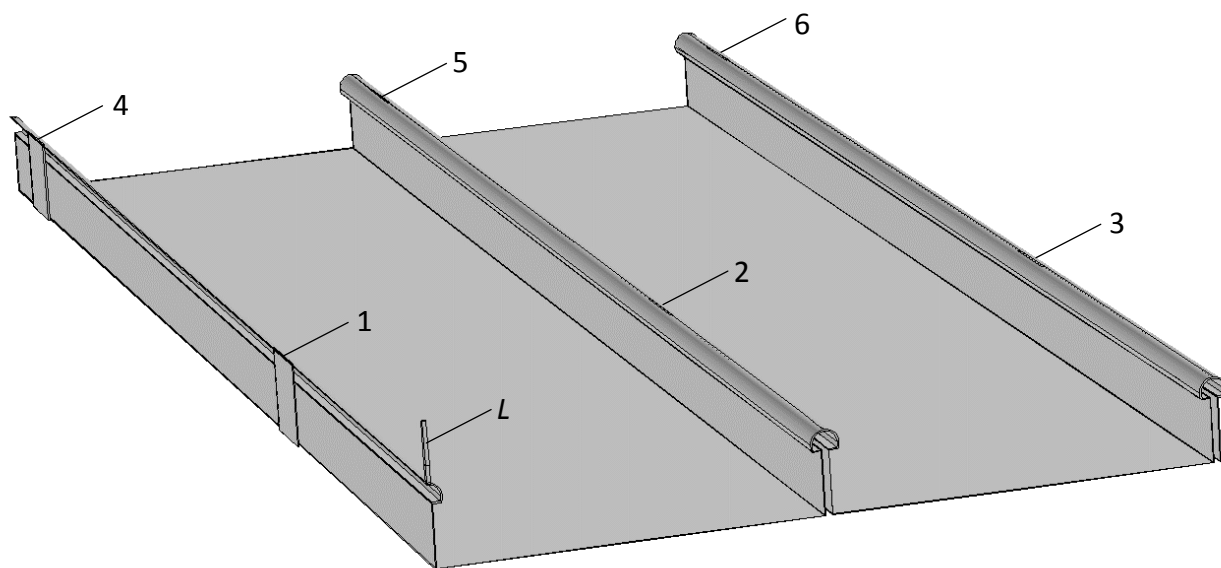


Рисунок 1 – Загальний вигляд моделі даху

В роботі представлено результати моделювання для наступних умов. Канал блискавки – вертикальний (розрахункова довжина 47.6 мм). Покрівля – 0.6 мм. Струм блискавки – синусоїдальний з амплітудою 100 кА та частотою 25 кГц, що є характерною найвищою частотою для позитивного удару блискавки з фронтом 10 нс. Доля в $\frac{1}{4}$ струму блискавки інжектувалася у вершину каналу. Для каналу блискавки та даху прийнято: питома електрична провідність – $\sigma = 1.429 \cdot 10^6$ См/м, відносна діелектрична проникність – $\epsilon = 1$, відносна магнітна проникність – $\mu = 1$. Область повітря вважалася непровідним середовищем з $\epsilon = 1$ та $\mu = 1$. Області повітря знаходилися лише в місцях навколо опор для врахування взаємодії струмів що стікають по опорах та струмів що протікають по покрівлі. Взаємодії між струмами в каналі блискавки та струмами в інших частинах даху, а також між струмами по даху між собою нехтувалися.

Застосовано наступні граничні умови. На бокових поверхнях розрахункової області (позначені як заземлені поверхні на рис. 2) та на нижніх поверхнях опор – умова для електричного потенціалу $\varphi = 0$. На границі в місці інжекції струму задавався ненульовий потенціал. На всіх інших зовнішніх границях – $\mathbf{n} \cdot \mathbf{J} = 0$ (гранична умова електричної ізоляції; де \mathbf{n} – нормаль до поверхні, \mathbf{J} – вектор щільності струму). Крім вищевказаних, на усіх зовнішніх границях розрахункової області вважалася, що $\mathbf{n} \times \mathbf{A} = 0$ (гранична умова магнітної ізоляції, де \mathbf{A} – векторний магнітний потенціал).

В результаті розрахунку отримано розподіл струму блискавки по опорах даху для двох випадків ураження блискавкою: в покрівлю посередині між опорами та безпосередньо над опорою. Значення струмів представлено в табл. 1, де $I_1 - I_6$ струми, що стікають по опорах 1 - 6 (рис. 1) відповідно. Варто зазначити, що опори 1 та 4 є лише половинками для випадку 1, зважаючи на

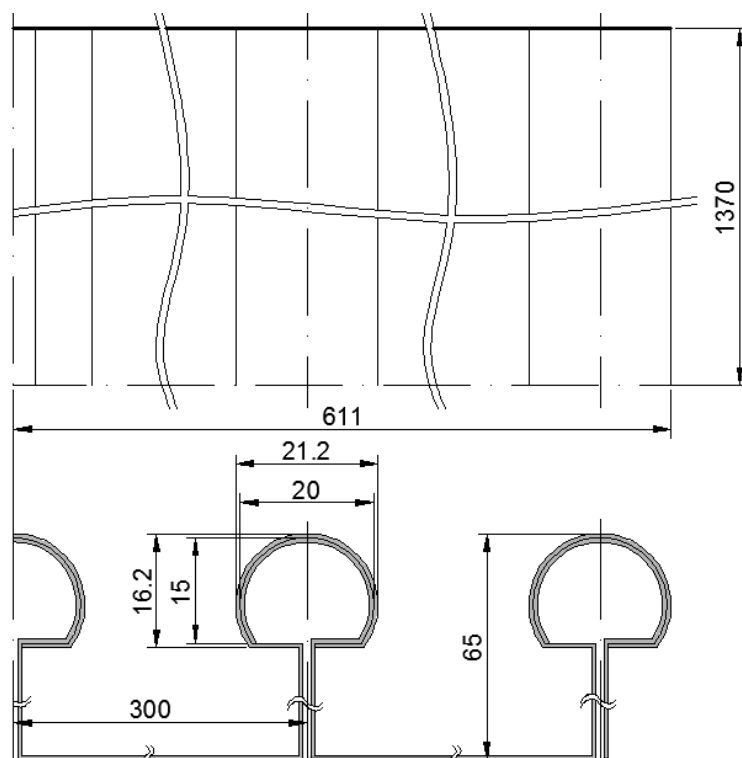


Рисунок 2 – Вигляд зверху та поперечний переріз чвертини моделі даху (розміри в мм)

симетрію, тому струми в табл. 1 наведено для половинок опор 1 та 4, та для повнорозмірних опор 2, 3, 5, 6. Для випадку 2 наведено струми для чвертини опори 1, половини опори 2, 3, 4 та для повнорозмірних опор 5, 6.

Таблиця 1 – Розподіл струмів по опорах покрівлі даху

Випадок	Струм, %					
	$I_1, %$	$I_2, %$	$I_3, %$	$I_4, %$	$I_5, %$	$I_6, %$
1	7.06	6.77	0.83	0.33	0.43	0.06
2	15.41	1.01	2.51	1.25	0.26	0.18

Висновки. За результатами розрахунку підтверджено, що ураження блискавки в покрівлю безпосередньо над опорою є значно гіршою ситуацією в порівнянні з ударом між опорами. Для першого випадку в табл. 1 (удар в середину між опорами) частка найбільшого струму на опорі становить 14.12 %, а для другого (удар безпосередньо над опорою) – 61.64 %.

Отримані результати можна використати, зокрема, як вхідні дані для розрахунку теплового навантаження в місці кріплення опор саморізами до інших конструктивних елементів споруди.

Перелік посилань

1. ДСТУ EN 62305-1:2012. Захист від блискавки. Частина 1. Загальні принципи (EN 62305-1:2011) Protection against lightning - Part 1: General principles.
2. ДСТУ Б В.2.5.-38:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008.