

## ТЕРМІЧНА ДІЯ СТРУМУ БЛИСКАВКИ НА ЕЛЕМЕНТИ СИСТЕМ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ

*В.І. Гудим, д.т.н., проф., (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)  
Б.М. Юрків, (ПАТ “Львівобленерго”)*

Дію блискавки поділяють на первинну, викликану протіканням головного струму блискавки, та вторинну, викликану дією електромагнітного поля струму блискавки [1]. Теплова дія струму блискавки є однією з найбільш небезпечних первинних дій, яка може спричинити не лише нагрівання тих частин об'єкту, по яких протікає струм блискавки, а в ряді випадків призвести до пожеж та вибухів, завдаючи значних матеріальних збитків, а часами і призводячи до загибелі людей і тварин.

Для захисту від уражень блискавкою промислових та побутових об'єктів влаштовують системи зовнішнього блискавкозахисту, які призначені для перехоплення та безпечного відведення струму блискавки в землю [2].

Відомо, що струм, який протікає в провіднику, завдяки перетворенню електричної енергії в теплову, викликає його нагрівання. В залежності від величини і тривалості протікання струму блискавки, електротеплових характеристик і геометричних розмірів провідника, варіюється і температура нагрівання. Також і омичний опір провідника залежить від температури, що необхідно враховувати під час моделювання процесів нагрівання провідників до високих температур.

В ході проектування систем блискавкозахисту часто виникає потреба в оцінці температури, до якої можуть нагріватися металеві провідники системи блискавкозахисту, по яких струм блискавки стікає в землю. Це пов'язано із застосуванням в будівництві все нових і нових будівельних та оздоблювальних матеріалів, котрі можуть пошкоджуватись чи навіть загорятись від нагрітих до високої температури провідників системи блискавкозахисту, які монтується на фасаді будівлі. Провідники систем блискавкозахисту можуть поміщатись і в металевих трубах, які прокладені в стіні будівлі, а також в якості природних струмовідводів можуть використовуватись металеві елементи будівлі, зокрема арматура фундаменту. В цьому випадку існує небезпека пошкодження фасаду будівлі внаслідок нагрівання металевих елементів і зміни їх геометричних розмірів за рахунок теплового розширення.

Нажаль, термічній дії блискавки не наділяється належна увага. Так, ні в колишньому РД 34.21.122-87 “Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений”[3], ані в новому ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд [2] питання оцінки температури нагрівання провідників струмом блискавки не висвітлюється. На відміну від українського стандарту, дане питання достатньо широко висвітлено в міжнародному стандарті ІЕС [4], проте наведена методика оцінки температури нагрівання має обмежене застосування, оскільки враховує лише енергії стандартизованих форм та величин імпульсів струму блискавки і не враховує додаткове нагрівання провідників наступними імпульсами. Також і в науковій літературі наведено кілька підходів до розв'язання цієї задачі, проте вони характеризуються невисокою точністю, що призводить до недооцінки температурних режимів провідників систем блискавкозахисту [5, 6], або ж повторюють підходи, описані в міжнародному стандарті [7].

Протягом останніх років спостерігається тенденція до зміни клімату на Землі, зокрема потепління, що призводить до підвищення грозової активності, енергії розрядів блискавок, вищої ймовірності ураження наземних об'єктів та важкості наслідків ураження. Тому під час побудови систем блискавкозахисту необхідно застосовувати більш жорсткі підходи, щоб звести до мінімуму негативний вплив грозових розрядів.

Забезпечити такі вимоги можна лише на основі глибоких і всебічних досліджень електротеплових процесів, які відбуваються в металевих провідниках під час протікання

струму блискавки, при цьому, враховуючи складність експериментальних досліджень з вимірювання температури нагрівання в реальних умовах, такі дослідження найдоцільніше виконувати методами математичного моделювання. З цією метою необхідно сформулювати адекватну електротеплову модель, виходячи з фундаментальних законів фізики, електро- і теплотехніки, з врахуванням грозозорозрядних процесів, що відбуваються в реальних умовах, та параметрів провідників систем блискавкозахисту.

Під час формування такої моделі прийнято допущення, що матеріал провідників системи блискавкозахисту є ізотропним, тобто володіє у всіх точках однаково властивостями, струм блискавки рівномірно розподіляється по всьому поперечному перерізу провідника, опір провідника представляється у вигляді зосереджених величин та не враховується тепловідведення від нагрітого провідника, оскільки процеси нагрівання є короточасними (тепловий удар). За цих умов запишемо рівняння теплового балансу провідника, в якому ліва частина відображає електричну енергію струму блискавкорозряду, як джерело нагрівання, а права частина – теплову енергію, яка виділяється в провіднику внаслідок протікання струму блискавки. Розв'язуючи дане рівняння, отримуємо вираз для розрахунку кінцевої температури нагрівання металевих провідників струмом блискавки, а також можливість досліджувати динамічні процеси нагрівання залежно від параметрів імпульсів струму блискавки, часу його протікання та фізичних характеристик провідників, враховуючи також додаткове нагрівання наступними імпульсами струму блискавки. З допомогою даної моделі також можна досліджувати теплову дію на провідники не лише стандартизованих імпульсів струму блискавки, але і реальних кривих, отриманих шляхом осцилографування.

Виконані розрахунки здійснено стосовно параметрів металевих провідників, які переважно використовуються для виконання систем блискавкозахисту різноманітних об'єктів, хоч дослідження можна проводити також і щодо інших металевих частин об'єкту, які можуть утворювати контур замикання струму блискавки.

Адекватність моделі перевірено шляхом порівняння кінцевих температур нагрівання металевих провідників, наведеними в [4], із даними, отриманими в результаті моделювання, при цьому розбіжності результатів не перевищують 8%, що пов'язано, зокрема, із врахуванням додаткового нагрівання повторними імпульсами струму блискавки.

З отриманих результатів можна зробити висновок, що моделювання електротеплових процесів у металевих провідниках від дії струму блискавки є таким же важливим, як і інші розрахунки, що здійснюються під час проектування систем блискавкозахисту, а отримані математичні моделі дозволяють з достатньою для практики точністю розрахувати температуру нагрівання металевих провідників систем блискавкозахисту та можуть бути використані для проектно-оціночних робіт та під час проведення експертиз негативних наслідків удару блискавки.

#### Література

1. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Физика молнии и молниезащиты. – Москва.: Физматлит. – 2001. - 320 с.
2. ДСТУ Б В.2.5-38:2008. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 63 с.
3. РД 34.21.122-87 “Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений”. - М.: Энергоатомиздат.- 1989.-56 с.
4. IEC 62305-1:2006. Protection against lightning. Part 1. General principles. – Geneva, Switzerland: Publication IEC, 2006. – 68 p.
5. Разевиг Д.В. Техника высоких напряжений. - Москва: Энергия.- 1976. – 488 с.
6. Кравченко В.И. Грозозащита радиоэлектронных средств: Справочник. – М.: Радио и связь, 1991. – 264 с.
7. Andrzej Sowa. Kompleksowa ochrona odgromowa i przepięciowa. - COSIW SEP, 2005. - 306 s.