

Ю.І. Рудик, канд. техн. наук (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності),
С.В. Сольоний (ДНВЗ «Донецький національний технічний університет»)

АНАЛІЗ СХЕМ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК ВІД ІМПУЛЬСНИХ ГРОЗОВИХ І КОМУТАЦІЙНИХ ПЕРЕНАПРУГ

У статті проаналізовано методи розрахунку та схеми захисту від імпульсних перенапруг, що рекомендуються міжнародними стандартами ІЕС, та встановлено необхідність приведення у відповідність до них діючих національних нормативно-технічних вимог. Розглянуто особливості блискавкозахисних систем і заходів захисту від наведень напруги віддаленим розрядом шляхом вибору типу захисних пристроїв і схем їх устанавлення. На цій основі рекомендується доповнити схематику застосування пристроїв захисту від імпульсних перенапруг, що знижує ризик виникнення пожеж та пошкодження електронних пристроїв.

Ключові слова: блискавкозахисна система, пристрої захисту від імпульсних перенапруг, пожежна безпека, стандарт.

Аналіз сучасного стану проблеми. Частка пожеж, обумовлених розрядами блискавки, за статистичними даними, не досягає відсотка від їх загальної кількості. Але практично кожна пожежа, пов'язана з блискавкою призводить до значних матеріальних та людських втрат. Крім того, розряди блискавки можуть бути особливо небезпечні для електронних систем та комп'ютерного обладнання навіть без проходження прямого удару (ПУБ). Їх пошкодження відбуваються внаслідок електромагнітного імпульсу блискавки (ЕМІБ) - електромагнітних ефектів від струму блискавки, які супроводжуються як перехідними хвильовими процесами, так і ефектами випромінюючого електромагнітного поля. Причому основною є імпульсна перенапряга – перехідний хвильовий процес, спричинений ЕМІБ, який проявляється перенапрягою і/або надструмом у провідних частинах. Вимоги, що ставляться міжнародними і національними стандартами у цій сфері, формують так звану «Зонову концепцію захисту», основними принципами якої є:

- застосування будівельних конструкцій із металевими елементами (арматурою, каркасами, несучими елементами і т. п.), електрично з'єднаними між собою, і системою заземлення, а також створення екрануючого середовища для зменшення дії зовнішніх електромагнітних впливів усередині об'єкта;
- наявність правильно виконаної системи заземлення і вирівнювання потенціалів;
- ділення об'єкта на умовні захисні зони і застосування спеціальних пристроїв захисту від перенапруг;
- дотримання правил розміщення електрообладнання, що захищається, і підключених до нього провідників, щодо іншого устаткування і провідних частин, здатних передавати небезпечну дію або спричиняти наведення.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. На сьогодні в Україні з блискавкозахисту будинків та споруд основним слід вважати національний стандарт ДСТУ Б В.2.5-38:2008, чинний з 1 січня 2009 року [1]. Вимоги цього стандарту розповсюджуються на проектування, будівництво, реконструкцію і експлуатацію блискавкозахисту всіх видів будівель, споруд і промислових комунікацій незалежно від відомчої належності та форми власності. В Європі на основі масштабних наукових досліджень Міжнародною електротехнічною комісією (ІЕС) розроблено та впроваджено низку стандартів [2]: ІЕС 61643-1, ІЕС 62040-1-2:2002, ІЕС 62040-2:1999, ІЕС 62305:2006, які регламентують методи та засоби захисту будівель, споруд та електротехнічного обладнання від ураження блискавкою. Слід відмітити, що національний стандарт ДСТУ Б В.2.5-38:2008 декларується як нееквівалентний європейському ІЕС 62305:2006, але, у цьому разі, у відповідності з вимогами ДСТУ 1.7, необхідні офіційні пояснення ступеня відхилення від оригіналу, які за текстом національного стандарту ДСТУ Б В.2.5-38:2008, на жаль, відсутні.

Частими є випадки вторинного впливу при ударі блискавки у віддалені об'єкти (лінії електропередач, підстанції і т. п.), з'єднані яким-небудь чином з об'єктом, що захищається,

або при розрядах між хмарами, які спричиняють виникнення імпульсних струмів великих значень в металевих елементах конструкцій і комунікаціях. Щодо вибору типу захисних пристроїв і схем їх установки в зазначеному стандарті [1] описано лише монтажні вимоги. Залізобетонні конструкції будівель, що виконують функцію природного заземлюючого пристрою і мають електричне з'єднання з системою вирівнювання потенціалів, досить добре екранують техніку, що перебуває всередині, від електромагнітних дій, відводячи на ґрунт велику частку струму блискавки при прямому попаданні в об'єкт. Однак для збереження працездатного стану сучасних електронних пристроїв навіть залишкове значення є небезпечним.

Постановка задачі. Хоча екранування є основним способом зменшення електромагнітних перешкод, ним не завжди можна досягнути бажаної надійності захисту, або утворити таку конструкцію. Для обмеження перехідних перенапруг і для відводу імпульсного струму призначений пристрій захисту від імпульсної перенапруги (ПЗІП). Цей пристрій має, принаймні, один нелінійний елемент. Виходячи з оцінки ризику прямого удару блискавки або наведень напруги віддаленим розрядом, необхідно вибрати тип захисних пристроїв і схему їх установки. Вибір типу захисного пристрою розглянуто в [3], а метою цієї статті є аналіз схем їх підключення.

Пристрій захисту від перенапруги, що вибирається, повинен витримувати частину струму блискавки (рис. 1), обмежувати перенапругу і обривати супровідні струми після головних імпульсів блискавки. Для провідних частин комунальних комунікацій, що входять в об'єкт на рівні землі, оцінюється частина струму блискавки, що ними проводиться. Таким чином, незважаючи на появу ДСТУ Б В.2.5-38:2008, у якому відсутня методика розрахунку чи вибору параметрів ПЗІП залежно від обраної схеми захисту від ЕМІБ, гармонізація вимог норм ІЕС в Україні залишається актуальною задачею.

Розв'язання задачі. Для всіх рівнів блискавкозахисту (далі – РБЗ) встановлені максимальні і мінімальні (табл. 1÷4 [1]) значення параметрів струму блискавки та ймовірність (зменшується із зниженням РБЗ) того, що ці взаємопов'язані параметри не будуть перевищувати природних значень параметрів струмів блискавки (табл. 6 [1]). Фіксовані параметри струму блискавки описуються значеннями тривалості фронту $T_1 = 10 \mu\text{с}$ і часу напівспаду $T_2 = 350 \mu\text{с}$ першого імпульсу струму блискавки. Максимальні значення параметрів струму блискавки використовуються для розрахунків перерізу провідників; товщини металевої покрівлі і корпусів резервуарів, які можуть мати контакт з блискавкою; номінального розрядного струму ПЗІП; відстані розділу для запобігання небезпечному іскрінню; визначення параметрів випробування системи блискавкозахисту або її окремих компонентів тощо.

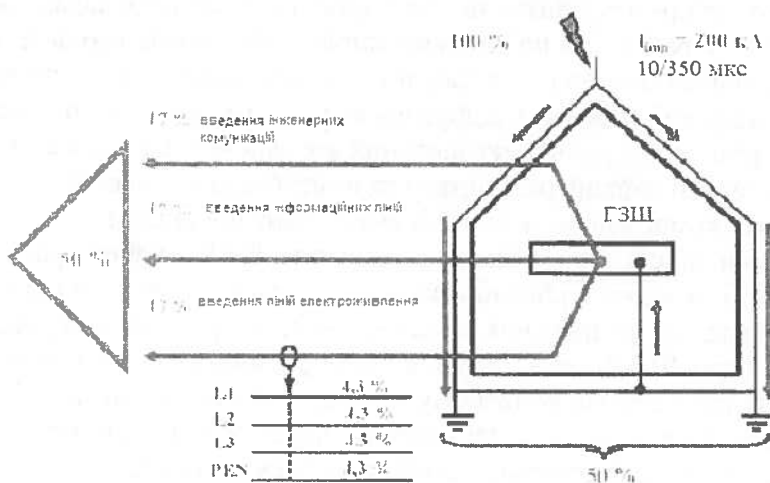


Рис. 1. Розрахунковий розподіл струму прямого удару блискавки в об'єкті

Для гарантованого захисту об'єкта від перенапруг, що виникають при стіканні струмів блискавки на заземлюючий пристрій або при «надходженні» хвилі перенапруги з мережі живлення (у разі віддаленого удару блискавки), зоновою концепцією захисту передбачена три-

ступінчаста схема включення захисних пристроїв [1, 4]. Найскладнішою повинна бути схема системи захисту для об'єктів, які знаходяться на відкритій місцевості і мають у своєму складі високо розташовані елементи конструкції. До таких об'єктів можна віднести котеджі в сільській місцевості, промислові об'єкти з високими трубами, об'єкти зв'язку з антенно-щогловими спорудами і т. ін., в які з великою ймовірністю може ударити блискавка, а також об'єкти, що мають повітряні вводи електроживлення.

У тому випадку, коли необхідно, наприклад, захистити будівлю, розташовану в населеному пункті міського типу, рішення спрощується. У міських умовах удар блискавки найімовірніший у труби промислових підприємств, лінії електропередач, телевізійну вежу або окремі найвищі будівлі (особливо, якщо на них встановлені антенно-щоголові споруди базових станцій стільникового зв'язку).

Отримані результати. Основним принципом наведених заходів захисту є вирівнювання потенціалів між двома провідниками, одним з яких, як правило, є фазний провідник, а іншим – нульовий робочий або нульовий захисний провідник. При цьому в разі виходу з ладу ПЗП можливе виникнення режиму короткого замикання між даними провідниками, що може привести до виходу з ладу електроустановки і навіть виникнення пожежі.

Для визначення розподілу струмів між металевими елементами конструкції будівлі при потрапленні блискавки в зовнішню систему блискавкозахисту (БЗС), необхідно розрахувати опір заземлюючих пристроїв, трубопроводів, вводу електроживлення, кабелів зв'язку і т. д. У випадках, коли важко здійснити точний розрахунок, здійснюється так зване кваліфіковане оцінювання, виходячи з таких міркувань:

- 50% від загального струму $I_{imp} = 200 \text{ kA} (10/350) - IS1 = 100 \text{ kA} (10/350)$ відводиться в ґрунт через заземлюючий пристрій БЗС;
- 50% від загального струму $I_{imp} = 200 \text{ kA} (10/350) - IS2 = 100 \text{ kA} (10/350)$ розділиться рівномірно (приблизно по 17%) між зовнішніми вводами в об'єкт трьох основних видів комунікацій: кабелями зв'язку і передачі інформації, металевими трубопроводами і проводами вводу електричного живлення 220/380 В. На рис.1 наводиться такий класичний приклад розподілу струму прямого удару блискавки в об'єкті.

Значення струму, що проходить через окремі вводи, позначається як I_i , при цьому $I_i = I_{S2}/n$, де n дорівнює числу входів.

Для оцінювання струму I_V в окремих жилах неекранованого кабелю струм в кабелі ділиться на кількість проводів m : $I_V = I_i/m$.

Для правильного вибору типу захисних пристроїв і їх основних параметрів доцільно керуватися таким правилом. У разі зміни початкових даних, тобто числа входів в об'єкт, типу системи електроживлення, кількості проводів у кабелі і т. д., підсумкові значення також можуть істотно змінитися. При цьому зміни можуть відбутися як у бік зменшення імпульсних струмів, так і в бік їх зростання. У разі застосування екранованих кабелів велика частка струмів розтікається через екранні оболонки, що зайвий раз підтверджує необхідність застосування цих кабелів на об'єктах із підвищеними вимогами до захищеності від удару блискавки.

Наведені висновки дійсні для об'єктів, обладнаних БЗС, з кабельним підземним вводом електроживлення. Ситуація може серйозно ускладнитися в разі наявності повітряного вводу електроживлення. Елементарний розрахунок показує, що при прямому потрапленні блискавки із струмом $I_{imp} = 200 \text{ kA}$ (при 10/350 мкс) і за умови його рівномірного розподілу на чотири проводи системи TN-C, імпульсні струми в кожному матимуть значення близько 50 кА. Стікання цих струмів на землю здійснюватиметься у дві сторони: через обладнання низьковольтної сторони підстанції й через елементи електроустановки об'єкта в ідеальному співвідношенні 1 : 1.

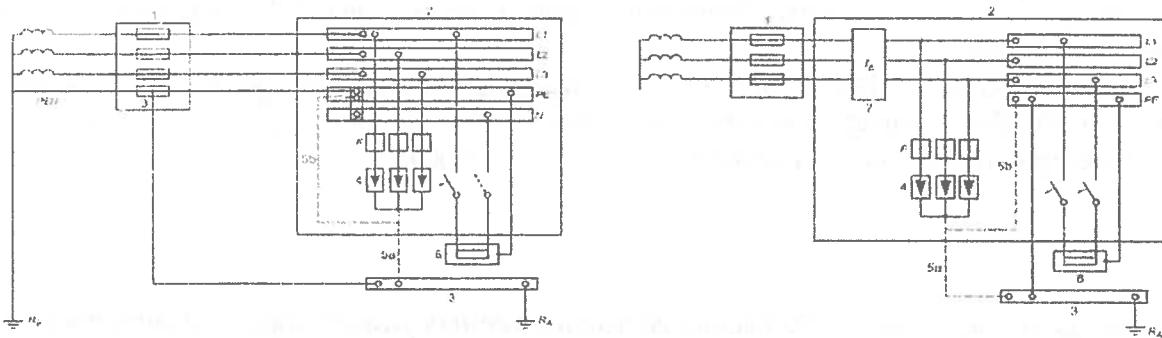
Розрахунок необхідно проводити, виходячи з максимального значення струму імпульсу блискавки $I_{imp} = 200 \text{ kA}$ (при 10/350 мкс). Далі визначити для кожного проводу системи електроживлення значення імпульсного струму форми 10/350 мкс, який може в ньому протікати і який здатний гарантовано відвести захисний пристрій класу I [5]. Після цього вибрати захисний пристрій з деяким запасом (20 – 30 %), враховуючи можливу нерівномірність розтікання струмів через різні провідники. Таким чином, в кожному провіднику на вводі електроживлення об'єкта ми матимемо

струм зі значенням 25 кА (10/350 мкс). Якщо припустити, що рівномірного розтікання струмів з якоїсь причини не відбулося, то це значення може зрости до 45-50 кА і більше.

ПЗІП на базі варисторів [5] забезпечують якісний захист при їх застосуванні на 1-му при амплітудах значення $I_{imp} = 20$ кА (10/350 мкс), що в більшості випадків є достатнім навіть для варіанта повітряного вводу електролінії в об'єкт. Якщо потрібна стійкість захисного пристрою до вищих амплітуд струмів блискавки, то рекомендується застосовувати розрядники іскрового типу, які можуть мати значення $I_{imp} = 50 - 100$ кА (10/350 мкс). При виборі іскрового розрядника необхідно, проте, приділяти увагу такому параметру як супроводжуючий струм I_f .

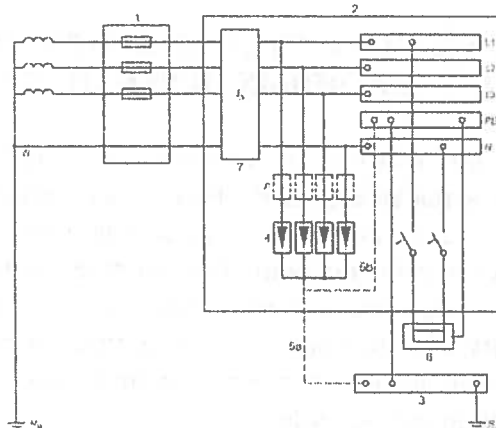
Для контактних затискачів і ПЗІП параметри струму оцінюються у кожному окремому випадку. Максимальна імпульсна перенапруга на межі кожної зони координується з допустимою напругою внутрішньої системи. ПЗІП на межах різних зон також координуються за енергетичними характеристиками. ПЗІП класу I на базі розрядника мають $U_p = 4$ кВ, на базі варистора ще нижчу; ПЗІП класу II мають $U_p = 1,3 - 2,5$ кВ; класу III мають $U_p = 0,8 - 1,5$ кВ.

Виходячи з вимог координації імпульсної стійкості ізоляції в силових установках і стійкості устаткування до пошкоджень, необхідно вибирати рівень ПЗІП за напругою нижчою від максимального значення, щоб дія на устаткування завжди була нижчою за допустимому напругу. Якщо рівень стійкості до пошкоджень невідомий, слід використовувати орієнтовний або отриманий в результаті випробувань рівень. Кількість ПЗІП в системі захисту залежить від стійкості устаткування до пошкоджень і характеристик самих ПЗІП. Приклади схем установлення ПЗІП в системах заземлення TN, TT і IT наведені на рис. 2.



а) Установлення ПЗІП на межі зон $0_A/1$ ($0_B/1$) в системах заземлення TN

б) Установлення ПЗІП на межі зон $0_A/1$ ($0_B/1$) в системах заземлення IT



в) Установлення ПЗІП на межі зон $0_A/1$ ($0_B/1$) в системах заземлення TT

Рис. 2. Схеми установлення ПЗІП в системах заземлення TN, IT і TT [1]

1 — введення розподільної мережі в будівлю; 2 — розподільний щит; 3 — головна заземлювальна шина (затискач); 4 — ПЗІП; 5а, 5б — заземлення ПЗІП; 6 — обладнання, що захищається; 7 — пристрій захисного автоматичного вимикання живлення; F — захисний пристрій; R_A — заземлювач будівлі

Висновок. Таким чином, для доповнення заходів захисту від прямого удару блискавки або наведень напруги віддаленим розрядом, передбачених [1], необхідно вибирати тип захисних пристроїв і схему їх встановлення, що рекомендуються міжнародними стандартами ІЕС [5]. Захисні пристрої класу I встановлюються на ввіді в будівлю (у ввідному щиті (ГРЩ) або ж спеціальному боксі) після ввідного автоматичного вимикача (на межі зони 0 і зони 1). Захисні пристрої класу II – у наступних розподільних щитах (наприклад, в поверхових або інших щитах), бажано розміщувати їх до групових автоматів. Місце розміщення цього класу пристроїв має бути на межі зони 1 і зони 2. Захист класу III встановлюється також в розподільних щитах або безпосередньо біля споживача (захисна зона 3). При відстані більше 10-15 метрів від місця встановлення ПЗІП до споживача бажано встановити додатковий пристрій III класу безпосередньо біля обладнання, що захищається, аби гарантовано усунути можливі наведення на вказаній довжині кабелю.

Список літератури:

1. ДСТУ В В.2.5-38:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд (ІЕС 62305:2006, NEQ). – Введений 01.01.2009. – Київ: Держстандарт України, 2008. – 65 с.
2. [Електронний ресурс] / – Режим доступу: <http://domino.iec.ch/webstore/webstore.nsf/artnum/029165>
3. Рудик Ю.І. Захист електроустановок від імпульсних грозових і комутаційних перенапруг / Ю.І. Рудик // Пожежна безпека: Збірник наукових праць. – Львів: ЛДУБЖД МНС України, 2009. – № 15. – С. 189-195.
4. ДСТУ 3568-98. Стійкість до дії грозових розрядів. Методи захисту. – Введений 01.07.1999. – Київ: Держстандарт України, 1998. – 5 с.
5. [Електронний ресурс] / – Режим доступу: www.eti.org.ua.

Ю.И. Рудик, канд. техн. наук, (Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности) С.В. Солёный (ДНВЗ «Донецкий национальный технический университет»)

АНАЛИЗ СХЕМ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ГРОЗОВЫХ И КОММУТАЦИОННЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

В статье проанализированы методы расчета и схемы защиты от импульсных перенапряжений, которые рекомендуются международными стандартами ІЕС, и установлена необходимость приведения в соответствие с ними действующих национальных нормативно-технических требований. Рассмотрены особенности молниезащитных систем и мероприятий защиты от наведений напряжения отдаленным разрядом путем выбора типа защитных устройств и схем их установления. На этой основе рекомендуется дополнить схематику применения устройств защиты от импульсных перенапряжений, что снижает риск возникновения пожаров и повреждения электронных устройств.

Ключевые слова: система молниезащиты, устройства защиты от импульсных перенапряжений, пожарная безопасность, стандарт.

Yu. I. Rudyk, Candidate of Science (Engineering), S. V. Sol'onyi (State higher educational institution Donetsk National Technical University)

THE ANALYSIS OF PROTECTING SCHEMES OF ELECTRICAL DEVICES FROM IMPULSIVE OVERVOLTAGE CAUSED BY THUNDERSTORMS AND COMMUTATIONS

The article deals with the schemes and methods of protection against impulse surges, recommended by international standards IEC, and the necessity of bringing them into line with existing national legal and technical requirements. The peculiarities of lightning protection systems and measures of protection from these remote voltage discharge by selection of the type of protective devices and schemes of establishment. On this basis we recommend to complete scheme of protection devices from impulse overvoltages. It will reduce the risk of fires and damage electronic devices .

Key words: lightning protection system, protection devices from impulse overvoltages, fire safety, standard.

