Długotrwałe Badania Zachowania się Odgromników Emisji Wczesnych Atmosferycznych Wyładowań Wstęgowych w regionie High Keraunic

Z. A. Hartono i I. Robiah

Lightning Research Pte. Ltd.
Adres pocztowy: 457 Jalan B11, Taman Melawati
53100 Kuala Lumpur, Malaysia
e-mail: zahartono@leee.org, robiah@ieee.org

Streszczenie – **Bardzo wysoko kearuliczny poziom w Malezji powoduje, że jest to doskonałe miejsce do testowania w terenie odgromników wyładowań atmosferycznych. Szerokie wykorzystywanie odgromników wczesnego wyładowania wstęgowego (ESE) pozwala na ich badania w rzeczywistych warunkach wyładowań. Zbieranie danych o zniszczeniach powodowanych uderzeniem wyładowania, w regionach nisko kerauniczych trwałoby dziesięciolecia, tutaj może zająć tylko kilka lat. Poprzez zastosowanie metody przewidywania przechwytywania wyładowania, która została opracowana przez autorów, możliwe było uzyskanie fotografii danych budynków przed uderzeniem wyładowania i po uderzeniu wyładowania. Niezdolność odgromników ESE do przechwytywania bliskich uderzeń wyładowań stwarzało niedopuszczalne zagrożenie bezpieczeństwa publicznego. Poprzednia wersja tego badania została przedstawiona Krajowemu Stowarzyszeniu Ogromny Przeciwpożarowej w USA (National Fire Protection Association) w 1999 roku, jako część przeglądu skuteczności odgromników ESE.**

Słowa kluczowe: **Odgromniki, Wczesne wyładowanie wstęgowe (ESE), Pręty Franklina, przechwytywanie wyładowania.**

1. Wprowadzenie

Wysoce kerauliczny poziom w Malezji powoduje, że jest ona idealnym środowiskiem dla badania bieżącego zachowania się odgromników atmosferycznych ESE w idealnych warunkach wyładowań. Odgromniki atmosferyczne ESE są następcami atmosferycznych odgromników radioaktywnych, które pod koniec lat 80-tych zostały w wielu krajach zakazane. Zakłada się, że odgromniki atmosferyczne ESE są zdolne zapewnić zasięg ochrony w promieniu do 100 m wokół budowli, na których są one zainstalowane.

Te badania rozpoczęły się w końcu lat 80-tych, po tym, gdy zauważono, że większość budynków, które zostały wyposażone w urządzenia ESE były uderzane przez wyładowanie. Wykorzystywanie fotografii datowanej do uchwycenia obrazów przed i po uderzeniu budynków z zainstalowanym ESE rozpoczęło się na początku lat 90-tych, po fakcie, że wcześniejsze fotografie budynków uszkodzonych przez wyładowanie były poddawane w wątpliwość przez niektórych naukowców z Malezji oraz zawodowych techników. Te fotografie dostarczyły bezpośredniego dowodu na zachowanie się odgromników atmosferycznych ESE w rzeczywistych warunkach wyładowania. Pierwsza udana fotografia po uderzeniu została wykonana w sierpniu 1993 roku, już dziewięć miesięcy po wykonaniu fotografii przed uderzeniem. Średnio odstęp czasu pomiędzy fotografiami przed uderzeniem i po uderzeniu wynosi około 2 lata.

Badania zostały przeprowadzone na szeregu wysokich i niskich budynków, które miały zainstalowane konwencjonalne i niekonwencjonalne (ESE) odgromniki atmosferyczne. Większość badań wykonano na budynkach usytuowanych w sąsiedztwie Kuala Lumpur i Shah Alam, dwóch miast, gdzie średnia roczna ilość dni burzowych wynosi około 250.

Analizy przypadków przedstawione do NFPA dostarczyły niezbitego dowodu, że wyładowanie jednak uderza w budynki po zainstalowaniu na nich odgromników atmosferycznych ESE. Wykazują one, że przy obecności kilku odgromników ESE, albo na tym samym budynku, albo na budynkach przyległych, wyładowania nadal uderzały w jeden lub więcej z tych budynków.

W ostatnich kilku latach ilość przypadków, w których miejsce uszkodzenia wyładowaniem (lub punkt – uderzenia wyładowania) występowało bardzo blisko odgromnika ESE, znacząco wzrosła. Bardzo duże zbliżenie punktów uderzenia do odgromników atmosferycznych sugeruje, że ich skuteczność jest niższa, niż skuteczność prawidłowo umieszczonego atmosferycznego odgromnika konwencjonalnego (t.zn. pręta Franklina).

Badania przeprowadzone na budynkach wyposażonych w pręty Franklina również wykazywały podobne punkty uderzenia, gdy te pręty nie były umieszczone w miejscach wysokiego zagrożenia. Na podstawie tego porównania doszliśmy do wniosku, że zastosowanie odgromników atmosferycznych ESE nie daje żadnych korzyści w ochronie budynku przed bezpośrednimi uderzeniami wyładowań.

2. Badania skuteczności odgromników atmosferycznych ESE.

Przeprowadzono wiele badań dla zweryfikowania założeń poczynionych przez producentów odgromników atmosferycznych ESE.

Badania testowe w laboratorium wysokich napięć na prętach: radioaktywnym i koronowym, przeprowadzone przez Bouquegneau [1] jasno wykazały, że nie było żadnego wpływu na prawdopodobieństwo uderzenia wyładowania.

W badaniach przeprowadzonych przez Mackerras i innych [2] nad zachowaniem się prętów radioaktywnych, zarejestrowano kilka przypadków uszkodzeń w punktach uderzenia powstałych w zakładanej strefie ochrony urządzeń ESE.

W innych badaniach przeprowadzonych przez tych samych autorów, Mackerras i in. [3], dotyczących odgromników atmosferycznych ESE, prosta analiza wykazała, że krawędzie budynku nie będą chronione przez odgromnik atmosferyczny ESE. Badanie te przedstawiono Grupie Zadaniowej (Task Force) CIGRE 33.01.03 „Przechwytywanie wyładowań" na spotkanie techniczne, które odbyło się w Mediolanie, Włochy, w maju 1995 r.

W badaniach przeprowadzonych przez Harton i in. [4], [5] wykorzystujących zebrane aktualne dane terenowe o rozkładzie zniszczeń budynków od uderzeń wyładowań, kilka budynków wyposażonych w urządzenia ESE nie zostało ochronionych przed bezpośrednimi uderzeniami wyładowań. Niektóre z tych danych zostały również przedstawione tej samej, wymienionej wyżej Grupie Zadaniowej (Task Force) CIGRE

Dla lepszego zrozumienia tego tematu, Rakov i Uman [6] podali kompleksowy i ważny przegląd odgromników atmosferycznych ESE.

3. Analiza przypadków uderzeń wyładowań w budynki wyposażone w odgromniki atmosferyczne ESE.

Przeprowadzono badania poprzez wykonanie fotografii ze wszystkich stron budynków z zainstalowanymi odgromnikami atmosferycznymi ESE przed uderzeniem wyładowania. Te budynki były następnie sprawdzane wzrokowo co kilka miesięcy w celu określenia, czy ostatnio miało miejsce jakiekolwiek uszkodzenie od uderzenia wyładowania. Wykonane zostały fotografie wszelkich wykrytych nowych punktów uderzeń wyładowania, i dla celów tych badań te fotografie zostały następnie zarchiwizowane.

Porównanie punktów uderzeń wykazuje, że ich kształt i wielkość były podobne, ale nie identyczne. Wydaje się, że jest to zależne od liczby otrzymanych uderzeń, siły prądu uderzenia wyładowania, kształtu budowli i składu materiałowego uderzanej części. Uszkodzenia ścian parapetowych (attyk) wykonanych z cegły okazały się bardziej poważne, niż uszkodzenia ścian wykonanych ze zbrojonego betonu.

Poniższe analizy przypadków pokazują kilka przykładów wykonanych ostatnio fotografii budynków uszkodzonych uderzeniem wyładowania wykonanych przed uderzeniem i po uderzeniu. Analizy przypadków podkreślają bardzo duże zbliżanie się niektórych uderzeń wyładowań do odgromników atmosferycznych ESE, pokazując, że nie są one zdolne do ochrony budynków, jak zakładali ich producenci.

Analiza przypadku #1: Royal Selangor Club (RSC). Aneks budynku w Klara Hill, Kuala Lumpur

Ten budynek miał w roku 1998 zainstalowany odgromnik atmosferyczny ESE produkcji australijskiej, zamocowany na 5 m maszcie (Rysunek 1). Główny dach ma długość około 40 m, z zainstalowanym w środkowej części odgromnikiem zgodnie z projektem metody zbierania pojemnościowego - Collection Volume Method (CVM).

Chociaż zakładano, że odgromnik atmosferyczny ma zasięg ochronny przekraczający 50 m, wyładowania wielokrotnie uderzały w fasadę, oddaloną od niego około 20 m (Rysunek 2).

Rysunek 1: Fotografia budynku RSC wykonana w roku 1998. Na budynku zainstalowano odgromnik atmosferyczny ESE produkcji australijskiej.

Rysunek 2: Fotografia budynku RSC wykonana w roku 2001. Budynek został uderzony i uszkodzony przez wyładowanie, co widać z prawej strony.

Analiza przypadku #2: Budynek Wisma Tanah, Kuala Lumpur

Ten budynek administracji rządowej miał w roku 1999 zainstalowany odgromnik atmosferyczny ESE produkcji francuskiej, zamocowany na 5 m maszcie z odciągami. Na budynku zainstalowano również pręty Franklina, ale znajdowały się one około 0,5m. od narożników budynku (Rysunek 3).

W roku 2003 zaobserwowano, że budynek został uderzony przez wyładowanie, w narożnik budynku, który znajduje się około 10 m od i około 8 m poniżej odgromnika atmosferycznego (Rysunek 4).

Zakładano, że odgromnik jest zgodny z francuską normą NFC 17-102, która została opracowana przez producentów ESE. Ta norma została w kraju skrytykowana przez francuską agencję naukową INERIS [7], która odkryła, że podstawa normy jest niespójna i że producenci odgromników atmosferycznych ESE nie przetestowali swojego wyrobu zgodnie z tą normą. Raport INERIS zawierał również raport NFPA o ESE, który został opublikowany w roku 1999.

Rysunek 3: Fotografia budynku Wisma Tanah wykonana w roku 2000. Budynek miał zainstalowany odgromnik atmosferyczny ESE produkcji francuskiej.

Rysunek 4: Fotografia budynku Wisma Tanah wykonana w roku 2003. Budynek został uderzony przez wyładowanie, co widać z prawej strony.

Analiza przypadku #3: Budynki mieszkalne Setapak Ria

Gdy były fotografowane w roku 1997, te budynki miały zainstalowane francuskiej produkcji odgromniki atmosferyczne ESE. Budynki posiadają wielokondygnacyjne dachy, a odgromniki atmosferyczne zostały umieszczone centralnie na najwyższym dachu budynku mieszkalnego.

Rysunek 5: Fotografia jednego z budynków mieszkalnych Setapak Ria pokazująca francuskiej produkcji odgromnik atmosferyczny ESE i punkty uderzeń wyładowań.

Rysunek 6: Fotografia innego budynku mieszkalnego Setapak Ria ukazująca inny odgromnik atmosferyczny ESE produkcji francuskiej i punkt uderzenia wyładowania.

Ostatnie odkrycie ukazuje, że te budynki były uderzane kilkakrotnie przez wyładowania. Dokładna inspekcja wykazała, że niektóre z punktów uderzenia występowały na tym samym dachu, na którym zostały umieszczone odgromniki atmosferyczne (Rysunki 5 i 6).

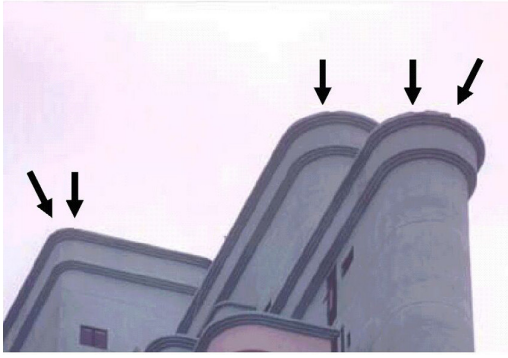
W tych przypadkach punkty uderzenia znajdowały się w odległości do 10 m od odgromników atmosferycznych, które były zainstalowane na środku dachu.

Analiza przypadku #4: Budynki mieszkalne Villa Putri w Kuala Lumpur

Te 170-m wysokości różnopoziomowe połączone budynki miały zainstalowane australijskiej produkcji odgromniki atmosferyczne ESE, zamocowane na 5 m masztach. Na każdym budynku mieszkalnym był zainstalowany jeden odgromnik atmosferyczny i były one umieszczone na środkach dachów (Rysunek 7).

Wyższy blok mieszkalny posiada prostokątną konstrukcję betonową górnego dachu z zaokrąglonymi narożnikami, a niższy blok mieszkalny posiada półkoliste konstrukcje dachu środkowego i dolnego. Według producentów ESE, te konstrukcje dachowe posiadają znacznie mniejsze zintensyfikowanie pola z powodu ich kształtów i w związku z tym mniejszego ryzyka przechwytywania wyładowań.

Rysunek 7: Fotografia budynków mieszkalnych Villa Putri ukazująca dwa odgromniki atmosferyczne ESE produkcji australijskiej zainstalowane na różnopoziomowych dachach.



Rysunek 8: Fotografia zbliżeniowa budynku mieszkalnego pokazująca niektóre z punktów wielokrotnego uderzenia wyładowania, które skumulowały się w okresie pięciu lat od zainstalowania na budynku odgromników atmosferycznych ESE.

Z drugiej jednak strony, odgromnik atmosferyczny został skonstruowany do zapewnienia zwiększonej intensyfikacji pola, co mogłoby spowodować pomyślne przechwytywanie uderzeń wyładowań.

Jednakże, w okresie pięcioletnim zaobserwowano, że na zaokrąglonych narożnikach dachu górnego, środkowego i dolnego wystąpiło siedem punktów uderzenia wyładowania. Te punkty uderzeń wyraźnie pokazują, że poprawiona ochrona zakładana przez producenta nie istniała (Rysunek 8).

4. Analiza przypadków uderzeń wyładowania w budynki wyposażone w pręty Franklina.

Badania pokazują, że prawie we wszystkich przypadkach uszkodzeń przez wyładowania budynków, na których zainstalowano pręty Franklina, stwierdzono, że pręty zostały zainstalowane w pewnej odległości od punktów uderzeń, t.zn. miejsc o wysokim zagrożeniu.

Tam, gdzie pręty Franklina zostały zainstalowane w punkcie przewidywanego przechwytywania wyładowania i gdzie przewody dolne zostały prawidłowo ułożone i zainstalowane, nie obserwowano żadnych uszkodzeń przez wyładowania.

Położenie odgromnika atmosferycznego odgrywa decydującą rolę w konstrukcji skutecznego systemu konwencjonalnej ochrony przed wyładowaniami. Zostało to wyjaśnione przez Darveniza [8] i zaproponowane w szkicu australijskich/nowozelandzkich norm ochrony przed wyładowaniami[9].

Analiza przypadku #5: Budynki szkoły średniej Damansara Secondary School w Kuala Lumpur.

Te budynki miały zainstalowany system konwencjonalny, ale odgromniki atmosferyczne Franklina i przewody nie zostały umieszczone w znanych miejscach wysokiego zagrożenia, t.zn. na kalenicach i brzegach dachu dwuspadowego.

Jak się spodziewano, punkty uderzeń wyładowań wystąpiły w przewidywanych miejscach (Rysunki 9 i 10). Niezdolność prętów Franklina do przechwytywania uderzeń wyładowania dotyczy raczej błędnych rozmieszczeń prętów, niż samych prętów.

Rysunek 9: Fotografia punktu uderzenia w kalenicę dachu dwuspadowego. Pręt Franklina powinien zostać zainstalowany dokładnie na szczycie końca kalenicy, zamiast około 1 m od tego punktu.

Rysunek 10: Fotografia punktu uderzenia w pochyloną krawędź dachu dwuspadowego. Przewód odgromnika atmosferycznego powinien również być zainstalowany na krawędziach dachu dwuspadowego.

Analiza przypadku #6: Budynki mieszkalne Hicom w Shah Alam.

Podobnie, jak na budynkach szkolnych omawianych wyżej, pręty Franklina nie były umieszczone w znanych miejscach wysokiego zagrożenia. Ponieważ te budynki zostały zbudowane ponad dziesięć lat temu, wiele z bloków mieszkalnych było uderzanych przez wyładowania w prawie dokładnie tym samym miejscu, t.zn. na kalenicach dachu dwuspadowego. W niektórych przypadkach, sąsiednie bloki mieszkalne wykazywały podobne punkty uderzeń wyładowań (Rysunki 11 i 12).

Tym uszkodzeniom można byłoby zapobiec, jeżeli pręty Franklina byłyby zainstalowane dokładnie na szczytach końców kalenicy. W ten sposób, zalecenia podane w szkicu normy australijskiej/nowozelandzkiej stanowią znaczący krok w kierunku bardziej skutecznego zastosowania konwencjonalnego odgromnika atmosferycznego i powinny zostać poważnie rozpatrzone.

Rysunek 11: Fotografia dwu sąsiednich bloków mieszkalnych, pokazująca podobne punkty uderzenia wyładowania. W obu przypadkach pręty Franklina były zainstalowane właśnie około 0,5 m od końców.

Rysunek 12: Fotografia zbliżeniowa innego bloku mieszkalnego pokazująca punkt uderzenia wyładowania i obok niego pręt Franklina. Dla skutecznej ochrony, pręt musi być umieszczony dokładnie na końcach kalenicy i w podobnych miejscach wysokiego zagrożenia.

5. Wnioski.

Te badania dostarczają bezpośredniego dowodu wymaganego do wykazania, że odgromniki atmosferyczne ESE nie zapewniają zwiększonej ochrony, jak zakładali ich posiadacze.

Badania te ujawniły następujące fakty:

(a) Że technologia ESE ochrony przed wyładowaniami jest naukowo i technicznie niezdrowa, ponieważ niektóre z budynków wyposażonych w jedno lub więcej takich urządzeń były uderzane przez wyładowania wielokrotnie w danym okresie czasu.

(b) Że nie stwierdzono wzmocnionej ochrony zakładanej przez producentów odgromników atmosferycznych ESE, ponieważ niektóre z miejsc uszkodzonych przez wyładowania okazały się być bardzo blisko, oraz w wielu przypadkach na mniejszej wysokości, niż położenie odgromnika atmosferycznego ESE.

Te badania pokazują również, że, aby konwencjonalne odgromniki atmosferyczne były skuteczne w ochronie budynku przed wyładowaniami, muszą one być umieszczane na budynkach prawidłowo. Ponieważ wrażliwe miejsca na budynkach są już znane, instalowanie odgromników atmosferycznych w tych miejscach zapewni pomyślne przechwytywanie wyładowań.

5. Bibliografia (referencje)

[l] Bouquegneau, C., "Testy Laboratoryjne niektórych radioaktywnych i koronowych prętów odgromowych", 18ta Międzynarodowa Konferencja Ochrony przed Wyładowaniami,

Monachium 1985.

[2] Mackerras, D., Darveniza, M. i Liew Ah Choy, "Standardowe i nie-standardowe metody ochrony przed wyładowaniami", Journal of Electrical and Electronic Engineering, Australia, 7, 133-140, 1987.

[3] Mackerras, D., Darveniza, M. i Liew Ah Choy, "Krytyczny przegląd zakładanych właściwości wzmocnionej ochrony budynków przed wyładowaniami dla odgromników atmosferycznych ESE", raport przedstawiony do Grupy Zadaniowej CIGRE 33.01.03, Maj 1995.

[4] Hartono, Z. A. i Robiah, I., "Metoda wykrywania miejsc uderzeń wyładowań na budowli", Międzynarodowa Konferencja Zgodności Elektromagnetycznej, Kuala Lumpur, 1995.

http://www.elek-kor.com.pl/pdf/narozniki.pdf

[5] Hartono, Z. A., i Robiah, I., "Koncepcja Powierzchni Zbierania jako Niezawodna Metoda Przewidywania Miejsca Uderzenia Wyładowania", 25-ta Międzynarodowa Konferencja Ochrony przed Wyładowaniami, Rodos - Grecja, Wrzesień 2000

hnp://www.hvlab.ee.upatras.gr/iclp2000/proceedings/328_333.pdf

[6] Uman, M. A. i Rakov, V. A., "Krytyczny Przegląd Niekonwencjonalnych Podejść do Ochrony przed Wyładowaniami". Biuletyn Amerykańskiego Stowarzyszenia Meteorologicznego, Grudzień 2002

http://plaza.ufl.edu/rakov/Uman&Rakov%20(2000).pdf

[7] Gruet, P, "Etude des Paratonnerres a Dispositif d'Amorcage: Ministere de 1'Amenagement du Tcrritoire et de !'Environment", Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, Październik 2001

http://www.ineris.fr/recherches/download/PDA.pdf

[8] Darveniza, M., "Umieszczanie Odgromników Atmosferycznych dla Przechwytywania Wyładowań Zgodnie z Normami - Rewizyta", 26-ta Międzynarodowa Konferencja Ochrony przed Wyładowaniami, Kraków - Polska, Wrzesień 2002.

http://www.power.nstu.ru/conference/ICLP%202002/proceedings/10a03.pdf

[9] Szkic dla Komentarzy Publicznych, Norma Australijska/Nowo-Zelandzka, Ochrona przed Wyładowaniami, (Przegląd AS/NZS 1768 - 1991), strona 33.

https://committees.standards.com.au/COMMITTEES/EL-024/C0044/DR02359-PDR.pdf