DOI: 10.15199/13.2015.9.18

Ochrona i prewencja odgromowa

dr Inż. EUGENIUSZ SMYCZ
Ecole Superieure de Physique et de Chimie Industrielles, Paris
dr inż. CZESŁAW STEC
Politechnika Wrocławska, Wydział Elektryczny, Katedra Podstaw Elektrotechniki i Elektrotechnologii
mgr inż. STANISŁAW ZAJĄC
Okręgowy Urząd Górniczy we Wrocławiu

Ochrona odgromowa jest podstawowym elementem bezpieczeństwa obiektów i budynków. Zastosowana została po raz pierwszy w XVIII wieku przez Beniamina Franklina, który uważany jest za wynalazcę piorunochronu. Brak ochrony odgromowej może skutkować poważnymi awariami, uszkodzeniami urządzeń i konstrukcji, pożarem, spowodowanymi wyładowaniem atmosferycznym bezpośrednio w obiekt lub budynek. Wieloletnie doświadczenia pozwoliły stwierdzić równoważną do ochrony role prewencji odgromowej. Wczesna informacja o zagrożeniu wyładowaniami atmosferycznymi, umożliwia skuteczne zapobieganie licznym szkodom i stratom, będących ich następstwem.

Analiza ryzyka

Pierwszym etapem przy projektowaniu ochrony odgromowej obiektu jest określenie poziomu ochrony odgromowej. Sposób określenia tego poziomu, przy uwzględnieniu tolerowanych, ewentualnych strat, podany jest w normie EN 62-305 zeszyt 2, którym polskim odpowiednikiem jest Polska Norma PN-EN 62305-2:2008 Ochrona odgromowa. Część 2: Zarządzanie ryzykiem [16].

Rozróżnia się cztery poziomy ochrony odgromowej : poziom I (skuteczność 98%), II (95%), III (90%), IV (80%). Wynika z tego, że ochrona odgromowa obiektu 100% nie może być zagwarantowana. Poziom ochrony odgromowej obiektu może być uzyskany w sposób probabilistyczny wg ww. normy lub w sposób deterministyczny narzucony przez użytkownika obiektu. Na etapie oceny ryzyka, mając na uwadze możliwe szkody i straty, zalecane są środki prewencyjne np. wyposażenie obiektu w lokalny system ostrzegania przed zagrożeniem burzowym, opracowanie procedur dotyczących prac z materiłami niebezpiecznymi.

Zewnętrzna ochrona odgromowa

Normy w Unii Europejskiej

Rozróżnia się ochronę odgromową zewnętrzną oraz ochronę odgromowa wewnętrzną. Ochrona odgromowa wewnętrzna ma na celu wyeliminowanie ewentualnych przepięć, wnikających do instalacji elektrycznej chronionego obiektu. Do tego celu stosuje się ograniczniki przepięć, połączenia wyrównawcze oraz ekrany przewodzące [*18*].

Ochrona odgromowa zewnętrzna ma na celu przejęcie wyładowania atmosferycznego i odprowadzenie prądu piorunowego do ziemi.

Obecnie stosowane są dwa rodzaje ochrony odgromowej zewnętrznej :

- pierwsza – objęta normą EN-62 305 zeszyt 3, [17] zaliczana do tzw. metody tradycyjnej,
- druga – objęta normą francuską NFC 17-102 (z września 2011) [16] „ *Protection contre la foudre – Systèmes de protection contre la foudre à dispositif d'amorçage*", opierająca się na zwodach zawierających układy wspomagające powstanie oddolnego lidera), (skrót francuski PDA – *Paratonnerre à Dispositif d'Amorçage*, skrót angielski ESE- *Early Streamer Emission,*).

Oprócz Normy NF C 17-102 (z września 2011) istniją podobne normy w krajach Unii Eurpejskiej, miedzy innymi w Hiszpanii, Portugalii, Słowacji, Rumunii, Litwie.

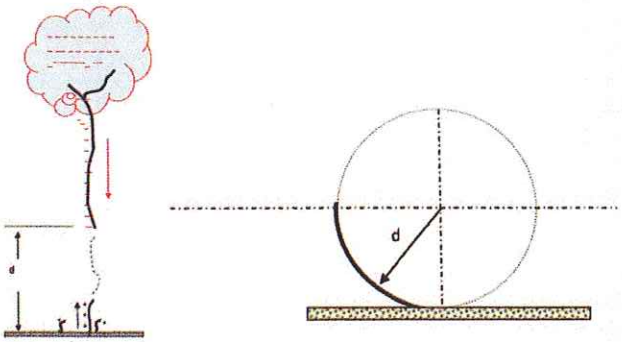
Rozwój wyładowania atmosferycznego

Wyładowanie atmosferyczne rozwija się skokami (30–50 m) od chmury burzowej, naładowanej w naszych warunkach klimatycznych ładunkiem ujemnym, w kierunku do ziemi (są to tzw. strimery, lidery odgórne). Początkowy rozwój wyładowania jest uzależniony jedynie od ładunku elektrycznego zgromadzonego lokalnie w chmurze burzowej. Przemieszczanie się czoła lidera odgórnego, powoduje poprzez zjawisko „zwierciadlanego odbicia", gromadzenie się ładunku (przeciwnego znaku) na wszystkich elementach przewodzących (ziemia, metalowe elementy i urządzenia, gałęzie drzew).

Ładunek czoła lidera Q jest źródłem pola elektrycznego powodującego powstanie lidera oddolnego wstępującego. Przyjęto, że istnieje nastepujaca zależność pomiędzy ładunkiem czoła lidera, prądem I i czasem T wyładowania pioruna; Q = I×T.

W szczególnym przypadku przy I=15kA i T=70μs; $Q = 15\times10^{3}\times70\times10^{-6} = 1{,}05$ C Natężenie pola elektrycznego na powierzchni ziemi równe 300 kV/m powoduje powstanie lidera wstępującego (oddolnego). Odległość dyspozycyjna d(m) tworzenia się oddolnego lidera lub promień toczącej się sfery w modelu elektro-geometrycznym oblicza się w oparciu o następującą empiryczną zależność :

$$d[\mathrm{m}] = 9{,}4\times I^{\frac{2}{3}}[\mathrm{kA}]$$



Rys. 1. Odległość dyspozycyjna d(m) tworzenia się oddolnego lidera lub promień toczącej się sfery w modelu elektro-geometrycznym
Fig. 1. Discretionary distance d(m) for the creation of an upward leader or radius of the rolling sphere in the electro-geometrical model

W szczególnym przypadku przy I = 15 kA, odległość dyspozycyjna d = 57,2m.

Ostatni przeskok wyładowania atmosferycznego jest połączeniem się lidera odgórnego z liderem oddolnym. To połączenie odbywa się w połowie drogi ostatniego przeskoku.

Lidery oddolne – wstępujące

Na obiekcie nie zawierającym innych elementów metalowych, metalowy zwód pionowy (zwód Franklina), będąc jedynym elementem skupiającym pole elektryczne, stanie się źródłem oddolnego lidera, który połączy się z liderem odgórnym. Przy obecności na dachu uziemionych elementów metalowych (klimatyzatory, wentylatory, anteny itp.), każdy z nich może być źródłem lidera oddolnego, podobnie jak zwód pionowy lub zwód poziomy.

Inicjacja lidera dodatniego na elemencie metalowym, uzależniona jest od wartości lokalnego natężenia pola elektrycznego, jego narostu w czasie oraz ilości wolnych elektronów mogących zapoczątkować zjawisko lawinowe w jego otoczeniu [3]. Ostrze zwodu Franklina ma stały potencjał ziemi, podobnie jak inne uziemione elementy metalowe i nie ma rozróżnienia pomiędzy nimi w procesie inicjującym rozwój lidera.

Zwód – ESE [4], posiadający element pasywny (indukcyjno -pojemnościowy), służący do wytworzenia dodatkowego pola elektrycznego, będąc w superpozycji z narastającym w czasie elektrycznym polem czoła lidera zstępującego, daje z wyprzedzeniem czasowym w stosunku do zwodu Franklina taką wartość natężania pola, która odpowiada wartości elektrycznego pola generującego oddolnego lidera na zwodzie Franklina.

Oznacza to, że dla identycznego udarowego narostu pola elektrycznego, powstanie oddolnego lidera, wytworzonego przez to pole, na zwodzie ESE następuje wcześniej niż dla zwodu Franklina. Ta różnica czasowa, nazywana jest wyprzedzeniem czasowym ΔT (μs).

Zwody ESE, charakteryzują się wyprzedzeniem czasowym od 10 μs do 60 μs (prędkość dodatniego oddolnego lidera jest rzędu 0,1–1 m/μs). Można zatem powiedzieć, że czas zainicjowania powstania oddolnego lidera dla zwodu ESE zostaje znacznie skrócony.

Inicjacja lidera oddolnego na zwodzie ESE powoduje, poprzez istniejące na obiekcie galwaniczne połączenia, odpływ ładunków z pozostałych elementów metalowych w kierunku źródła lidera, a tym samym powoduje osłabienie pola elektrycznego na ich powierzchni i przyhamowanie procesu inicjacji na tych elementach.

Procesy opisane powyżej, są uwzględnione w technice ochrony odgromowej wg francuskiej normy NFC 17-102 (09/2011).

Norma francuska NFC 17-102 (09/2011)

Francuska norma NFC 17-102 (wrzesień 2011) jest drugim wydaniem normy NFC 17-102, (pierwsze wydanie było w 1995 r.). Norma ta powstała na bazie wyników badań prowadzonych we Francji pod koniec lat 80 XX wieku przez międzynarodową grupę o nazwie „RENARDIERES" (nazwa pochodzi od Laboratorium Wysokich Napięć EDF w Renardières we Francji).

Norma NFC 17-102 (09/2011) dotyczy odmiennej techniki ochrony odgromowej niż opisanej w normie EN 62 305 - zeszyt 3 i z tego też względu Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki CENELEC zaakceptował jej wydanie w roku 2011, przy jednoczesnej obecności wprowadzonej w roku 2009 normy EN 62-305.

Francuska norma NFC 17-102(09/2011) zawiera :

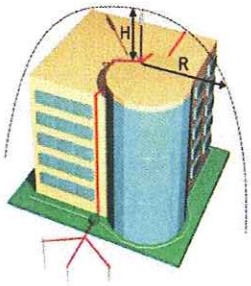
- Analizę ryzyka (zgodną z EN 62-305 zeszyt 2),
- Zasady instalacji i wyznaczania promieni stref ochronnych,
- Badania zwodu PDA : pomiary skuteczności, badania środowiskowe, próby udarowe prądem piorunowym,
- Zasady konserwacji i przeglądów okresowych

Promienie stref ochronnych wg NFC 17-102 (z września 2011)

Promienie stref ochronnych R podane są w *tabeli* poniżej, dla zwodu ESE mającego wyprzedzenie czasowe ΔT = 60 μs.

Poziom ochrony	d [m]	I [kA]	[m × m]	H=2 m R [m]	H=5 m R [m]	H=5 m Rp [m]
I	20	3,1	5 x 5	31	79	47,4
II	30	5,7	10 x 10	35	88	52,8
III	45	10,5	15 x 15	39	97	58,2
IV	60	16,1	20 x 20	43	107	64,2

gdzie:
d [m] – promień toczącej się sfery (model elektrogeometryczny), (rys.1)
I [kA] – wartość natężenia prądu pioruna, poniżej której, ochrona odgromowa przestaje być skuteczna.
m×m – wielkość oczek siatki wg EN 62 305 zeszyt 3,
H – wysokość masztu ze zwodem PDA (przewyższenie powyżej powierzchni chronionej), R – promień strefy ochronnej.
Dla obiektów typu ZDR (Zakład Dużego Ryzyka) i ZZR(Zakład Zwiększonego Ryzyka), promień strefy ochronnej jest zredukowany o 40%, Rp = 60% R



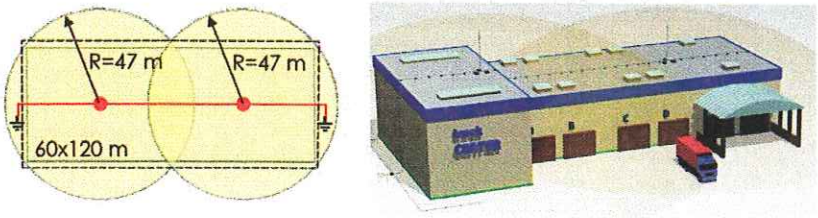
Rys. 2. Promienie stref ochronnych zwodami ESE
Fig. 2. Radius of the protection zone with ESE termination

Zasady instalacji wg normy NFC 17-102 (wrzesień 2011)

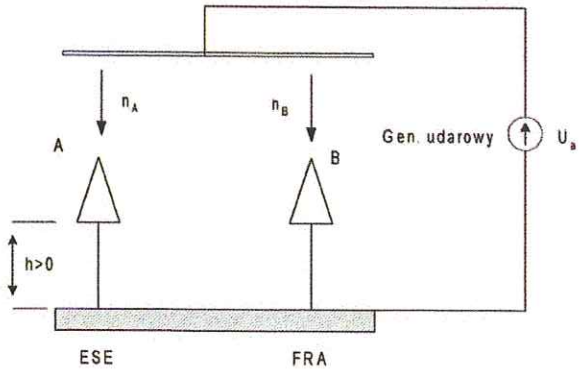
Zwód ESE jest instalowany na maszcie o wysokości H ≥ 2 m. Posiada, co najmniej dwa odprowadzenia do ziemi. Zwody ESE przy ilości ≥ 2 mogą być łączone pomiędzy sobą. Ilość uziemień ≥ ilości zainstalowanych zwodów ESE.

Przykład:

Centrum logistyczne (ZZR) o wymiarach 120 x 60 x 12 m, wymagany poziom ochrony I. Do ochrony użyte są dwa zwody mające wyprzedzenie czasowe 60 μs umieszczone na masztach o wysokości 5 m. Z uwagi na połączenie pomiędzy nimi wykonano dwa odprowadzenia do dwóch uziemień punktowych o opornosci R< 10 Ω.



Rys. 3. Schemat ochrony odgromowej centrum logistycznego zwodami ESE
Fig. 3. Lightning protection diagram with ESE termination prepared by the logistic centre



Rys. 4. Badania porównawcze dwóch zwodów (Franklina-ESE (PiX3/Gromostar 60) w stanie nieaktywnym (iskrownik zwarty) i aktywnym ESE (iskrownik otwarty)
Fig. 4. Comparative study of two-termination (Franklin – ESE (PiX3/Gromostar 60) in an inactive state (spar gape closed) and active ESE (spar gape open)

Tabela 1

Wyniki pomiarowe trzech serii próbnych wyładowań porównawczych na zwodach ESE w stanach: nieaktywny (B – zwarty układ wspomagający) i aktywny (A – otwarty układ wspomagający).

n	B	B	Tm [μs]	Um [kV]	B	A	Tm [μs]	Um [kV]
30	17	13	228	533	6	24	211	531
30	16	14	283	514	3	27	241	500
30	16	14	305	497	0	30	244	490

gdzie: n – ilość wyładowań, Tm – uśredniona wartość czasów do wyładowań [μs], Um – uśredniona wartość napięć udarów w chwili wyładowań [kV].

Polska myśl naukowo-techniczna w zakresie ochrony odgromowej

W 1998 roku polska firma ORW-ELS Sp. z o.o. z Nowej Sarzyny k. Rzeszowa wprowadziła na rynek piorunochron posiadający układ wspomagający rozwój oddolnego lidera. Obecnie jest to wiodącym rozwiązaniem w technologii ESE (wykorzystywane w wielu krajach).

Firma ORW-ELS produkuje w oparciu o swoje rozwiązanie patentowe, wiele wersji piorunochronów o nazwach handlowych Gromostar, PiX, Omega, Lider, Ionostar, które są instalowane poza Francją i Polską, również w Rosji, Chinach, Tajwanie, Malezji, Wietnamie, Litwie, Łotwie, Ukrainie, Bułgarii, Rumunii, RDC, Afryce Południowej, Iranie.

Ponadto ORW-ELS prowadzi prace badawcze, uczestniczy w konferencjach krajowych i zagranicznych, jak również publikuje w kraju, oraz w USA. Ten zakres opiera sie na ścisłej współpracy z polskimi i zagranicznymi ośrodkami naukowymi (Politechnika Wrocławska, Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur Appliquées à la Mécanique et au Génie Electrique (SIAME) – Université de Pau we Francji.)

Jakkolwiek pierwsza norma NFC 17-102 (07/1995) dotycząca techniki ochrony odgromowej za pomocą zwodów ESE została wydana we Francji, to pierwsze ujecie teoretyczne wykazujące większą skuteczność zwodu ESE w stosunku do zwodu Franklina nastąpiło w Polsce, gdzie zostały sformułowane kryteria Skopeca i Steca, dotyczące współczynnika koncentracji oraz współczynnika wzmocnienia pola elektrycznego w zwodzie ESE w odniesieniu do zwodu Franklina [4, 5, 6].

Potwierdzeniem obliczeń teoretycznych są wyniki badań eksperymentalnych, polegające na pomiarach porównawczych [6,11] dla dwóch identycznych zwodów ESE. W pierwszych próbach w obydwóch zwodach zwarto układ wspomagający (stan nieaktywny – symulacja zwodu Franklina), w nastepnych próbach w jednym zwodzie (A) układ wspomagający był w stanie aktywnym (ESE), a w drugim (B) pozostawiono zwarty układ wspomagający (stan nieaktywny).

Wyniki pomiarow napięcia i czasu wyładowań zestawiono w tabeli 1 i stanowią one wiarygodne potwierdzenie na wyższą skuteczność zwodu ESE niż zwodu Franklina.

Krytyczna ocena zwodów ESE

Krytyka naukowa

Spotykane są w literaturze liczne krytyczne oceny dotyczące zwiększonej skuteczności ochrony odgromowej z wykorzystaniem zwodów ESE [2,8,14]. Wynikają one z niezrozumienia mechanizmu fizycznego ich działania. W grupie oponentów nie jest poprawnie rozumiane działanie elektromagnetycznego układu wspomagającego (cewka, iskrownik) wbudowanego w zwodzie ESE. Istotna różnica w stosunku do zwodów klasycznych Franklina polega na inicjacji stanu nieustalonego w układzie zwódziemia w którym zjawisko indukcji Faradaya wytwarza dodatkowe napięcie. W stosunku do zwodu Franklina, który jest na potencjale ziemi, jest to równoważne dodatkowemu napięciu doładowania, które zwiększa (podwaja) ładunek elektryczny zwodu. Powoduje to efektywny wzrost (podwojenie) natężenia pola a tym samym przyspieszenie tworzenia się lidera oddolnego. Należy z naciskiem podkreślić, że samo napięcie wytwarzane w cewce nie bierze udziału w tworzeniu się lidera. Teoretycznie jego bezwzględna wartość maksymalna (praktycznie nie jest duża) dokładnie jest równa potencjałowi pod jakim znajduje się zwód względem ziemi w chwili wyładowania. Dodatkowa energia potrzebna do wytworzenia wczesnego lidera pokrywana jest energią pola magnetycznego cewki a ta pobierana jest w całości z energii ładunku elektrycznego Q zgromadzonego w czole lidera. Tym samym zwód ESE przyspiesza tworzenie się lidera oddolnego, natomiast rozwój całego wyładowania przebiega analogicznie jak w zwodzie Franklina z pełną energią zgromadzoną w układzie chmura ziemia.

Należy również podkreślić istnienie dodatkowej przesłanki fizycznej wspomagającej proces wyładowania w zwodach ESE w stosunku do zwodów Franklina. W otoczeniu zwodu Franklina występuje zjawisko emisji ładunku przestrzennego (zjawisko korony) poprzedzające wyładowanie i obniżające natężenie pola a tym samym opóźniające tworzenie się lidera oddolnego. W zwodach ESE z uwagi na istnienie przerwy iskrownika ładunek początkowy jest zerowy i zjawisko korony nie występuje, co ma istotny wpływ na przyspieszenie tworzenia się lidera oddolnego z chwilą zadziałania układu wspomagającego. Na podstawie oceny współczynnika koncentracji pola, teoretycznie zwód PDE położony na wysokości h względem ziemi jest równoważny zwodowi Franklina na wysokości 2h.

Legalność stosowania piorunochronów ESE w Polsce

Aby rozwiać wątpliwości co do legalności stosowania ochrony odgromowej z wykorzystaniem piorunochronów ESE w Polsce, na podstawie opinii prawnej [1] stwierdzono co następuje :

« Instalacje piorunochronne z głowicami z wczesną emisją lidera, które zostały legalnie wprowadzone do obrotu w innym państwie członkowskim UE, w szczególności zaś, które zostały zaprojektowane i wykonane w sposób zgodny normą francuską NFC 17-102:09/2011, mogą być legalnie wprowadzone do obrotu również w Polsce, gdyż z uwagi na swoje właściwości użytkowe pozwalają na projektowanie i budowę obiektów budowlanych spełniających wszystkie wymagania podstawowe z zakresu ochrony przeciwpożarowej, w tym ochrony odgromowej, przewidziane w obowiązujących w Polsce przepisach techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej (wniosek z art. 5 ust. 3 ustawy o wyrobach budowlanych) ».

« Przepisy rozporządzeń wykonawczych do ustawy, sprzeczne z ustawą, nie powinny być, w zakresie występowania tej sprzeczności, stosowane. W szczególności przepisów rozporządzeń sprzecznych z ustawą nie mogą stosować (oraz nie mogą wymagać ich przestrzegania) polskie sądy, a to z uwagi na fakt, że w myśl przepisów Konstytucji RP sędziowie w sprawowaniu swojego urzędu są niezawiśli i podlegają tylko Konstytucji oraz ustawom (art. 178 ust. 1 Konstytucji RP). »

« Dlatego też z praktycznego punktu widzenia przesądzenie w przepisach rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, że instalacje piorunochronne powinny być umieszczane i wykonywane na budynkach w sposób zgodny z Polską Normą dotyczącą ochrony odgromowej obiektów budowlanych nie wywołuje skutku prawnego w postaci nadania Polskim Normom dotyczącym ochrony odgromowej obiektów budowlanych charakteru obligatoryjnego i prawnie wiążącego. »

Ponadto również miesięcznik SEP „Informacje o normach i przepisach elektrycznych" (INPE) nr 189 z czerwca 2015 r. [13] w nocie Redaktora naczelnego potwierdza ww. ustalenia co do dobrowolności stosowania Polskich Norm, pisząc między innymi cyt.: „Polski Komitet Normalizacyjny wyjaśnia, że powołanie się w przepisach prawnych na Polską Normę nie zmienia jej dobrowolnego statusu, chyba że ustawodawca świadomie chce ten status zmienić, co jest możliwe przez wyraźne wskazanie tylko w postanowieniach innej ustawy (*lex superior derogat legi interiori* – akt prawny wyższego rzędu wyłącza akt prawny niższego rzędu).

Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane w art. 5 ust. 1 i ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne w art. 51, pkt 3 zobowiązują do projektowania i wykonywania obiektów budowlanych wraz ze związanymi z nimi urządzeniami zgodnie z przepisami i zasadami wiedzy technicznej, a nie z Polskimi Normami"

Interpretację tą przytoczyliśmy, jako reakcję na pojawiające się informacje, że stosowanie instalacji piorunochronnych z głowicami z wczesną emisją lidera ESE wg normy francuskiej NF C 17-102 (09/2011), na terenie Polski nie jest legalne.

Ocena skuteczności ochrony odgromowej

W roku 2000 został opracowany przez INERIS (Instytut podlegający Francuskiemu Ministerstwu Ochrony Środowiska i Infrastruktury), raport dotyczący ochrony odgromowej piorunochronami typu ESE, którego następstwem była ankieta dotycząca skuteczności ochrony metodami tradycyjnymi i techniką w oparciu o piorunochrony typu ESE. Jej wynik potwierdził, że skuteczność ochrony zwodami ESE, była co najmniej równa z techniką wykonywaną siatką zwodów poziomych i zdecydowanie przewyższała skuteczność ochrony wykonaną wysokimi zwodami Franklina. Konsekwencją tego raportu, było obligatoryjne rejestrowanie wyładowań zarówno na obiektach chronionych metodą tradycyjną jak i piorunochronami typu ESE.

ORW-ELS w ramach corocznych przeglądów prowadzi systematyczną rejestracje wyłdowań atmosferycznych na obiekach w kraju oraz na terenie Francji.

Unikalne zdjęcie wyładowania atmosferycznego

W sierpniu 2013 r. podczas burzy, Bruno Auroy wykonał zdjęcie, na którym zostały uwidocznione wyładowania atmosferyczne (lidery, strimery) rozwijające się z 7 zwodów ESE (produkcji firmy ORW-ELS) zainstalowanych na 7 pylonach wiaduktu Millau (fr. *Viaduc de Millau*) we Francji. Wiadukt ten, zbudowany w ciągu autostrady A75, jest najwyższą tego typu konstrukcją w Europie, z najwyższym pylonem o wysokości 341 m. Odległość pomiędzy pylonami wynosi około 300 m, natomiast cały wiadukt ma długość 2 460 m. Na zdjęciu widoczne jest również wyładowanie w głębi terenu, w oddali od wiaduktu. Wyładowania nastąpiły w przedziale czasowym rzędu 3–5 s. Widoczne lidery, które powstały w swoim czasie ze zwodów ESE, umieszczonych na 7 pylonach, oraz brak jakichkolwiek widocznych strimerów z innych miejsc należących do elementów konstrukcyjnych wiaduktu potwierdzają wysoką skuteczność zwodów ESE.

Rys. 5. Widukt w Millau jest chroniony piorunochronami polskiej firmy ORW-ELS
Fig. 5. Millau Viaduct is protected with a lightning rod of the Polish company ORW-ELS

Piorunochrony firmy ORW-ELS na wybranych obiektach

Rys. 6. Zaklad przemyslowy typu « SEVEZO » na terenie Francji.

Fig. 6. « SEVEZO » industrial plant in France

Rys. 7. Panteon w Paryżu. Fig. 7. The Panthéon in Paris

Rys. 8. Palac Inwalidów w Paryżu. Fig. 8. Les Invalides in Paris

Rys. 9. Most na Wiśle k. Kwidzynia
Fig. 9. Bridge over Vistula near Kwidzyń

Rys. 10. Motoarena w Toruniu
Fig. 10. MotoArena in Toruń

Rys.11. P.S. P. Pabianice
Fig. 11. State Fire Service in Pabianice

Rys.12. Gmach Główny Politechniki Wrocławskiej
Fig. 12. Main building of the Wrocław University of Technology

Rys.13. Rafineria w Iranie
Fig. 13. Refinery in Iran

Rys.14. Biurowiec firmy Bierezowskij w Rosji
Fig. 14. Office block of the Berezovsky company in Russia

Prewencja odgromowa

Bardzo ważnym elementem ochrony odgromowej jest prewencja odgromowa, mająca na celu wczesne ostrzeżenie przed nadciągającą burzą i wyładowaniami atmosferycznymi. Wczesna informacja o zbliżającym się zagrożeniu wyładowaniami atmosferycznymi, umożliwia skuteczne zapobieganie licznym szkodom i stratom, będących ich następstwem.

Oto kilka przykładów zastosowań prewencji odgromowej :

- wczesna ewakuacja ludzi z miejsc gdzie może nastąpić porażenie prądem pioruna, na skutek powstałych napięć krokowych lub dotykowych (wieże widokowe, tereny rekreacyjne, prace na wysokości, prace pod ziemią, prace na przestrzeni otwartej – przeglądy samolotów na lotniskach),
- wstrzymanie i zabezpieczenie przeładunku materiałów niebezpiecznych, łatwopalnych,
- przełączanie zasilania elektrycznego, zewnętrznego na lokalne, urządzeń wymagających ciągłego i nieprzerwanego zasilania,
- sterowanie zasilaniem energetycznym obiektów w czasie nieobecności użytkowników.

W prewencji odgromowej podstawową rolę spełnia informacja o lokalnym zagrożeniu w wyniku ewentualnego wyładowania atmosferycznego.

Na rynku istnieją lokalne ostrzegacze zagrożenia wyładowaniami atmosferycznymi, oparte na detekcji fal elektromagnetycznych, generowanych podczas wyładowania atmosferycznego (najczęściej 15 kHz). Są to urządzenia nieprzystosowane do potrzeb prewencji odgromowej, z uwagi na występowanie fałszywych alarmów wywołanych zakłóceniami elekromagnetycznymi.

Bezpośrednim wskaźnikiem zbliżania się naładowanej ładunkiem elektrycznym chmury burzowej jest pole elektryczne pochodzące od tego ładunku i wyindukowanego ładunku na powierzchni ziemi. W normalnym stanie pogodowym natężenie pola elektrycznego na powierzchni ziemi pochodzi jedynie od ładunków jonosfery i wynosi około 100 V/m. Natomiast w stanie burzowym, poprzedzającym wyładowanie atmosferyczne, osiąga ono wartość rzędu 15 kV/m. Obecność chmury burzowej w odległości około 10 km wytwarza pole elektryczne rzędu 1 kV/m.

Do pomiaru pola elektrostatycznego lub wolnozmiennego pola elektrycznego stosuje się urządzenia pomiarowe, tzw. młynki pola elektrycznego, w których stabilność wirującej elektrody wymaga częstego serwisu.

Firma ORW-ELS opracowała przyrząd do pomiaru natężenia pola elektrycznego, który nie jest uzależniony od stabilności obrotów elementu ruchomego. Rozwiązanie to, objęte zgłoszeniem patentowym, oparte jest na zjawisku indukcji ładunku elektrycznego w przewodzącej elektrodzie, który po rozdzieleniu jest mierzony w klatce Faraday'a. Ładunek elektryczny jest proporcjonalny do pola elektrycznego, które wyindukowało ten ładunek. Jest to Polaryzacyjny Miernik Pola elektrycznego chmury burzowej (skrót PMP), składający się z dwóch elementów: sondy pomiarowej PMP-P oraz współpracującej z nią centralą PMP-C.

Przykłady zastosowań:

- Budownictwo jednorodzinne.

W przypadku nieobecności mieszkańców, PMP może służyć do wyłączenia zasilania elektrycznego podczas nadciągającej burzy i ponownego włączenia zasilania elektrycznego, po ustaniu zagrożenia. Potrzeba wyłączenia zasilania podyktowana jest tym, że przepięcia indukowane w liniach elektroenergetycznych, mimo zainstalowania ograniczników przepięć, mogą zniszczyć urządzenia elektryczne codziennego użytku, urządzenia elektroniczne, komputery. Wyłączenie zasilania rozwiązuje ten problem.

- Farmy fotowoltaiczne.

Wyładowania nawet w odległości kilku km, mimo obecności ograniczników przepięć, są przyczyną uszkodzeń przetworników i elementów elektronicznych. Wyłączenie na okres zbliżającej się burzy połączenia z linią elektroenergetyczną spowoduje uniknięcie szkód.

- Szpitale wykonywujące zabiegi operacyjne wymagajace ciągłego, bezprzerwowego zasilania w energię elektryczną. Informacja o zagrożeniu burzowym pozwala na wczesne wykorzystanie zasilania z generatorów prądotwórczych.

Podsumowanie

Ochrona odgromowa z zastosowaniem zwodów z układem wspomagającym rozwój lidera, objęta normą francuską NFC 17-102 z września 2011 r., posiada wielu oponentów [2, 8, 14], jednak ich argumenty są całkowicie nieuzasadnione. Jest techniką innowacyjną o bardzo dużej skuteczności, co potwierdziły badania laboratoryjne oraz statystyka na obiektach rzeczywistych. W Polsce, nawet pomimo nieprzychylnego stanowiska Polskiego Komitetu Ochrony Odgromowej (PKOO),

liczba obiektów chronionych tą techniką stale rośnie. Zgodnie z wiedzą ekspertów w dziedzinie ochrony odgromowej, posiadających niezbędną wiedzę z dziedziny kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń i systemów oraz wieloletnim już doświadczeniem na rynku światowym, zastosowanie zwodów ESE do ochrony odgromowej obiektów budowlanych, obiektów użyteczności publicznej oraz bezcennych obiektów zabytkowych jest powszechne, a ich skuteczność została w pełni wykazana. Stosowanie ochrony odgromowej z wykorzystaniem ESE w Polsce jak już zaznaczyliśmy wcześniej, jest całkowicie legalne.

Zainstalowane już na tysiącach obiektów na całym świecie piorunochrony typu ESE, wyposażane są obligatoryjnie od 2008 roku, w rejestratory wyładowań i stanowią bazę danych do analizy statystycznej skuteczności ochrony odgromowej w zakresie przyjętego stopnia ryzyka. Analiza tych danych całkowicie potwierdza skuteczność i niezawodność ochrony odgromowej z głowicami typu PDA.

Ochrona odgromowa wg Normy francuskiej NFC 17-102 (09/2011) pozwala na:

- Obniżenie kosztów instalacji odgromowej, dla dużych obiektów nawet do 70% w stosunku do rozwiązań tradycyjnych.
- Zaprojektowanie ochrony odgromowej na wyższym poziomie bez zwiększania zaplanowanych kosztów.
- Obniżenie kosztów eksploatacji oraz ułatwienie eksploatacji obiektu (obsługa i konserwacja np. klimatyzatorów, odśnieżanie dachów).
- Łatwiejsze projektowanie i realizację.

Celowość rozwijania ochrony odgromowej z zastosowaniem zwodów typu ESE, potwierdza zawodność stosowanej obecnie metody klasycznej Franklina. Na przestrzeni kilku ostatnich lat odnotowano liczne przypadki powstania znacznych szkód, spowodowanych wyładowaniami atmosferycznymi w obiekty chronione zwodami klasycznymi. Najbardziej znane to : pożar wielko gabarytowego zbiornika paliwa w Rafinerii Nafty w Trzebini; uszkodzenie aparatury na maszcie łącza radiowo-telefonicznego Straży Pożarnej w Legnicy.

Technika PDA może być predysponowana do ochrony odgromowej obiektów w których występuje możliwość dużych zgromadzeń ludzi, szczególnie takich jak stadiony, aquaparki, otwarte skanseny, budowle sakralne, centra handlowe a także obiektów zabytkowych i obiektów o prestiżowym znaczeniu dla kultury.

Również prewencja odgromowa jest bardzo ważnym elementem ochrony odgromowej i ma na celu wczesne ostrzeżenie przed nadciągającą burzą,i wyładowaniami atmosferycznymi. Wczesna informacja o zbliżającym się zagrożeniu wyładowaniami atmosferycznymi umożliwia skuteczne zapobieganie licznym szkodom i stratom, będących ich następstwem.

Literatura

[1] Opinia prawna na temat niedopuszczalności zakazania przez Rzeczpospolitą Polską wprowadzania do obrotu i stosowania w Polsce instalacji piorunochronnej dopuszczonej do obrotu w innych państwach członkowskich Unii Europejskiej, wykonana przez Kancelarię Prawniczą Marek Szydło i Wspólnicy z Wrocławia, (Prof. nadzw. dr hab. Marek Szydło).

[2] Pryzmat (Politechnika Wrocławska) nr 253, marzec 2012, Chrzan K.L. Klasyczne piorunochrony Franklina i piorunochrony pseudoaktywne.

[3] Contribution a l'etude expermentale et theorique des decharges electriques de polarite negative dans l'air a pression atmospherique Thierry Reess, 24 Janvier 1997, L'Universite de Pau (Francja).

[4] Wiadomości Elektrotechniczne nr 8 z 2008 r., s. 8-11 A. Skopec, E. Smycz, Cz. Stec Inicjacja stanu nieustalonego jako główna przyczyna większej skuteczności aktywnego zwodu w ochronie odgromowej-analiza porównawcza zwodów aktywnych i klasycznych.

[5] Wiadomości Elektrotechniczne nr 10, z 2011 r., s. 40-44 A. Skopec, E. Smycz, Cz. Stec Zastosowanie reakcji impulsowej i skokowej w analizie działania ochrony odgromowej zwodu aktywnego typu ESE w stanie niestacjonarnego narostu potencjału elektrycznego chmury.

[6] Wiadomości Elektrotechniczne, nr 9 z 2012 r., s. 25-30 A. Skopec, E. Smycz, Cz. Stec, Kryteria teoretyczne oceny działania zwodów typu ESE w ochronie odgromowej – potwierdzenie eksperymentalne analizy teoretycznej.

[7] List Referencyjny Air France. „Lettre de satisfaction Air France Industries Réf. CO.QG 10023-13 JL.C/RA".

[8] Elektro.info, nr 4/2009, dr hab. inż. Andrzej Sowa, Nowe normy dotyczące ochrony odgromowej obiektów budowlanych.

[9] Wyniki ankiety dotyczącej skuteczności ochrony odgromowej tradycyjnej i za pomocą zwodów PDA zakładów typu SEVEZO na terenie Francji. „Résultat de l'enquête IPSOS concernant la protection contre la foudre des sites SEVESO (2002)".

[10] „Ochrona przeciwpożarowa" kwartalnik SITP nr 3/2014, s. 10–14 „Aktywna ochrona odgromowa" E. Smycz, Cz. Stec, S. Zając

[11] IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation Vol. 22, No. 2; April 2015 . „Experimental Demonstration of the Effectiveness of an Early Streamer Emission Air Terminal Versus a Franklin Rod" : Pecastaing L., Reess T., Silvestre de Ferron A., Souakri S, Smycz E, Skopec A, Stec Cz.

[12] „Elektronika" miesięcznik naukowo-techniczny SEP nr 5/2015, A. Skopec, E. Smycz, Cz. Stec., S. Zając.: „Badania teoretyczne i eksperymentalne zwodów z elektromagnetycznym układem wspomagającym emisję wczesnego lidera (ESE) w ochronie odgromowej – przykłady zastosowania na obiektach rzeczywistych"

[13] Miesięcznik SEP „Informacje o normach i przepisach elektrycznych" (INPE) nr 189 z czerwca 2015 r. „O polemice w sprawie dobrowolności stosowania Polskich Norm".

[14] Flisowski Z., Korycki P.: Promowana i rzeczywista skuteczność piorunochronów z wczesną emisją strimerów (ESE). *Przegląd Elektrotechniczny* 1998 nr 11.

[15] Norma francuska NFC 17-102 (09/2011) Protection contre la foudre – Systèmes de protection contre la foudre à dispositif d'amorçage.

[16] Polska Norma PN-EN 62305-2:2008 Ochrona odgromowa. Część 2: Zarządzanie ryzykiem.

[17] Polska Norma PN-EN 62305-3:2009 Ochrona odgromowa. Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów budowlanych i zagrożenie życia.

[18] Polska Norma PN-EN 62305-4:2009 Ochrona odgromowa. Część 4; Urządzenia elektryczne i elektroniczne w obiektach budowlanych.

[19] RAPPORT D'ESSAIS No 170612, Comparaison de l'efficacite d'un PDA actif vis-avis d'un PTS en laboratoire,, LABORATORIRESIAME EGE (Equipe Genie Electrique), Universite de Pau et des Pays de l'Adour, 17 Juin 2012.