



Piotr Koralewski
Sopockie Towarzystwo Ubezpieczeń
Ergo Hestia SA, zastępca dyrektora
ds. likwidacji szkód majątkowych Biura
Likwidacji Szkód, zajmuje się likwidacją
szkód z ubezpieczeń majątkowych,
technicznych i utraconego zysku,
inżynier, absolwent Politechniki Gdańskiej,
w Grupie Ergo Hestia od 1994 roku.

PIORUN

- natura i konsekwencje

Burze wraz z piorunami i grzmotami towarzyszą człowiekowi od zawsze, budząc jednocześnie jego lęk, jak i ciekawość. Naturalne piękno błyskawicy na niebie i fascynuje nas, i przeraża.

Z danych statystycznych wynika, że w tym samym czasie na Ziemi trwa około 1.800 burz, zaś w każdej sekundzie w Ziemię trafia 100 błyskawic. Czy my i nasze mienie jesteśmy zatem bezpieczni?

Skąd się biorą pioruny

Dlaczego i jak powstaje burza - to pytanie człowiek stawiał sobie przez stulecia. W XVIII-wiecznej encyklopedii *Nowe Ateny* ksiądz Benedykt Chmielowski przypisywał powstawanie burz działalności złych mocy. Zdaniem autora tej publikacji czarownicy i czarownice mogą ...*pobudzić burze, lyskawice, piorony, grady, deszcze wielkie. Sposób powstawania burz też został w powyższym dziele dokładnie opisany: czarownice w polu w dołek wody nalawszy, taką już z czartem mając umowę, ją mieszają póty, aż pobudzą chmury y burze ciężkie.* Zdaniem autora istniała następująca możliwość obrony przed chmurą gradową: ...*chmurze gradowej pokazać wielkie zwierciadło, i przeciwko niej wystawić, kędy inędy obróci się.* Nie wiadomo, czy powyższy sposób był skuteczny także w przypadku chmur burzowych.

Na pewno jednak i ks. Chmielowski i czytelnicy jego encyklopedii nie byli w stanie ogarnąć natury wyładowań atmosferycznych. W *Nowych Atenach* ich autor wskazał, że rzeczą absolutnie niemożliwą jest *wydarcie pioruna Jowiszowi*, trafnie w ten sposób podsumowując brak możliwości zapanowania nad potęgą energii pochodzącej z atmosfery. Współcześnie o przyczynach powstawania piorunów wiemy znacznie więcej, nadal jednak nie jesteśmy w stanie zapanować nad powstawaniem i przebiegiem burz ani gospodarczo wykorzystać elektryczności atmosferycznej. Czyżby w tym zakresie ksiądz Chmielowski miał rację?

Współcześnie piorunem nazywamy wyładowania elektryczne w atmosferze. Wyładowania piorunowe zachodzą wewnątrz chmury burzowej, pomiędzy chmurami burzowymi (to około 60% przypadków) oraz między chmurą a powierzchnią Ziemi. Te ostatnie nazywane są wyładowaniami doziemnymi. Pioruny często powstają w przypadku wystąpienia burz termicznych, związanych z silnym nagrzaniem się i unoszeniem do góry mas wilgotnego powietrza. Wyładowania atmosferyczne często towarzyszą także burzom frontowym, związanym ze zjawiskiem wyniesienia ku górze mas ciepłego powietrza i zderzenia z powietrzem zimnym.

Ciepłe powietrze w trakcie unoszenia się do góry obniża swoją temperaturę, a unoszona przez nie para wodna zamienia się w kryształki lodu. Pod wpływem przyciągania ziemskiego lód opada i w tym czasie zderza się z kolejnymi kroplami unoszonej pary. W wyniku zderzeń lód i cała chmura elektryzuje się. W chmurze burzowej powstają tak zwane komory czynne, z przewagą ładunku dodatniego w górnej części chmury i naładowane ujemnie w części dolnej. Wzrost ładunku prowadzi do zwiększenia natężenia pola elektrycznego. Po przekroczeniu jego wartości krytycznej od chmury do Ziemi lub innej chmury rozwija się wyładowanie piorunowe.

W niektórych przypadkach wyładowanie może rozpocząć się na wierzchołku obiektu naziemnego (na przykład masztu) i podążać ku chmurze. Jest ono wtedy nazywane wyładowaniem oddolnym. Na początku powstaje wyładowanie wstępne o kształcie schodkowym, rozwijające się od centrum ładunku w chmurze

w kierunku Ziemi z olbrzymią prędkością 30.000 km/s. Przy zbliżeniu się wyładowania do Ziemi spotyka się ono z podążającym ku nim na spotkanie wyładowaniem zapoczątkowanym na powierzchni Ziemi. W chwili ich połączenia następuje zamknięcie obwodu elektrycznego i potężna ilość ładunków przepływa w kanale pioruna - jest to wyładowanie główne. Jest ono trzykrotnie wolniejsze od wyładowania wstępnego i charakteryzujące się przepływem prądów o dużych wartościach, przeciętnie około 30 tysięcy Amperów.

Bywa także, że wyładowanie kończy się już na etapie wyładowania wstępnego. Wówczas wyładowanie takie nazywa się gasnącym lub niepełnym. Bardzo często w wytworzonym kanale wyładowania głównego występują dalsze wyładowania i wtedy nazywamy je wyładowaniami wielokrotnymi. Średnio w jednym piorunie są trzy wyładowania. Wyładowanie piorunowe jest widoczne w postaci błyskawicy, której towarzyszy huk. Grzmot powstaje zaś w wyniku rozprężania się nagrzanych mas powietrza w otoczeniu kanału wyładowania.

Skutki piorunów

Podczas piorunowego wyładowania głównego przepływa prąd mający kształt impulsu, po którym może nastąpić prąd długotrwały. Jest on charakterystyczny dla piorunów zwanych gorącymi lub zapalającymi. Gdy nastąpi uderzenie pioruna gorącego w obiekt budowlany, ładunek elektryczny spływa po piorunochronie do ziemi. W przypadku prawidłowo wykonanej instalacji ogromnej wytrzymałości ona nagły wzrost temperatury spowodowany przepływem prądu piorunowego. Jeżeli budynek nie posiada piorunochronu, skutek cieplnego oddziaływania prądów wyładowań atmosferycznych może nastąpić zapłon elementów palnych budynku i pożar. Szczególnie niebezpieczne są bezpośrednie uderzenia piorunów w obwody sieci zasilającej, linie transmisji sygnałów lub w obiekty budowlane, w których pracują urządzenia elektroniczne.

Wyładowania elektryczne, które uderzą bezpośrednio w jeden z elementów linii elektroenergetycznej, powodują powstanie tak zwanych przepięć bezpośrednich. Przeciętny prąd piorunowy posiada wartość od 20 do 100 kA. Gdy piorun uderzy bezpośrednio w przewód linii elektroenergetycznej powstanie na nim przepięcie o wartości około 6 milionów Voltów i nie ma możliwości, aby izolacja linii tę wartość wytrzymała. W efekcie dochodzi do uszkodzenia izolacji linii, może wystąpić także przeskok iskry do ziemi po izolatorze zamontowanym na słupie. Czas trwania takiego przepięcia jest niewiarygodnie krótki - wynosi kilkadziesiąt mikrosekund. Przepięcia powstające w liniach zasilających - w przypadku braku stosownych zabezpieczeń - docierając do instalacji elektrycznych w budynkach, niszczą urządzenia elektryczne i elektroniczne. Typowym objawem uszkodzeń spowodowanych przez przepięcia z sieci elektroenergetycznej jest niesprawność modułów zasilania.

Groźne są również przypadki uderzenia pioruna w sąsiedztwie pracujących urządzeń elektronicznych. Bez zastosowania urządzeń zabezpieczających mogą ulec

zniszczeniu urządzenia znajdujące się do 1,5 km od miejsca uderzenia. Szczególnie interesujące jest oddziaływanie prądów impulsowych powstających w różnych instalacjach elektrycznych lub elektronicznych podczas wyładowań, które uderzyły w pobliżu budynków lub urządzeń. W takim przypadku powstają impulsy elektromagnetyczne tzw. LEMP, wywołane przez prądy udarowe płynące w czasie: wyładowań wstępnych, wyładowań głównych oraz wyładowań w chmurach i między chmurami. Impuls powstaje w wyniku wytworzenia przez prąd pioruna krótkotrwałego pola elektromagnetycznego. Impulsy LEMP mogą bezpośrednio oddziaływać na urządzenia, powodując ich uszkodzenie lub indukować udary napięciowe i prądowe w sieci zasilającej i w liniach przesyłu sygnałów (na przykład w liniach telekomunikacyjnych) dochodzących do urządzeń. Gdy nastąpi uderzenie pioruna w pobliżu linii elektroenergetycznej, powstaną w niej przepięcia indukowane dochodzące do 200 kV. Podobnie znaczne przepięcia, od 1 do 30 kV, powstają w napowietrznych przewodach telekomunikacyjnych.

Kable podziemne również nie są bezpieczne. W przypadku uderzenia pioruna w ziemię prąd piorunowy wpływa do gruntu i rozchodzi się kuliście wokół miejsca uderzenia. Jeżeli w pobliżu jest zakopany kabel, może nastąpić przeskoczenie iskry pomiędzy punktem uderzenia pioruna a kablem. Odległość, jaką może pokonać iskra elektryczna w czasie przeskoku, wynosi zazwyczaj do 10 metrów. Jeżeli nastąpi przeskoczenie, prąd piorunowy rozplywa się po kablu w obu kierunkach. Urządzeniami, w których powstają udary o dużych wartościach, są także różnego typu anteny. Jak wynika z powyższych informacji, urządzenie elektroniczne może zostać zniszczone przepięciem, które zaindukowało się w linii zasilającej lub transmisji danych i następnie dotarło do tego urządzenia. Ponadto wskutek bliskiego wyładowania może powstać przepięcie w obwodach elektronicznych, np. w lokalnej sieci komputerowej czy nawet w kablu łączącym komputer i drukarkę. Jak widać, niszczycielskie działanie pioruna może dać znać o sobie w najbardziej niespodziewanym momencie.

Nie tankujemy z powodu pioruna

W upalny sierpniowy dzień praca pewnej stacji benzynowej przebiegała, jak co dzień. Około północy nad okolicą zaczęły gromadzić się chmury i rozszalała się gwałtowna nawałnica z piorunami. Pracownicy stacji zaobserwowali błysk w pobliżu wiaty i w tym momencie dystrybutory stacji przestały działać. Na podstawie oględzin stacji i przyległego terenu stwierdzono jednoznacznie, że nie miało miejsca bezpośrednie uderzenie pioruna w obiekt lub urządzenia stacji. Nie stwierdzono także, aby piorun uderzył w słup sieci telefonicznej w pobliżu budynku. Uszkodzenia zostały zatem spowodowane jako wtórny efekt uderzenia pioruna w pobliżu stacji.

Podczas wyładowania piorunowego powstało zjawisko LEMP, czyli impulsowego pola elektromagnetycznego. Pole zostało wywołane przez prąd piorunowy płynący kanałem wyładowczym do ziemi. W wyniku działania pola zaindukowało się w urządzeniach stacji przepięcie, które zniszczyło układy elektroniczne. Uszkodzone elementy elektroniczne to przede wszystkim zasilacze sterowników dystrybutorów, sterowniki, wyświetlacze

i płyty główne. Zniszczone elementy elektroniczne nie posiadały żadnych zewnętrznych śladów nadpaleń czy zwęgleń, nie były poddane bezpośredniemu działaniu prądu piorunowego. Instalacja odgromowa stacji była wykonana zgodnie z obowiązującymi przepisami, jako ochrona obostrzona. Zgodnie z protokołami pomiarów uziemień i urządzeń ochrony odgromowej spełniały one obowiązujące wymagania. W instalacji elektrycznej stacji nie zainstalowano jednak urządzeń ochrony przepięciowej. W związku z awarią urządzeń stacja była zamknięta przez dwa tygodnie, co spowodowało istotne straty przychodów jej właściciela. Na konkurencyjnym rynku stacji paliw odzyskanie poziomu obrotów sprzed awarii trwało jeszcze dłużej.

Niebezpieczne kominy

Wyładowanie atmosferyczne następuje najczęściej w wysunięte metalowe elementy, takie jak anteny czy kominy. Przed skutkami uderzenia pioruna w wielu przypadkach nie uchroni wyposażenie budynku w piorunochron. I tak budynek biurowy jednego z zakładów badawczych posiadał w pełni sprawną instalację odgromową. W lipcu około godziny 14:00, w czasie burzy, nastąpiło silne wyładowanie atmosferyczne. Według relacji pracowników piorun uderzył w metalowy komin budynku. Zaobserwowano bardzo silne, jaskrawe światło oraz ogłuszający huk. Pracownicy zauważyli także wypadające ze ścian pokrywy puszek elektrycznych. Włączyły się autoalarmy zaparkowanych samochodów oraz zadziałała instalacja przeciwpożarowa, sygnalizując stan zagrożenia pożarowego we wszystkich budynkach. Jeden ze świadków przebywających około pięciu metrów od piorunochronu zaobserwował jego rozgrzanie się.

Dzięki sprawnej instalacji odgromowej nie wystąpiły bezpośrednio skutki wyładowania na zewnątrz budynku, takie jak pożar, uszkodzenie kominy czy konstrukcji budynku. Na skutek silnego wyładowania w wewnętrznej sieci telekomunikacyjnej i sieci komputerowej zaindukował się silny impuls elektryczny, który zniszczył istotne fragmenty obu sieci, takie jak moduły central, karty sieciowe, płyty główne komputerów, dyski, modemy itp. Na wartowni uszkodzeniu uległ aparat telefoniczny oraz czytnik kart magnetycznych służący do rejestracji czasu pracy. W związku z zniszczeniem dysków twardych utracone zostały bezcenne dane oraz prace naukowe. Z uwagi na stratę przygotowanych już referatów uszkodzony zmuszony został odwołać zaplanowaną konferencję naukową. Szkoda miała zatem znaczny wymiar finansowy związany ze zniszczonym sprzętem elektronicznym, ale też wpłynęła negatywnie na wizerunek poszkodowanego.

Nie warto oszczędzać na zabezpieczeniach

Na terenie pewnego zakładu produkcyjnego znajdowała się linia zasilająca napowietrzna oraz słupy oświetleniowe. W nocy z 12 na 13 czerwca w rejonie zakładu wystąpiła burza z dużą ilością wyładowań atmosferycznych i opadami deszczu. W trakcie burzy jedno z wyładowań nastąpiło w słup oświetleniowy. Przepięcie powstałe w wyniku



uderzenia pioruna w sieć elektroenergetyczną przedostało się do instalacji elektrycznej i komputerowej w zakładzie powodując rozległe uszkodzenia. Zniszczeniu uległy zestawy komputerowe, instalacja monitoringu, elementy transmisji danych wag elektronicznych, automatyka klimatyzatora oraz zestaw czytników kart wejściowych. Po dokonaniu oględzin tablicy rozdzielczej ustalono, że nie została ona wyposażona w wymagane prawem urządzenia ochrony przepięciowej. Ponadto ostatni słup latarni oświetlenia zewnętrznego nie był uziemiony. Słup, w który nastąpiło wyładowanie, był słupem żelbetonowym posiadającym instalację odprowadzającą do ziemi prąd piorunowy, jednak do zacisku uziemiającego słupa nie zostało podłączone uziemienie. Wszystkie powyższe braki w zabezpieczeniach przyczyniły się do powstania rozległych uszkodzeń w sprzęcie elektronicznym. Zastosowanie ochronników przepięciowych znacznie ograniczyłoby zakres i ilość uszkodzonego mienia.

Piorun przyczyną zalania

Budynek dużej hurtowni wyrobów papierowych został wyposażony we wszystkie wymagane zabezpieczenia przeciwpożarowe. Jednym z elementów zabezpieczeń były zamontowane na dachu kłapy oddymiające. Kłapy oddymiające mają za zadanie odprowadzenie dymu, gorących gazów i toksycznych substancji powstających w trakcie pożaru. Dodatkową funkcją kłap jest doświetlenie i codzienne przewietrzanie pomieszczeń. Do otwierania skrzydeł kłap oddymiających służą elektryczne napędy sterowane z central oddymiania.

Podczas burzy nastąpiło wyładowanie atmosferyczne w pobliżu budynku hurtowni. Miejsce uderzenia pioruna nie zostało zlokalizowane. W wyniku zaindukowania się przepięcia w instalacji kłap oddymiających do ich napędów dotarł sygnał na otwarcie kłap. Podczas rzęsistego deszczu wszystkie kłapy oddymiające zostały nagle otwarte. Przez cały czas trwania burzy otwory dachowe pozostały niezabezpieczone, co spowodowało całkowite zalanie obiektu. W wyniku zalania wszystkie środki obrotowe zostały zniszczone.

Trzy tysiące ofiar pioruna

Na terenie fermy drobiu znajdowały się cztery budynki kurników. Ferma była obiektem nowo wybudowanym. W nocy, podczas burzy z wyładowaniami atmosferycznymi, nastąpił krótkotrwały zanik napięcia, po czym wszystko wróciło do normy. Następnego dnia rano po wejściu do obiektu kurnika pracownik stwierdził, że wszystkie kurczaki są martwe. Ponadto zaobserwował, że w budynku nie pracowała wentylacja. Po oględzinach tablicy rozdzielczej stwierdzono wyłączenie bezpiecznika instalacji wentylacyjnej. Pracownik włączył „wybity” wyłącznik i uruchomił wentylację w budynku. Nie stwierdzono uszkodzenia instalacji wentylacyjnej ani elektrycznej. Powodem uduszenia się drobiu był brak wentylacji w budynku. Przyczyną szkody było przepięcie, które zaindukowało się w sieci instalacji wentylacyjnej i spowodowało wyłączenie bezpiecznika instalacji wentylacyjnej. Brak odpowiednich zabezpieczeń przeciwprzepięciowych przyczynił się zatem do olbrzymich strat w inwentarzu i w przychodach właściciela fermy.

Czy możemy się zabezpieczyć?

Najwięcej burz z piorunami występuje w okresie wiosenno-letnim. Praktycznie każdy może stać się ofiarą ich niszczycielskiego działania. Nie musi ono polegać od razu na zniszczeniu budynku. Może objawić się natomiast w nagłym uszkodzeniu urządzeń elektronicznych w wyniku pobliskiego wyładowania. Z przytoczonych przykładów wynika, że skutki pioruna mogą być bardzo różnorodne. Zagwarantowanie bezpieczeństwa ludzi oraz sprzętu elektrycznego i elektronicznego może zapewnić zastosowanie odpowiedniej ochrony odgromowej zewnętrznej (piorunochronu) i wewnętrznej (odgromników i ochronników przeciwprzepięciowych). Finansowe skutki działania pioruna mogą być oczywiście także zrekomensowane w ramach stosownej umowy ubezpieczenia.

Piotr Koralewski
piotr.koralewski@hestia.pl