



weryfikacja skuteczności systemu wczesnego ostrzegania przed burzami – Thor Guard

dr inż. Tomasz Maksimowicz, dr inż. Mirosław Zielenkiewicz – RST sp.j.

Systemy wczesnego ostrzegania przed burzami (TWS, ang. *Thunderstorm Warning System*) w połączeniu z opracowanymi działaniami prewencyjnymi mogą zapewnić skuteczną ochronę przed skutkami wyładowań atmosferycznych. Do głównych obszarów zastosowań ochrony prewencyjnej należy zaliczyć:

- zabezpieczenie aparatury elektronicznej poprzez odizolowanie jej od głównych źródeł zakłóceń przewodzonych drogą galwaniczną, do których zalicza się między innymi linie energetyczne i sygnałowe, poprzez odłączenie wrażliwych urządzeń lub przełączenie ich w tryb zasilania awaryjnego,
- zapewnienie bezpieczeństwa ludzi przebywających w otwartym terenie lub miejscach szczególnie wyekspozowanych na oddziaływanie bezpośrednich wyładowań atmosferycznych, poprzez tymczasowe przerwanie prac lub ewakuację ludzi z zagrożonego terenu.

Obecnie na rynku pojawia się coraz więcej tego typu urządzeń. Rozwój systemów TWS i ich coraz szersze zastosowanie na całym świecie, skłoniły Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki (CENELEC) do opublikowania w czerwcu 2011 r. dokumentu normatywnego

opisującego między innymi klasyfikację systemów i przykłady ich zastosowań: EN 50536 *Protection against lightning: Thunderstorm warning systems*, zatwierdzonego przez Polski Komitet Normalizacyjny we wrześniu 2011 r. pod tytułem PN-EN 50536 *Ochrona przed piorunami. Burzowy system ostrzegawczy*.

W okresie od 15 lipca do 9 września 2011 r. w elektrowni wodnej PGE Energia Odnawialna Spółka Akcyjna w Solinie testom poddano lokalny system wczesnego ostrzegania Thor Guard. Celem badań była weryfikacja poprawności wskazań systemu TWS, który miałby służyć ostrzeganiu ludzi znajdujących się na koronie zapory wodnej przed zagrożeniem piorunowym. Prowadzone obserwacje miały ocenić zasadność wyzwalanych stanów alarmowych oraz podatność urządzenia na operacje łączeniowe elektrowni i znajdujące się w pobliżu linie wysokiego napięcia. Do weryfikacji wskazań systemu wykorzystano raporty z komercyjnej sieci detekcji i lokalizacji wyładowań atmosferycznych LINET.

system wczesnego ostrzegania Thor Guard

Thor Guard jest systemem predykcynym zaliczającym się do urządzeń klasy I według PN-EN 50536. Oznacza to, że w odróżnieniu od systemów detekcyjnych (klasy II–IV), zapewnia ostrzeżenie już przed pierwszym, potencjalnie zagrażającym, wyładowaniem burzowym. Na podstawie bieżącego monitoringu lokalnego pola elektrostatycznego i algorytmów opartych na wieloletnich obser-

wacjach, Thor Guard umożliwia przewidzenie wysokiego prawdopodobieństwa wystąpienia pobliskich wyładowań doziemnych. System ostrzega przed zagrożeniem piorunowym z odpowiednim wyprzedzeniem czasowym, pozwalającym na zastosowanie stosownych kroków prewencyjnych w celu zwiększenia bezpieczeństwa ludzi oraz układów elektrycznych i elektronicznych. Do dotychczasowych obszarów zastosowań można zaliczyć m.in. kluby golfowe, lotniska, parki, obiekty przemysłowe, telewizyjne stacje nadawcze, obiekty sportowe i wiele innych.

W skład podstawowych podzespołów systemu wchodzi czujnik pola elektrycznego oraz mikroprocesorowa jednostka centralna L75. W odróżnieniu od popularnych czujników pola elektrycznego typu EFM (ang. *Electric Field Mill*), zastosowany czujnik pola elektrostatycznego nie posiada żadnych elementów mechanicznych, dzięki czemu jest mniej podatny na uszkodzenia. System może być rozszerzony o stację akustyczną (syreny dźwiękowe) i optyczną (lampy stroboskopowe) sygnalizacji alarmowej, które dzięki sterowaniu bezprzewodowemu i zasilaniu z paneli słonecznych mogą być łatwo rozmieszczone nawet na rozległych obszarach.

W zależności od modelu jednostki centralnej, system umożliwia ponadto automatyczne sterowanie urządzeniami peryferyjnymi za pomocą wyjść przekaźnikowych. Zaletą systemu jest możliwość regulacji zasięgu monitorowanego obszaru (*Range*) poprzez zmianę jego czułości, dzięki czemu może być on dostosowany do warunków środowiskowych obiektu poddawanego



Fot. T. Maksimowicz

Fot. 1. Czujnik pola elektrostatycznego na budynku elektrowni w Solinie

ochronie oraz oczekiwań użytkownika. Jednostka L75 posiada funkcję automatycznej lub ręcznej diagnostyki poprawności pracy, co zwiększa wiarygodność i niezawodność systemu.

W systemie zdefiniowano stopniową skalę oceny zagrożenia piorunowego w postaci czterech stanów ostrzegawczych: *All Clear*, *Caution*, *Warning* i *Red Alert*. Sygnalizacja alarmowa może być uruchamiana w sposób automatyczny, w chwili wyzwolenia dowolnego z wymienionych stanów ostrzegawczych, lub w dowolnej chwili przez użytkownika. Ocena zagrożenia burzowego, poza zdefiniowanymi stanami ostrzegawczymi, prezentowana jest w postaci bipolarnego wskaźnika energii proporcjonalnej do natężenia lokalnego pola elektrostatycznego oraz w postaci współczynników:

- LHL (ang. *Lightning Hazard Level*) – ocena zagrożenia piorunowego (w skali 0–9),
- DI (ang. *Dynamic Index*) – ocena bezpośredniego zagrożenia (w skali 0–9,9),

streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań skuteczności lokalnego systemu ostrzegania przed burzami – Thor Guard. Wskazania systemu zweryfikowano na podstawie danych zarejestrowanych przez sieć detekcji i lokalizacji wyładowań atmosferycznych – LINET. Przedstawiono charakterystykę obu systemów i przykładowe wyniki badań.

- AD (ang. *Activity Detector*) – ocena czasu do ustąpienia zagrożenia (w skali 0–9),
- FCC (ang. *Field Collaps Count*) – liczba zarejestrowanych wyładowań doziemnych.

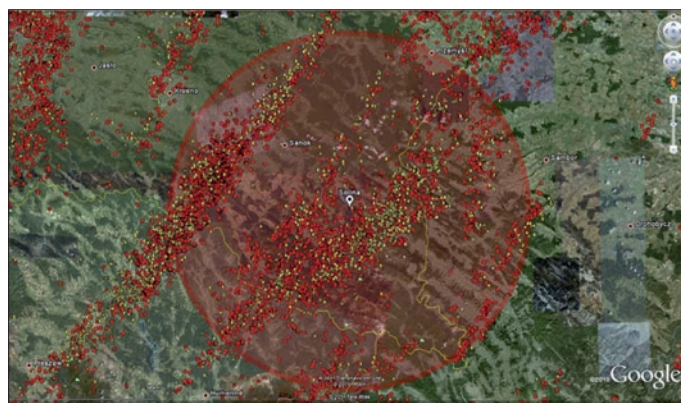
Wskazania systemu można obserwować bezpośrednio z panelu jednostki L75 lub za pomocą komputera dzięki oprogramowaniu ThorPCX, które umożliwia dodatkowo archiwizację zarejestrowanych stanów alarmowych oraz rozsyłanie komunikatów ostrzegawczych za pośrednictwem poczty elektronicznej.

LINET

Do weryfikacji skuteczności systemów wczesnego ostrzegania przed burzami można wykorzystać dane z istniejących systemów detekcji i lokalizacji wyładowań atmosferycznych. Wskazania systemu Thor Guard porównano z raportami z komercyjnego systemu LINET. W skład sieci detekcji sys-

temu LINET wchodzi obecnie ponad 100 układów antenowych rozmieszczonych na terenie 16 krajów Europy, w tym także na terenie Polski. Na podstawie techniki TOA (ang. *Time Of Arrival*) zoptymalizowanej z wykorzystaniem systemu GPS, system umożliwia rejestrację z dużą precyzją wyładowań doziemnych (CG ang. *Could-to-Ground*), a także wyładowań wewnątrz chmur (IC ang. *Intra Cloud*). Dokładność określenia lokalizacji wyładowania doziemnego wynosi do 150 m, a średni błąd rozdzielczości czasu – 0,2 μ s. Informacja o zarejestrowanym wyładowaniu dostępna jest w systemie w czasie poniżej jednej minuty od momentu jego wystąpienia. Poza danymi dotyczącymi lokalizacji (współrzędne geograficzne), typu (CG lub IC) i czasu wyładowania, raporty LINET dostarczają także informację o polaryzacji i wartości szczytowej prądu pioruna.

Do weryfikacji wskazań systemu Thor Guard wykorzystano dane sys-



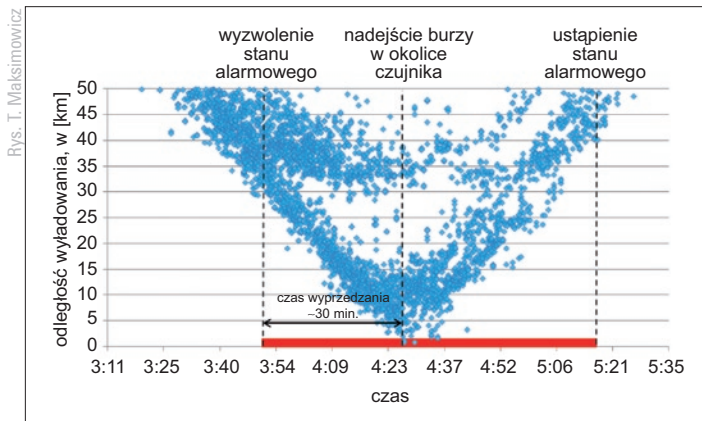
Fot. 2. Graficzna reprezentacja przykładowych danych systemu LINET dla rejonu Bieszczad z 19 lipca 2011 r. (znaczniki czerwone – wyładowania doziemne, znaczniki żółte – wyładowania w chmurach)

temu LINET dotyczące lokalizacji i czasu wystąpienia wyładowań doziemnych zarejestrowanych w promieniu odległości 50 km od lokalizacji obiektu elektrowni (umieszczenia czujnika) w okresie od 15 lipca do 9 września. Przykładowe dane z systemu LINET, z zaznaczeniem analizowanego obszaru o promieniu 50 km, przedstawiono na **fotografii 2**. Z kolei przykładowe porównanie wskazań systemu pokazano na **rysunkach**

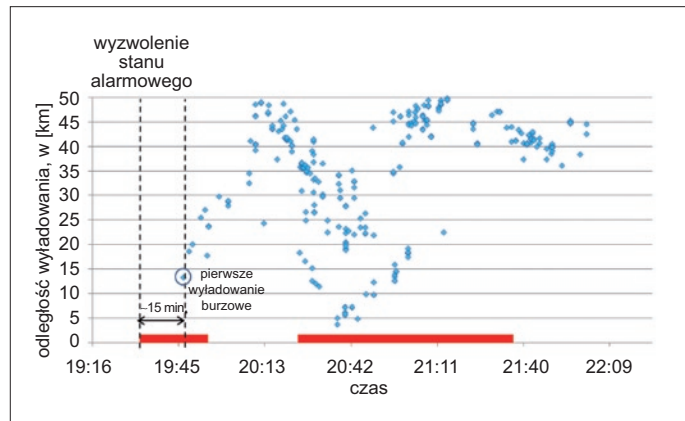
1. i 2. W funkcji czasu przedstawiono odległości zarejestrowanych wyładowań doziemnych (kolor niebieski) w stosunku do punktu położenia czujnika oraz czas trwania odnotowanych stanów alarmowych Red Alert (kolor czerwony).

analiza wyników

W elektrowni wodnej zainstalowano podstawową wersję systemu



Rys. 1. Porównanie wskazań systemu Thor Guard z danymi systemu LINET z 19 lipca 2011 r.



Rys. 2. Porównanie wskazań systemu Thor Guard z danymi systemu LINET z 8 sierpnia 2011 r.

Thor Guard, w skład której wchodziły: czujnik pola elektrycznego (umieszczony na dachu budynku elektrowni) oraz jednostka centralna L75 (umieszczona w jednym z pomieszczeń biurowych). Obserwacje prowadzono dla różnych ustawień zasięgu (*Range*):

- 15.07–27.08: *Range* = 15,
- 28.07–16.08: *Range* = 10,
- 17.08–9.09: *Range* = 4.

W okresie przeprowadzonych prób odnotowano 8 przypadków wyzwolenia stanu alarmowego Red Alert: 4 przy ustawieniach *Range* = 15 oraz 4 przy *Range* = 10. W 7 z 8 przypadków system LINET rejestrował wyładowania doziemne w odległościach co najmniej około 5 km, a przy 4 z nich odległość wyładowań wynosiła około 1 km lub mniej. Przy ustawieniach *Range* = 4 nie odnotowano żadnych stanów Red Alert – intensywność burzowa w tym okresie była znacznie mniejsza, a rejestrowane odległości wyładowań doziemnych wynosiły co najmniej około 10 km (najbliższe wyładowanie zarejestrowano w odległości 8,5 km). Na **rysunkach 1. i 2.** przedstawiono dwa charakterystyczne przykłady wyzwolenia stanów Red Alert.

Rysunek 1. ilustruje zachowanie się systemu w przypadku zbliżającego się silnego frontu burzowego. Jak widać na wykresie, około godziny 3:25 odnotowano pierwsze wyładowania doziemne w promieniu 50 km od umiejscowienia czujnika. Front burzowy stopniowo przybli-

żał się – odległości wyładowań malały. Stan alarmowy wyzwolony został o godzinie 3:51 – wyładowania w tym czasie zarejestrowano w odległości około 30 km. Dalsza analiza danych wskazuje, że po około 30 minutach od tego momentu front burzowy znajdował się bezpośrednio nad punktem położenia czujnika. Stan alarmowy został wyłączony o godzinie 5:17, gdy front burzowy oddalił się na odległość około 40 km, a więc gdy nie istniało już zagrożenie.

Przeprowadzona analiza podobnych przypadków, gdy front burzowy zbliżał się w okolice położenia czujnika, wskazuje, że czas wyprzedzenia zależy od intensywności wyładowań atmosferycznych. We wszystkich odnotowanych przypadkach, gdy wyładowania doziemne zarejestrowano w odległościach co najmniej 1 km, stan Red Alert wyzwalał się z odpowiednim wyprzedzeniem czasowym, pozwalającym na wprowadzenie akcji prewencyjnych.

Na **rysunku 2.** przedstawiono przypadek wyzwolenia stanu alarmowego przed pierwszym wyładowaniem burzowym. O godzinie 19:32 nastąpiło wyzwolenie stanu Red Alert. Dane systemu LINET wskazują, że do tego czasu nie odnotowano żadnych wyładowań doziemnych w promieniu odległości do 50 km. Po niespełna 15 minutach odnotowano wyładowanie w odległości około 13 km. W przypadku, gdy pierwsze wyładowanie burzowe tra-

fiłoby bezpośrednio w obiekt poddawany ochronie, jedynie system predykcyjny mógłby ostrzec przed nim z odpowiednim wyprzedzeniem czasowym. Przykład ten dowodzi przewagi systemów predykcyjnych nad systemami detekcyjnymi.

Szczegółowa analiza danych dotyczących stanów alarmowych oraz wyładowań atmosferycznych zarejestrowanych w ciągu niemal dwóch miesięcy wskazuje, że nie odnotowano żadnego przypadku wyzwolenia stanu Red Alert, gdy nie istniało realne zagrożenie burzowe. W czasie wszystkich odnotowanych stanów alarmowych aktywność burzowa potwierdzona była zarówno na podstawie danych z systemu LINET, jak i na podstawie panujących w tym czasie warunków pogodowych zaobserwowanych przez pracowników elektrowni. Nie odnotowano żadnego przypadku, gdy rejestrowane były wyładowania doziemne w bezpośredniej bliskości położenia czujnika, a stan alarmowy nie był odpowiednio wcześniej wyzwolony. Aktualny stan zagrożenia miał także potwierdzenie we wskazaniach współczynników -maksymalne wartości DI rejestrowane były w czasie, gdy odległości wyładowań były najmniejsze. Przeprowadzone próby potwierdziły także możliwość regulacji czułości systemu Thor Guard.

Należy zwrócić także uwagę, że system działa niezwykle skutecznie w tak trudnym środowisku elektromagnetycznym, jakim jest otoczenie

elektrowni. Na wskazania systemu nie miały wpływu ani operacje łącznikowe elektrowni, ani pobliskie linie wysokiego napięcia.

wnioski

Przeprowadzone w okresie od 15 lipca do 9 września 2011 r. próby systemu ostrzegania przed burzami Thor Guard dowodzą jego wysokiej skuteczności. Słuszność wskazań stanów alarmowych potwierdzają zarówno opinie pracowników elektrowni, jak i dane statystyczne dotyczące wyładowań doziemnych uzyskane z systemu LINET. Thor Guard jest w stanie zapewnić ostrzeżenie nie tylko przed zbliżającymi się frontami burzowymi, ale także przed pierwszym wyładowaniem burzowym.

literatura

1. T. Maksimowicz, M. Zielenkiewicz, Systemy ostrzegania przed wyładowaniami atmosferycznymi w świetle nowej normy PN-EN 50536, „elektro.info” 10/2011.

abstract

W

This paper presents results of efficiency verification of a local thunderstorm warning system – Thor Guard. Indications of the system were verified with the use of data obtained from lightning detection and location system – LINET. Description of both systems and exemplary research results are presented.