

Andrzej SOWA<sup>1</sup>  
Krzysztof WINCENCIK<sup>2</sup>

## **OCHRONA PRZED ZAGROŻENIAMI STWARZANymi PRZEZ PRĄDY UDAROWE PODCZAS BEZPOŚREDNICH WYŁADOWAŃ PIORUNOWYCH W ELEKTROWNIE WIATROWE**

*W artykule przedstawione zostaną podstawowe informacje omawiające:*

- skutki oddziaływania prądów piorunowych na elementy konstrukcyjne elektrowni wiatrowych,
- zasady badań laboratoryjnych i terenowych zagrożenia piorunowego elektrowni,

*Zebrane informacje o zagrożeniu piorunowym wykorzystano do opracowania odpowiednich rozważań ochrony odgromowej elektrowni wiatrowych.*

### **1 WSTĘP**

Wśród odnawialnych źródeł energii elektrycznej poczesne miejsce zajmują elektrownie wiatrowe. Dostępne dane wskazują na wzrost tego rodzaju źródeł energii o 25% - 28% rocznie w ciągu ostatnich kilku lat. W czołówce krajów wykorzystujących elektrownie wiatrowe należy wymienić Niemcy, Danię, Hiszpanię i Indie. Na te kraje przypada prawie 80% zainstalowanych obecnie mocy elektrowni wiatrowych.

Gwałtowny wzrost liczby coraz wyższych elektrowni wiatrowych zwiększa zagrożenie wywołane przez doziemne wyładowanie piorunowe. Groźne są zarówno bezpośrednie wyładowania w elektrownie jak i uderzenia w ich bliskim ich sąsiedztwie. Wyniki obserwacji przeprowadzonych w Niemczech, Danii i Hiszpanii wykazały występowanie:

- 4 - 8 uszkodzeń piorunowych rocznie na każde 100 elektrowni wiatrowych,
- do 14 uszkodzeń/100 elektrowni/rok w przypadku ich rozmieszczenia w terenach górskich, podgórskich i pagórkowatych.

Należy zauważyć, że uszkodzenia wywołane przez prądy piorunowe wywołały znacznie większe straty w porównaniu z innymi rodzajami uszkodzeń i powodują zmniejszenie niezawodności działania elektrowni.

---

<sup>1</sup> Politechnika Białostocka, Wydział Elektryczny, 15-351 Białystok, ul. Wiejska 45D, tel. 086 746 93 50, e-mail [andrzejsowa@ochrona.net.pl](mailto:andrzejsowa@ochrona.net.pl)  
<sup>2</sup> DEHN Polska, 02-822 Warszawa, ul. Poleczki 23, 022 3352468, e-mail: [dehn@dehn.pl](mailto:dehn@dehn.pl)

Każde z uszkodzeń wymaga zlokalizowania, naprawy a następnie przeprowadzenia rozruchu i sprawdzenia poprawności działania elektrowni. Wykonanie takich procedur zajmuje średnio od 8 do 10 dni.

## 2 ZAGROŻENIE PIORUNOWE ELEKTROWNI WIATROWYCH

Rozwiązując problemy ochrony odgromowej elektrowni wiatrowych należy ocenić ryzyko zagrożenia piorunowego oraz przewidzieć ewentualne efekty oddziaływania prądów udarowych podczas bezpośrednich wyładowań piorunowych w elektrownię.

### 2.1 Ocena zagrożenia piorunowego

Najgroźniejsze są bezpośrednie wyładowania piorunowe, na które elektrownie wiatrowe są szczególnie narażone. W takim przypadku, analizując zagrożenie stwarzane przez rozprzyskujący się prąd piorunowy, należy uwzględnić:

- możliwość uszkodzeń powstających podczas wyładowania w powierzchni elementów wykonanych z materiałów nieprzewodzących, np. łopaty wirników,
- uszkodzenia występujące podczas przepływu prądu w elementach przewodzących
- możliwość wystąpienia przeskoków iskrowych na zewnątrz i wewnątrz elektrowni,
- napięcia krokowe i dotykowe.

Dokładna analiza uszkodzeń wywołanych przez wyładowania piorunowe wykazała, że:

- 7 - 10% uszkodzeń obejmowało łopaty wirników,
- 43 - 51% to uszkodzenia w systemie sterowania,
- 20 - 23% uszkodzenia w systemie elektroenergetycznym.

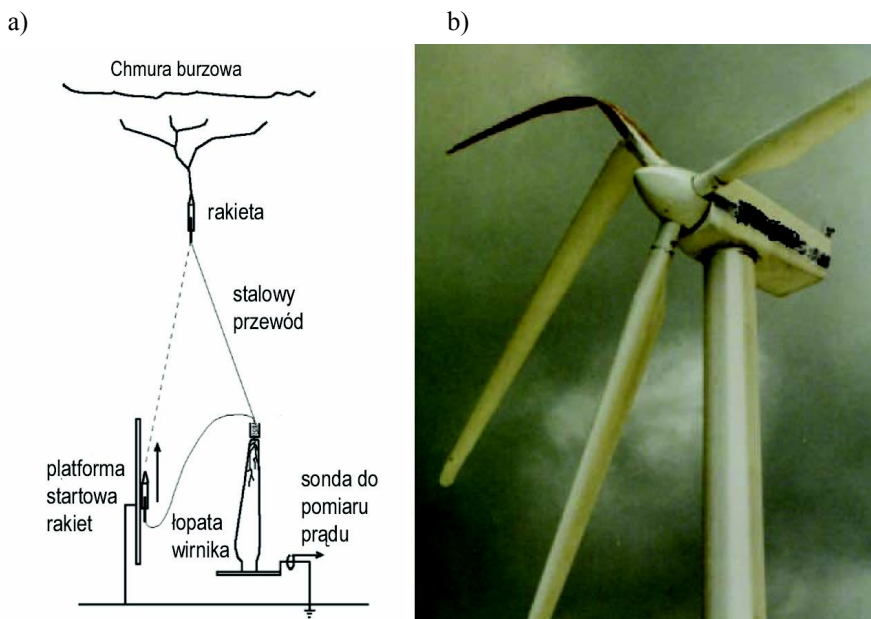
Efekty oddziaływania prądów piorunowych i na elementy elektrowni wiatrowych zestawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Wpływ podstawowych parametrów prądu piorunowego na rodzaj uszkodzenia

<i>Parametr prądu piorunowego</i>	<i>Składowa wyładowania</i>	<i>Efekt oddziaływania</i>	<i>Uszkodzenie</i>
<i>Wartość szczytowa prądu</i>	<i>Pierwsze wyładowanie w kanale</i>	<i>Skoki potencjałów, spadki napięć wzdłuż ekranów</i>	<i>Gondole i obiekty budowlane, system SCADA,</i>
<i>Energia właściwa</i>	<i>Pierwsze wyładowanie w kanale</i>	<i>Oddziaływanie elektrodynamiczne, cieplne</i>	<i>Łopaty wirnika oraz łożyska</i>
<i>Ładunek</i>	<i>Składowa długotrwała, pierwsze wyładowanie</i>	<i>Topienie, rozgrzewanie</i>	<i>Łopaty wirnika oraz łożyska</i>
<i>Szybkość zmian prądu</i>	<i>Kolejne wyładowanie piorunowe w kanale</i>	<i>Sprężenie magnetyczne, spadki napięć na przewodach</i>	<i>System SCADA, instalacja elektryczna</i>
<i>Liczba składowych prądu</i>	<i>Pierwsze i kolejne wyładowania w kanale</i>	<i>Powtarzające się impulsy pola magnetycznego</i>	<i>System SCADA, instalacja elektryczna</i>

Obserwacje prowadzone w rzeczywistych obiektach wskazują na częste wyładowania w łopaty wirników. Są to najczęściej układy dwu- lub trój-płatowe wykonane z materiałów nieprzewodzących (włókno szklane wzmocnione poliestrem lub włókno węglowe).

W takich układach przewodzenie może wynikać z lokalnego zawilgocenia np. miejsc klejenia płatów i przepływ prądu piorunowego o znacznej amplitudzie powoduje najczęściej uszkodzenia punktowe lub całkowite zniszczenie łopaty wirnika (rys. 1b).



Rys. 1. Zniszczone przez wyładowanie piorunowe łopaty wirnika oraz sposób badania łopat prądem wyładowań piorunowych prowokowanych [1, 2]

### 3 OCHRONA ODGROMOWA ELEKTROWNI

Źródłem informacji o zagrożeniu piorunowym elektrowni wiatrowych są wyniki:

- oględzin elektrowni uszkodzonych podczas burzy,
- badań prowadzonych podczas prowokowanych bezpośrednich wyładowań piorunowych w elektrownie lub w poszczególne ich elementy (rys. 1a),
- badań laboratoryjnych symulujących zjawiska zachodzące w naturze.

W przypadku symulacji laboratoryjnych szczególnie istotne są badania oddziaływania prądów o wartościach szczytowych dochodzących do 200 kA na całe gondole lub łopaty wirnika. Na podstawie analizy otrzymanych wyników można określić podstawowe zasady postępowania przy doborze rozwiązań chroniących przed działaniem prądu piorunowego. Jest to szczególnie istotne w przypadku łopat wirników najczęściej narażonych na bezpośrednie wyładowanie piorunowe.

Dobierając rozwiązania urządzenia urządzeń piorunochronnych należy w pierwszej kolejności wyznaczyć wymagany poziom ochrony odgromowej elektrowni. W

większości elektrowni wiatrowych gondola i wieża wykonane są z materiałów przewodzących (konstrukcje stalowe lub żelbetowe) i nie są wymagane dodatkowe zwody i przewody odprowadzające. W przypadku gondoli wykonanej z materiałów nieprzewodzących lub stwierdzenia nieciągłości drogi prądu piorunowego należy uzupełnić naturalne urządzenie piorunochronne. Urządzenia elektryczne i elektroniczne znajdujące się na gondoli powinny znajdować się w strefie ochronnej zwodów pionowych lub poziomych (tzw. strefa LPZ 0<sub>B</sub> – ang. Lightning Protection Zone). Wewnątrz elektrowni wiatrowej należy, postępując zgodnie z zasadami strefowej koncepcji ochrony, stworzyć kolejne strefy oznaczane odpowiednio, jako LPZ 1, 2, 3. Przejście z jednej strefy do drugiej wymaga zastosowania urządzeń ograniczających przepięcia SPD w instalacji elektrycznej i liniach przesyłu sygnałów. Dobierając SPD w systemach sterowania i nadzoru należy uwzględnić m.in.: występujące zagrożenie piorunowe, podstawowe parametry sygnałów i sposoby ich przesyłu.

#### **4 PODSUMOWANIE**

Stosując odpowiednio dobrane rozwiązania ochrony odgromowej gondoli łopat wirnika oraz odprowadzeń i uziomów można praktycznie wyeliminować lub znacznie ograniczyć możliwości uszkodzeń wywołanych przez prądy piorunowe. Dodatkowo, poprawnie dobrane i rozmieszczone elementy i układy ograniczające przepięcia w instalacji elektrycznej i systemach nadzoru i sterowania powinny zapewnić poprawne działanie urządzeń elektrycznych i elektronicznych.

#### **5 LITERATURA**

1. Cotton I. i inni : *Lightning protection for wind turbines*. ICLP 26<sup>th</sup> , Rhodos - Greece, 2000.
2. Sumi S.,I i inni: *Breakdown Test of Wind Turbine Blade for Improved Lightning Protection*. ICLP 28<sup>th</sup> , Kanazawa, Japan, 2006.

### **PROTECTION AGAINST THREATS CAUSED BY SURGE CURRENTS DURING DIRECT LIGHTNING STRIKES TO WIND TURBINES**

The problem of lightning flash damage to wind turbine has become more pronounced with the upward trend unit capacities, necessitating increasingly taller structures to accommodate larger blade lengths. Therefore, effective lightning protection methods are required. This paper presents the information about lightning damages observation and different methods of measurements these threats. These results help to prepare lightning protection of structure and protection of signal or power supply system against lightning overvoltages.