

mgr inż. **Mariusz CIEŚLAK**
Jednostka Certyfikująca CNBOP-PIB

KONCEPCJA OCHRONY PRZECIWPOŻAROWEJ ORAZ CERTYFIKACJI SYSTEMÓW PRZECIWPOŻAROWYCH ELEKTROWNI WIATROWYCH

Idea of fire protection and certification of fire fighting systems for wind turbines

Streszczenie.

Celem artykułu jest przedstawienie przeglądu wytycznych dotyczących systemów przeciwpożarowych stosowanych w turbinach wiatrowych. Ze względu na zwiększającą się liczbę instalacji turbin wiatrowych, ochrona przeciwpożarowa związana z tą gałęzią energetyki zajmuje coraz większą uwagę nie tylko z punktu widzenia strat materialnych powodowanych przez ogień, lecz także z powodu przerw w dostawie energii elektrycznej. Turbiny wiatrowe, ze względu na swoją budowę oraz umiejscowienie, różnią się od typowych zastosowań urządzeń gaśniczych takich jak centra danych, muzea, magazyny itp. Ze względu na małe doświadczenie producentów w zastosowaniu urządzeń gaśniczych w turbinach, szczególnie ważne wydaje się być opracowanie wytycznych pozwalających na prawidłowe zaprojektowanie, wykonanie oraz serwisowanie takich systemów.

Summary

The purpose of this article is to review guidelines concerning fire protection systems for wind turbines. Since there is increasing number of installed wind turbines, fire protection connected with this energy branch takes more attention not only because of material losses caused by fire, but also because of interruptions in energy supply. Wind turbines, because of their construction and work location, differ from typical applications of firefighting systems such as data centers, museums, warehouses etc. Because of little experience of manufacturers in application of firefighting systems in wind turbines, especially important seems to be development of standards and guidelines which can help in their designing, assembling and servicing.

Słowa kluczowe: Stałe urządzenia gaśnicze, turbiny wiatrowe, energia odnawialna, certyfikacja, ochrona przeciwpożarowa;
Keywords: Fixed firefighting systems, wind turbines, renewable energy, certification, fire protection;

Wstęp

Dyrektywa Unii Europejskiej w sprawie wspierania produkcji energii elektrycznej wytwarzanej ze źródeł odnawialnych (ZEO) wymaga osiągnięcia 20% wskaźnika udziału energii elektrycznej pochodzącej z ZEO w zużyciu energii elektrycznej w całej Wspólnocie Europejskiej do 2020 r [1].

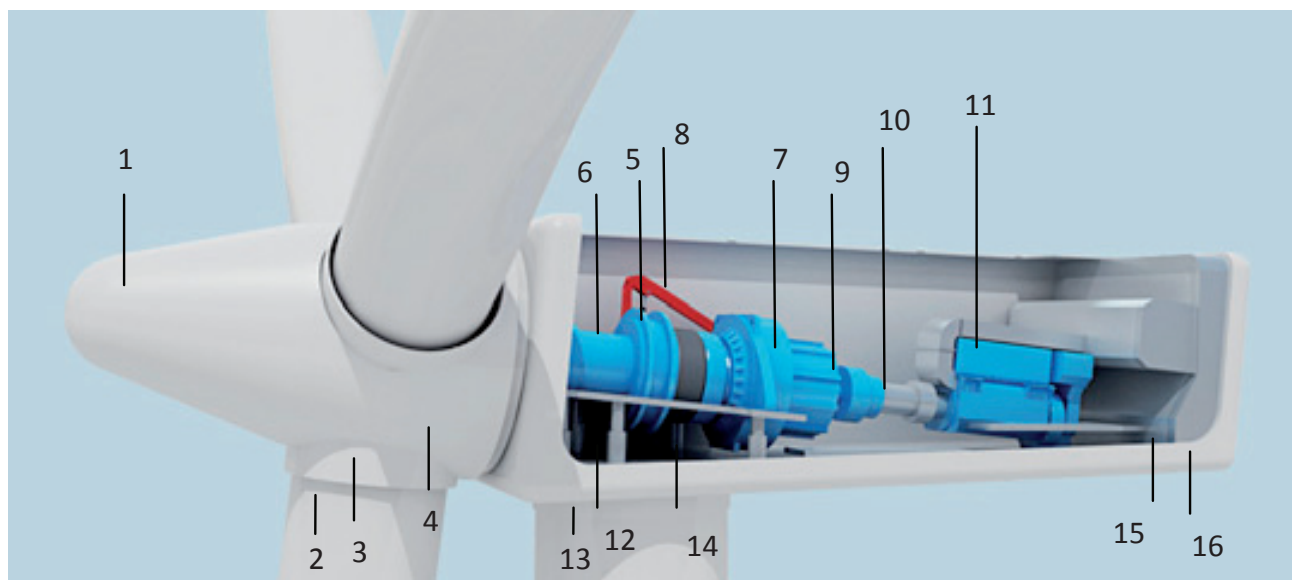
W Polsce największą dynamikę wzrostu wykorzystania źródeł odnawialnych wykazuje energetyka wiatrowa. Do końca 2011 r. zainstalowanych zostało w Polsce około 526 koncesjonowanych wiatraków o całkowitej mocy 1616 MW [2].

Ceny paliw kopalnych, w związku z wyczerpującymi się ich zasobami, odnotowują ciągły wzrost podczas, gdy koszty wytwarzania energii wiatrowej maleją. Szacuje się, że obecnie koszt pozyskania 1kW energii wiatrowej jest konkurencyjny w stosunku do pozyskania takiej samej ilości energii z paliw tradycyjnych (po uwzględnieniu szkód ekologicznych oraz zdrowotnych związanych ze spalaniem tradycyjnych paliw).

Dodając do powyższych informacji fakt, że istnieją w Polsce miejsca, gdzie umieszczanie elektrowni wiatrowych jest szczególnie korzystne, uważa się, że energetyka wiatrowa ma w naszym kraju sprzyjające warunki rozwoju.

Budowa i działanie elektrowni wiatrowych

Głównymi modułami elektrowni wiatrowej są: wirnik, gondola, wieża oraz fundament. Najważniejszym oraz najbardziej widocznym jej elementem jest wirnik. Najpopularniejszym obecnie rozwiązaniem są wirniki składające się z trzech łopat, dla których oś obrotu jest pozioma (turbiny wiatrowe z poziomą osią obrotu: Horizontal Axis Wind Turbine – HAWT). Istnieją, także konstrukcje turbin z pionową osią obrotu (Vertical Axis Wind Turbine – VAWT). Poprzez wirnik energia wiatru zamieniana jest na energię mechaniczną napędzającą pozostałe elementy turbiny. W obecnych elektrowniach wiatrowych śmigła osiągają średnicę ponad 120 m, a prędkość linowa ich końcówek przekracza 300 km/h.



Ryc. 1 Schemat budowy turbiny wiatrowej [3]

1. Kołpak wirnika 2. Łopaty wirnika 3. Łożysko łopaty 4. Piasta wirnika 5. Łożysko główne 6. Wał główny 7. Przekładnia 8. Dźwig dla obsługi 9. Hamulec 10. Sprzęgło 11. Prądnica 12. Układ ustawiania kierunku 13. Wieża 14. Pierścień układu kierunkowania 15. Wentylacja prądnicy 16. Obudowa gondoli

Fig. 1 Nacelle arrangement [3]

1. Spinner 2. Blades 3. Pitch bearing 4. Rotor hub 5. Main bearing 6. Main shaft 7. Gearbox 8. Service crane 9. Break disc 10. Coupling 11. Generator 12. Yaw gear 13. Tower 14. Yaw ring 15. Generator fan 16. Canopy

Materiałami używanymi do budowy śmigieł są m.in. włókna szklane wzmacniane poliestrem. Łopaty wirnika wraz z piastą tworzą wirnik elektrowni wiatrowej.

Kolejnym zespołem składowym turbiny wiatrowej jest system transmisyjny. Jego zadaniem jest przekazanie energii z łopat wirnika do generatora, gdzie jest ona przekształcana w energię elektryczną.

W skład systemu transmisyjnego wchodzi:

- piasta - służy połączeniu wirnika z wałem głównym,
- łożysko główne – łożysko toczne przenoszące obciążenia osiowe od wirnika oraz promieniowe (waga wału, napór ciśnienia wiatru etc.). Do smarowania używane są specjalne smary zachowujące swoje właściwości nawet w czasie silnych mrozów. W przypadku uszkodzenia łożyska może nastąpić wzrost temperatury w miejscu jego zamontowania co z kolei może prowadzić do powstania pożaru. Łożyska, oprócz łożyska głównego, umieszczane są w różnych częściach elektrowni np. przekładnia, generator, pompy hydrauliczne,
- wał główny – wał wolnoobrotowy przenoszący moment obrotowy z piasty do przekładni,
- przekładnia – rolą przekładni jest zwiększanie prędkości wału głównego do wartości odpowiednich dla prądnicy tj. do około 100-150 obr./min. Wał posiadający zwiększoną prędkość obrotową nosi nazwę wału szybkoobrotowego,
- hamulec – jego zadaniem jest zatrzymanie wału wolnoobrotowego oraz łopat wirnika. W przypadku zbyt dużej prędkości obrotowej wału, działanie hamulca

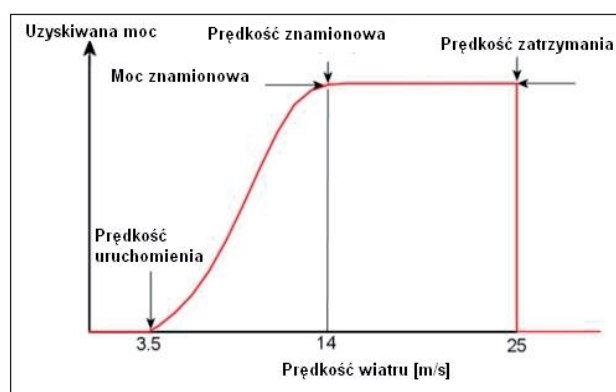
może powodować wytwarzanie wysokich temperatur oraz iskier które stanowią potencjalne źródło pożaru,

- prądnica – zadaniem prądnicy jest zamiana energii ruchu obrotowego wału szybkoobrotowego na energię elektryczną.

Powyższe elementy systemu transmisyjnego wraz z dodatkowymi modułami, np. układem kierunkowania łopat wirnika służącego do zmiany kierunku ustawienia gondoli w celu bardziej efektywnego wykorzystania energii wiatru, znajdują się w gondoli elektrowni wiatrowej.

Budowę wirnika oraz gondoli elektrowni wiatrowej przedstawiono na ryc. 1:

Profil mocy uzyskiwanej w czasie pracy turbiny wiatrowej (siłowni) przedstawiony został poniżej.



Ryc. 2 Profil mocy turbiny wiatrowej

Fig. 2 Wind turbine power curve

Możemy wyróżnić następujące parametry charakterystyczne:

- prędkość uruchomienia: minimalna prędkość średnia wiatru przy której siłownia wiatrowa wytwarza moc użyteczną,
- prędkość znamionowa: prędkość wiatru przy której elektrownia wiatrowa może oddawać moc znamionową. Moc znamionowa siłowni równa mocy znamionowej prądnicy,
- prędkość zatrzymania: prędkość średnia wiatru po przekroczeniu której siłownia wiatrowa jest zatrzymywana.

Zagrożenia pożarowe występujące w turbinach wiatrowych

Turbiny wiatrowe ze względu na swoją konstrukcję oraz ryzyko całkowitego ich zniszczenia, różnią się od typowych instalacji wytwarzających energię elektryczną, np. elektrowni węglowych.

Na ryzyko to składają się następujące czynniki:

- duża koncentracja urządzeń w gondoli turbiny,
- występowanie dużej liczby źródeł możliwego powstania pożaru oraz ryzyko uderzeń pioruna,
- odległe, często trudno dostępne lokalizacje farm wiatrowych, wydłużające czas przybycia na miejsce zdarzenia odpowiednich służb.

Pożar turbiny wiatrowej może wystąpić w następujących jej częściach:

- gondoli
- wieży

oraz w podstawie elektrycznej do której podłączona jest turbina.

Duże zagęszczenie urządzeń takich jak: aparatura rozdzielcza, falownik, szafa sterownicza, transformator oraz palne materiały (izolacje dźwiękochłonne w gondoli tur-

torowej, kable elektryczne o dużym przekroju) umieszczone w gondoli powodują, że jest to miejsce najbardziej narażone na ryzyko powstania pożaru.

Możemy wyróżnić następujące przyczyny powstawania pożarów:

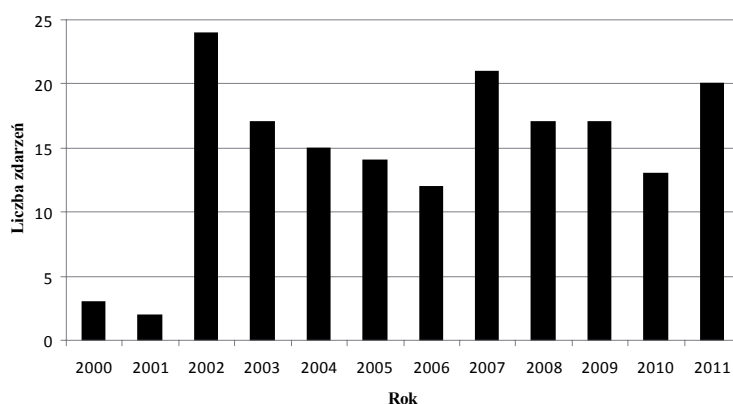
- uderzenie pioruna,
- pożary powstałe od urządzeń elektrycznych,
- uszkodzenie obwodów elektrycznych,
- powstanie dużych rezystancji spowodowanych złym połączeniem między współpracującymi elementami,
- przepięcia w uzwojeniach transformatora,
- powstawanie rezonansów w obwodach RC,
- pożary powstałe od urządzeń mechanicznych,
- mechaniczne uszkodzenie prądnic,
- wysokie temperatury powierzchni spowodowane pracą hamulca mechanicznego,
- wysokie temperatury spowodowane brakiem lub niedostatecznym smarowaniem elementów mechanicznych,
- nieprawidłowo przeprowadzone prace serwisowe.

Ryzyko powstania pożaru w elektrowniach wiatrowych może być zminimalizowane poprzez:

- zastosowanie niepalnych oraz trudnopalnych materiałów,
- zastosowanie systemów wczesnego wykrywania pożarów,
- odpowiedni nadzór oraz utrzymanie elektrowni,
- szkolenia osób wykonujących obsługę elektrowni w zakresie reagowania na sytuacje niebezpieczne oraz ustanowienie odpowiednich wewnętrznych przepisów dotyczących prac montażowych/serwisowych mogących być źródłem pożaru (np. spawanie, cięcie).

Koszty związane z pożarami turbin wiatrowych

Liczbę pożarów turbin wiatrowych pokazano na ryc. 3 [5].



Ryc. 3 Liczba pożarów turbin wiatrowych w latach 2000-2011

Fig. 3 Number of fires in wind turbines in 2000-2011

biny, obudowy z tworzyw sztucznych, olej w systemach hydraulicznych, olej oraz smary w skrzyni biegów oraz pozostałych elementach mechanicznych, olej transforma-

Ogółem stwierdzono 175 pożarów. Straty pojedynczego zdarzenia wyniosły od 750,000 do 2 milionów dolarów. Oprócz kosztów związanych z pożarem turbin

wiatrowych takich jak zakup nowych podzespołów oraz ich montaż, dochodzą także koszty związane z przestojem turbiny, które są tym większe im większą moc miała uszkodzona turbina. Turbina wiatrowa o mocy 2MW oraz rocznym uzysku 4 mln kWh generuje tygodniowo 5.000 euro taryfy „feed-in” (tzw. taryfy gwarantowanej) [6]. Uszkodzenie turbiny wiatrowej może się wiązać z koniecznością wzniesienia nowej turbiny, a więc przejścia przez całą drogę administracyjną, począwszy od uzyskania pozwolenia na budowę co znacząco wydłuża czas oddania urządzenia do użytkowania.

Zmniejszająca się liczba pożarów turbin wiatrowych, pomimo wzrastającej liczby instalacji, wynika nie tylko z rozwoju technologicznego podzespołów używanych do ich budowy, lecz także z przykładania coraz większej wagi do ochrony przeciwpożarowej turbin wiatrowych.

W 2008 r. opublikowane zostały wytyczne VdS 3523 [9] odnoszące się do ochrony przeciwpożarowej turbin wiatrowych, które wywarły znaczny wpływ na poprawę ich bezpieczeństwa pożarowego.

Cele oraz projekt ochrony przeciwpożarowej

Wymagany zakres ochrony ppoż. turbiny wiatrowej może zależeć od wielu czynników. Między innymi możemy wyróżnić:

- doświadczenie ubezpieczyciela z różnymi rodzajami materiałów oraz komponentów użytych w konstrukcji turbiny,
- mocy turbiny,
- budowy turbiny wiatrowej oraz elementów ryzyka,
- lokalizacji turbiny – turbiny umieszczane na lądzie typu

„onshore” lub umieszczane na wodzie typu „offshore”,

- wartości ubezpieczanej.

Poniższa tabela przedstawia przykład klasyfikacji poziomów ochrony elektrowni wiatrowej wg wytycznych VdS 3523. Poziomy ochrony przedstawiono w poniższej tabeli jedynie w celach informacyjnych.

Z poniższej tabeli widzimy, że podstawowy, zerowy poziom ochrony uzyskiwany jest poprzez wyposażenie turbiny wiatrowej w systemy wykrywania pożaru instalacji oraz monitorowania pomieszczeń. Począwszy od poziomu 1 zastosowanie mają systemy gaśnicze. Wraz ze wzrostem poziomu ochrony wzrasta liczba instalacji oraz pomieszczeń, w których umieszcza się systemy gaśnicze. W przypadku poziomu pierwszego systemem gaśniczym chronione są instalacje (podzespoły), w przypadku poziomu drugiego również pomieszczenia. Biorąc pod uwagę doświadczenie odpowiednich instytucji zajmujących się ochroną przeciwpożarową możliwe jest ustalenie odpowiedniego poziomu ochrony uwzględniającego zarówno ryzyko wystąpienia pożaru, jak również koszty związane z implementacją takiego systemu w turbinie wiatrowej.

Dobór odpowiedniego poziomu, a co za tym idzie liczby chronionych instalacji lub pomieszczeń powinien być uzgodniony pomiędzy stronami zainteresowanymi tj. producentem turbiny, jej użytkownikiem oraz instytucją ubezpieczającą.

Środki ochrony

Środki minimalizujące prawdopodobieństwo wystąpienia pożaru.

Ochronę przeciwpożarową turbin wiatrowych możemy podzielić na środki ochrony technicznej oraz budow-

Przykłady poziomów ochrony

Examples of protection levels

Tabela 1.

Table 1.

Środki ochrony jako moduły	Poziomy ochrony			
	0	1	2	3
Urządzenia wykrywania pożaru instalacji oraz monitorowanie pomieszczeń	*	*	*	*
Urządzenia gaśnicze - ochrona instalacji				
Pomieszczenie sterownicze, falownik, rozdzielnica (LV/MV)		*	*	*
Transformator			*	*
System hydrauliczny				*
Pierścień generatora				*
Urządzenia gaszenia - ochrona pomieszczeń				
Podłogi podniesione wraz z miską olejową, przewodami oraz instalacjami elektrycznymi			*	*
Gondola wraz z generatorem, transformatorem, systemem hydraulicznym, przekładnią hamulcem, napędem układu kierunkowania				*
Piasta wraz z napędem nastawienia kąta łopat oraz generatorem (jeżeli ma zastosowanie)				*
Podstawa wieży wraz z istniejącymi instalacjami (jeżeli ma zastosowanie)				*

Ochrona przeciwpożarowa turbin wiatrowych	
Ochrona techniczna: <ul style="list-style-type: none"> • Procedury • Systemy ostrzegawcze • Systemy alarmowe • Urządzenia ochrony przeciwpożarowej uruchamiane ręcznie • Urządzenia ochrony przeciwpożarowej uruchamiane automatycznie • Środki dodatkowe • Informacje dla użytkownika 	Ochrona budowlana: <ul style="list-style-type: none"> • Materiały oraz podzespoły • Wyznaczone strefy pożarowe • (np. wieża, gondola, łopaty wirnika) • Drogi ewakuacyjne

lanej. Poniższa tablica przedstawia przyporządkowanie środków ochrony do konkretnych obszarów ochrony ppoż. [7].

Ochrona budowlana

Ochrona budowlana turbiny wiatrowej ma za zadanie utrzymanie dróg ewakuacyjnych w stanie użyteczności w przypadku wystąpienia pożaru, zmniejszenie obszaru rozprzestrzeniania się pożaru poprzez zastosowanie niepalnych materiałów oraz zapobieganiu jego wystąpieniu poprzez odpowiednie rozwiązania konstrukcyjne np. zastosowanie osłon.

• Ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa

Turbina wiatrowa powinna być wyposażona w odpowiednie środki ochrony odgromowej oraz przeciwprzepięciowej, dopasowane do danego jej typu. W celu zaprojektowania systemu ochrony odgromowej turbiny wiatrowej należy dokonać oceny ryzyka lub przyjąć najwyższy jego poziom zgodnie z normą IEC 62305 (poziom ochrony odgromowej I). Podczas oceny ryzyka, należy wziąć pod uwagę wszystkie możliwe drogi pioruna, poczynając od łopat wirnika poprzez piastę wirnika, gondolę, wieżę aż do fundamentów wiatraka. Odpowiedni poziom ryzyka powinien także być zakładany podczas projektowania elementów służących do ochrony odgromowej elektrowni wiatrowych (nie mniejszy jednak niż poziom II wg IEC 62305). Obszary ochrony mogą być zidentyfikowane przy zastosowaniu metod pomocniczych np.: metody „toczącej się kuli” (ang. rolling sphere method).

• Minimalizowanie ryzyka systemów elektrycznych

Ochrona systemów elektrycznych ma na celu identyfikację wad pojawiających się w czasie eksploatacji turbiny wiatrowej oraz wyłączenia z pracy poszczególnych jej elementów np. transformatorów, prądownic, podczas wystąpienia zagrożeń w ich działaniu. Ochrona ta dotyczy zarówno systemu elektrowni wiatrowej (parku) projektowanego przez dewelopera, jak również elementów turbiny wiatrowej (podzespołów), które są projektowane przez projektanta według wytycznych dewelopera. System bezpieczeństwa powinien zapewniać natychmiastowe oraz kontrolowane wyłączenie poszczególnych elementów turbiny. Powinien on także umożliwić przesłanie sygnału o awarii do stanowiska stale nadzorowanego przez człowieka.

• Minimalizowanie ilości materiałów palnych

Materiały użyte do budowy elektrowni wiatrowych powinny być materiałami niepalnymi, w miarę możliwości o komórkach zamkniętych z łatwo zmywalną powierzchnią. Należy unikać używania materiałów takich, jak tworzywa piankowe, polistyren, tworzywa sztuczne wzmocnione włóknami szklanymi. Użyte materiały powinny mieć klasę palności B1 wg DIN 4102 (klasa C-B wg PN-EN 13501-1), w przypadku, gdy nie można ich zastąpić materiałami niepalnymi.

Kable oraz przewody użyte w budowie elektrowni powinny charakteryzować się następującymi cechami:

- nie powinny podtrzymywać rozprzestrzeniania się pożaru,
- nie powinny wydzielać dużych ilości dymu oraz powinny powodować minimalne ilości zanieczyszczeń w pomieszczeniu w przypadku pożaru.

Oleje hydrauliczne oraz smary powinny być wybrane spośród materiałów niepalnych lub posiadać wysoki punkt zapłonu, który znacznie przewyższa temperaturę mogącą powstać w systemach, w których są używane.

Podczas pracy z płynami powinna być możliwość ich natychmiastowego zbierania np. poprzez odpowiednio rozmieszczone tace lub przy użyciu niepalnych materiałów wiążących oleje. Jakikolwiek wyciek powinien być natychmiast neutralizowany.

• Unikanie potencjalnych źródeł zapłonu

Źródłami zapłonu mogą być m.in.:

- prądy piorunowe,
- iskry oraz wysoka temperatura pojawiająca się w czasie pracy hamulca mechanicznego,
- zwarcia, łuki elektryczne oraz rezonanse w obwodach elektrycznych,
- gorące powierzchnie (np. hamulce, łożyska),
- samozapłon materiału np. brudne ścierki do czyszczenia pozostawione przez ekipy serwisowe.

Wszystkie materiały oraz źródła potencjalnego zapłonu powinny być odizolowane od reszty elementów turbiny. Można to uzyskać poprzez zastosowanie np. niepalnych osłon.

• Prace związane z ryzykiem powstania pożaru

Należy unikać wszystkich prac serwisowych związanych z ryzykiem powstania pożaru. Jeżeli nie jest to możliwe,

tw. metody zimne (cięcie, przykręcanie, klejenie) powinny być stosowane. Jeżeli nie ma możliwości zastosowania metod zimnych podczas prac serwisowych, powinny zostać podjęte odpowiednie środki ograniczające możliwość powstania oraz rozprzestrzeniania się pożaru.

Powinny zostać opracowane instrukcje dotyczące przeprowadzania prac serwisowych, uwzględniające potencjalne ryzyka powstania pożaru.

Ochrona techniczna

• Warunki atmosferyczne

Jednym z głównych czynników wpływających na działanie systemów ochrony przeciwpożarowej turbin wiatrowych są warunki atmosferyczne.

Szczególnie ważne są:

- działanie atmosfery słonej,
- znaczne zmiany temperatury w czasie dnia oraz nocy,
- drgania,
- przepływ powietrza w gondoli,
- wilgotność powietrza.

Wszystkie powyższe czynniki, mające wpływ na efektywność oraz niezawodność systemów przeciwpożaro-

wych, powinny być brane pod uwagę już podczas procesu projektowania turbiny wiatrowej.

• Systemy wykrywania pożaru

System detekcji pożaru w turbinach wiatrowych ma za zadanie spełnić następujące funkcje:

- informowanie jednostki sterującej o wystąpieniu zagrożenia wraz z powiadamianiem do miejsca stale nadzorowanego przez człowieka,
- uruchomienie systemu gaśniczego,
- odłączenie turbiny wiatrowej od sieci energetycznej.

Urządzenia wykrywające pożar powinny zapewniać łatwość ich obsługi (biorąc pod uwagę ograniczoną przestrzeń w gondoli turbiny).

Wyróżnia się systemy monitorujące pomieszczenia oraz systemy monitorujące instalacje.

• Monitorowanie przestrzeni

Gondola oraz części wieży, które zawierają instalacje do wytwarzania energii elektrycznej, jak również zewnętrzny transformator oraz elektryczna podstacja powinny być monitorowane przez automatyczny system wykrywania pożaru.

Tabela 2.

Przykład doboru czujek do pomieszczeń monitorujących oraz instalacji [9]

Table 2.

Information on the selection of fire detectors for monitoring rooms and installations [9]

Rodzaj czujki	Czujka dymu			Czujka ciepła (z indeksem R zgodna z EN 54-5)		Czujka płomienia		Czujka dymu wielodetektorowa	
	Punktowa	Wielopunktowa	Liniowa	Punktowa	Liniowa	IR	UV	Dymu oraz ciepła	Dymu oraz CO
Pomieszczenie/ instalacja	Światło rozproszone	Zasysające	Wiązka światła przechodzącego						
Gondola wraz z transformatorem, zwierająca piastę oraz podniesione podłogi	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Centrala podstacja elektryczna, po- mieszczenie prze- łączników (switch cabinet)	+	+	+	+	+	-	-	+	+
Podstawa wieży/ platforma wraz z istniejącymi insta- lacjami (jeżeli ma zastosowanie)	-	+	-	+	-	-	-	-	-
Pomieszczenie przekładni	+	+	-	-	-	-	-	+	-
System hydrauliczny	-	+	-	+	-	-	-	-	-
Transformator	-	+	-	Przełącznik Buchholza		-	-	-	-

Przestrzenie podpodłogowe oraz puste przestrzenie między stropami i sufitem podwieszanym, jak również przestrzenie o dużym obciążeniu ogniowym np. przewody energetyczne powinny być także poddane monitorin-
gowi.

Systemy detekcyjne powinny być dobierane z uwzględnieniem ich zastosowania w obrębie turbiny wiatrowej. Pod uwagę powinny być brane nie tylko wa-
runki środowiskowe, lecz również specyfika pożaru, który może powstać w danym obszarze turbiny.

Tabela 3.

Przykładowe zastosowanie systemów gaśniczych do ochrony przestrzeni oraz instalacji [9]

Table 3.

Information on the selection of fire extinguishing systems for room and installation protection [9]

Urządzenie gaś- nicze (środek gaśniczy)	Urządzenia gaśnicze gazowe		Urządzenia gaśnicze wodne				Inne urządzenia gaśnicze	
	CO2 (wysoko- ciśnieniowy)	Gazy obojętne	Tryskaczowe	Zraszaczowe	Mgła wodna	Piana	Proszek	Aerozole
Ochrona pomieszczeń								
Gondola wraz z generatorem, trans- formatorem, syste- mem hydraulicz- nym, przekładnią, hamulcem, napędem azymutu	+	+	+	+	+	-	-	-
Piasta wraz z napędem nastawie- nia kąta łopat oraz generatorem (jeśli ma zastosowanie)	+	+	+	+	+	-	-	-
Podłogi podniesione wraz z miską ole- jową, przewodami oraz instalacjami elektrycznymi	+	-	+	+	+	+	-	-
Centrala podsta- cja elektryczna, pomieszczenie przekładni (bez transformatora)	+	+	-	-	+	-	-	-
Podstawa wieży wraz z istniejącymi instalacjami (jeżeli ma zastosowanie)	+	+	+	+	+	-	-	-
Ochrona instalacji								
Pomieszczenie sterownicze, falow- nik, rozdzielnica (LV/MV), pomiesz- czenie zamknięte	+	+	-	-	+	-	-	-
Transformator	+	-	-	+	+	-	-	-
Pomieszczenie sterownicze, falow- nika, rozdzielnica (LV/MV), pomiesz- czenie otwarte	+	-	-	-	+	-	-	-
System hydraulicz- ny, otwarty	+	-	+	+	+	+	-	-

• Monitorowanie instalacji

Urządzenia, które w czasie pracy są zamknięte, zachodzi w nich wymuszony obieg powietrza lub występuje wysoka wymiana powietrza np.: rozdzielnice oraz falowniki, wymagają oprócz monitorowania przestrzeni, w których się znajdują także monitorowania instalacji. Dobór odpowiednich elementów systemów detekcji pożaru w takim przypadku powinien odbywać się po przeanalizowaniu warunków pracy dla każdej turbiny osobno oraz po konsultacjach z producentem systemu detekcji.

Transformatory zawierające olej mineralny powinny być chronione przy pomocy np. przekątnika Buchholza jako środka dodatkowego do urządzeń monitorujących temperaturę transformatora oraz przestrzeń, w której transformator się znajduje.

Jak przedstawiono w tablicy 2, największy obszar zastosowania jako czujki monitorujące pomieszczenia lub instalacje, mają zasysające czujki dymu. Zaletą takich urządzeń jest ich wysoka czułość pozwalająca na wykrycie pożaru w jego wczesnym stadium i przez to ograniczające straty nim spowodowane. Czynnikiem ograniczającym zastosowanie takich czujek są zanieczyszczenia pojawiające się w gondoli turbiny, mogące wpływać na wywołanie fałszywych alarmów oraz uszkodzenie czujki. W przypadku wykrycia takiego zdarzenia konieczna będzie podróż osób zajmujących się serwisem do często odległych lokacji turbin w celu naprawy lub sprawdzenia fałszywych sygnałów generowanych przez czujki. Konieczne może być także usunięcie skutków uruchomienia systemu gaśniczego spowodowanego odebraniem fałszywego sygnału o pożarze. Należy więc zwrócić szczególną uwagę na odpowiednią instalację takich czujek minimalizującą występowanie powyższych niedogodności.

Interesującym rozwiązaniem są także systemy, których zadziałanie następuje w przypadku przerwania ciągłości przewodu elastycznego. Urządzenia takie nie wymagają źródła zasilania zewnętrznego oraz pracują zarówno jako czujniki pożaru jak i urządzenia gaśnicze. Wpływ środka gaśniczego następuje w miejscu przerwania ciągłości przewodu, który działa także jako czujka pożarowa. Urządzenia takie działają bez zewnętrznego źródła zasilania, co dodatkowo zwiększa ich niezawodność.

Stale urządzenia gaśnicze stosowane w turbinach wiatrowych.

W celu skutecznej ochrony przeciwpożarowej turbin wiatrowych, wraz z systemem sygnalizacji pożarowej powinien być także zainstalowany automatyczny system gaśniczy. Ze względu na znaczne odległości od posterunków nadzorowanych przez człowieka, jak również trudności z dotarciem do miejsca pożaru (gondoli) jednostek straży pożarnej po przybyciu na miejsce, ugaszenie rozwijającego się pożaru może nastąpić wyłącznie w wyniku działania stałego urządzenia gaśniczego.

W tabeli 3. przedstawiono przykład zastosowania typowych systemów gaśniczych w aplikacjach turbiny wiatrowej.

W przypadku stosowania stałych urządzeń gaśniczych, należy wziąć pod uwagę następujące czynniki:

- efektywność akcji gaśniczej;
- wymagane stężenie gazu gaśniczego lub odpowiednia ilość wody;
- czas utrzymania stężenia gazu gaśniczego;
- czas działania wodnego środka gaśniczego;
- odciążenia/przepuszczalność pomieszczenia;
- składowanie środka gaśniczego (biorąc pod uwagę jego objętość, wagę itp.);
- miejsce zajmowane przez instalację gaśniczą w gondoli turbiny;
- montaż instalacji;
- serwis;
- niezawodność;
- koszt.

Powyższe czynniki, należy brać pod uwagę wybierając oraz projektując stałą instalację gaśniczą z systemem sygnalizacji pożarowej.

Wady oraz zalety SUG przy zastosowaniu w turbinach wiatrowych

Poniżej przedstawiono krótką charakterystykę stałych urządzeń gaśniczych z uwzględnieniem ich zastosowania w turbinach wiatrowych.

- Stałe urządzenia gaśnicze gazowe.

W ich skład, w zależności od stopnia rozbudowania, wchodzi butle ze środkiem gaśniczym (gazem w postaci skroplonej lub lotnej), układy rurociągów, zawory kierunkowe, zawory zwrotne, wyzwalacze pneumatyczne lub elektromagnetyczne, dysze.

Urządzenia te mogą być stosowane zarówno do gaszenia miejscowego, jak również przez całkowite wypełnienie. W przypadku systemów gaśniczych gazowych dla których akcja gaśnicza odbywa się poprzez wypełnienie całej objętości przestrzeni gaszonej, szczególnym problemem może być także określenie integralności pomieszczenia (tzw. „door fan test”).

Ze względu na stopień skomplikowania podzespołów używanych do budowy SUG gazowych (zawory, wyzwalacze), należy zwrócić szczególną uwagę na ich przydatność przy zastosowaniu w specyficznym środowisku pracy występującym w gondoli turbiny.

- Stałe urządzenia gaśnicze wodne.

W przypadku SUG wodnych medium gaśniczym jest woda, która podawana zostaje z zbiorników lub sieci wodociągowej. W przypadku zastosowaniu SUG wodnych w elektrowniach wiatrowych szczególną uwagę, należy zwrócić na sposób dostarczenia wody do przestrzeni gaszenia. Ze względu na znaczną wysokość gondoli przy pobieraniu wody z sieci wodociągowej, należy stosować pompy dostarczające wodę do gondoli, co zwiększa koszt realizacji inwestycji.

Odmienne rozwiązanie stosowane jest w stałych urządzeniach gaśniczych mgłowych. W tych urządzeniach medium gaśniczym jest woda rozproszona do stanu mgły. Podawana jest ona pod wysokim lub niskim ciśnieniem na dyszę która rozprasza jej strumień. Wg normy NFPA 750 za mgłę wodną uznaje się strumień wody, gdzie średnice kropeł w 99% jej masy są mniejsze od 1 mm. Specyfikacja techniczna CEN/TS 14972 nakłada mniejsze wymagania: 90% całkowitej masy kropeł mniejsza od 1mm.

Charakterystyka gaśnicza mgły wodnej, ze względu na rodzaj jej rozdrobienia jest podobna bardziej do SUG gazowych niż do SUG tryskaczowych. Akcja gaśnicza polega głównie na wypieraniu tlenu ze strefy gaśniczej (podobnie, jak w SUG gazowych) oraz na szybkim schładzaniu palącego się materiału.

Należy pamiętać, że SUG mgłowe powinny być wcześniej przebadane w skali naturalnej pod względem skuteczności gaszenia oraz niezawodności działania. Szczególna uwaga powinna być zwrócona na kwestie stosowania powyższych urządzeń w temperaturach ujemnych (problem zamarzania wody w czasie zimy).

• Stałe urządzenia gaśnicze pianowe

Stałe urządzenia gaśnicze pianowe działają na zasadzie dostarczania roztworu środka pianotwórczego do strumienia wody, a następnie wyładowanie tego środka przez odpowiednio ukształtowaną dyszę, co powoduje generowanie piany gaśniczej. Piana gaśnicza powoduje efekt chłodzenia pożaru oraz zabezpiecza materiały palne znajdujące się w pobliżu pożaru przed nagrzewaniem przez promieniowanie ciepłe pożaru.

W zależności od liczby spienienia rozróżniamy piany: lekkie, średnie oraz ciężkie.

Urządzenia te nadają się do gaszenia cieczy palnych (piana ciężka), wypełniania przestrzeni zamkniętych (piany średnie oraz piany lekkie)

Piany gaśnicze (podobnie jak urządzenia gaśnicze wodne), ze względu na przewodność elektryczną, nie powinny być stosowane w urządzeniach, w których istnieje ładunek elektryczny, nawet gdy nie są one podłączone bezpośrednio do napięcia np. kondensatorów o wysokich pojemnościach.

Zwiększenie szybkości generowania piany gaśniczej, a co za tym idzie także gaszenia pożaru może zostać osiągnięte poprzez dodanie sprężonego powietrza do roztworu pianotwórczego.

• Urządzenia gaśnicze proszkowe

Ze względu na skutki jakie może spowodować zastosowanie proszków gaśniczych, szczególnie w stosunku do elektroniki, nie jest zalecane stosowanie tego typu urządzeń do gaszenia turbin wiatrowych [9].

• Urządzenia gaśnicze aerozolowe

Ze względu na brak dokładnych danych dotyczących niezawodności oraz skuteczności gaśniczej jak również

skutków gaszenia generatorami aerozolu gaśniczego ich stosowanie nie jest zalecane [9].

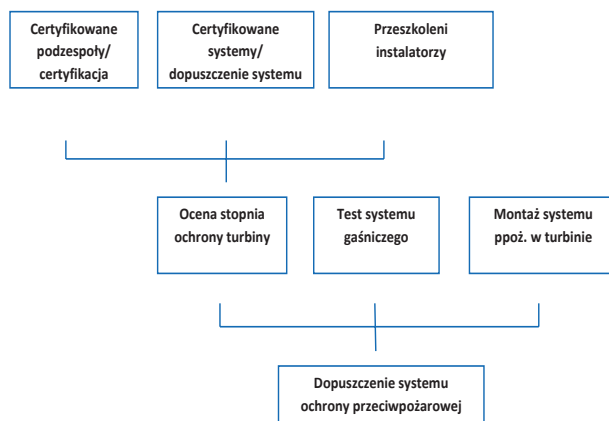
Ze względu na specyficzne warunki pracy stałych urządzeń gaśniczych w turbinach wiatrowych, firmy zajmujące się ochroną przeciwpożarową opracowują własne wytyczne dotyczące badań tych urządzeń. Pod uwagę powinny być brane warunki nie występujące w powszechnych miejscach zastosowania SUG, np.: wibracje, wysokie zapylenie, duże różnice temperatur występujące w czasie eksploatacji turbin, znaczna wilgotność (nawet powyżej 95%). Również projektowanie SUG powinno brać pod uwagę specyfikację turbin np. szczelności, nasycenie materiałami dla których, należy stosować różne metody gaszenia.

Powyższe czynniki mogą spowodować wzrost współczynnika bezpieczeństwa używanego przy projektowaniu stężenia gaśniczego dla instalacji gazowych do poziomu nie określonego przez żaden standard projektowania.

Certyfikacja systemów ochrony przeciwpożarowej używanych w turbinach wiatrowych

Zaprojektowany oraz zamontowany system ochrony przeciwpożarowej turbiny wiatrowej powinien zostać zaaprobowany (certyfikowany) przez tzw. stronę trzecią. Proces certyfikacji zapewnia, że instalacja została zaprojektowana zgodnie z wymaganiami odpowiednich dokumentów odniesienia, a jej montaż jest zgodny z dokumentacją projektową oraz regułami sztuki inżynierskiej.

Proponowany schemat procesu certyfikacji systemów ochrony przeciwpożarowej przedstawiono na rycinie 3.



Ryc. 3 Schemat certyfikacji systemu ochrony przeciwpożarowej [7]

Fig. 3 Structure of the certification of the fire protection system [7]

Proces certyfikacji systemów ochrony ppoż. stosowanych w turbinach wiatrowych składa się z następujących elementów:

• Certyfikowanych podzespołów.

Podzespoły używane w systemach ppoż. turbin wiatrowych powinny być dopuszczone (certyfikowane) przez stronę trzecią, tj. instytucje certyfikujące.

- **Certyfikowanych systemów**

Systemy ppoż., składające się z certyfikowanych podzespołów/elementów powinny zostać dopuszczone do zastosowania w turbinach wiatrowych z wyszczególnieniem ich aplikacji np. stałe urządzenie gaśnicze gazowe do zastosowania w pomieszczeniach sterowania. Systemy gaśnicze dopuszczone do zastosowania w innych obiektach np. muzeach, serwerowniach, mogą nie spełnić warunków niezawodności działania oraz skuteczności gaśniczej przy zastosowaniu dla turbin wiatrowych.

Wraz z systemem ppoż. producent powinien dostarczyć wytyczne projektowania, montażu, obsługi oraz serwisowania instalacji.

- **Przeszkolonych instalatorów**

Instalatorem jest firma świadcząca następujące usługi w nawiązaniu do ochrony ppoż. turbin wiatrowych:

- Projektowanie instalacji;
- Montaż;
- Przekazanie użytkownikowi wraz z odpowiednimi szkoleniami;
- Serwisowanie instalacji.

- **Oceny stopnia ochrony ppoż. turbiny**

Instalatorzy systemu oraz system ochrony ppoż. turbiny powinni być oceniani przez stronę trzecią pod względem możliwości spełnienia przez nich wymagań ustanowionych przez producenta elektrowni wiatrowej. Weryfikacja ta powinna uwzględniać także wpływ instalacji na turbinę wiatrową.

- **Montażu systemu ppoż. w turbinie**

Systemy ochrony ppoż., zarówno budowlanej, jak również technicznej, powinny być tak zamontowane w turbinie wiatrowej, aby ograniczenia dla systemu gaśniczego narzucone przez producenta były przestrzegane, cele ochrony osiągnięte oraz systemy te nie wpływały negatywnie na konstrukcję oraz działanie turbiny wiatrowej.

- **Testu systemu gaśniczego**

Pierwsza instalacja systemu danego typu powinna zostać przetestowana w warunkach rzeczywistych przy udziale przedstawicieli strony trzeciej. Celem testu jest sprawdzenie współdziałania systemu z turbiną wiatrową, funkcjonalności systemu, jak również porównanie systemu zamontowanego w turbinie z dokumentacją dostarczoną przez producenta.

- **Certyfikacji systemu ochrony ppoż.**

Przed przystąpieniem do procesu certyfikacji systemu ochrony ppoż., określone powinny zostać następujące obszary:

- Cele ochrony;
- Ogólny projekt ochrony;
- Środki ochrony (strukturalnej oraz technicznej).

Certyfikacja ta obejmuje zarówno środki zapobiegawcze, jak również wykrywanie pożaru oraz jego gaszenie. Tłumienie pożaru, ze względu na długi czas dotarcia jednostek ratowniczych nie może być skutecznym środkiem używanym w projekcie ochrony ppoż. Certyfikat jest wydawany tylko dla danego typu turbiny wiatrowej (dotyczy to również wysokości wieży oraz średnicy łopat wirnika). W przypadku zmiany aranżacji urządzeń wewnątrz gondoli konieczne jest przeprowadzenie ponownego procesu certyfikacji.

Oprócz procesu certyfikacji kolejnym elementem wpływającym na niezawodność urządzeń gaśniczych jest ich prawidłowy serwis z nadzorem nad funkcjonowaniem urządzeń. Przeglądy instalacji powinny odbywać się w okresach przewidzianych przez producenta systemu gaśniczego. Przeglądy te, ze względu na prace wysokościowe, powinny być dokonywane przez specjalnie przeszkolony do tego celu personel.

Zasadne zdaje się także przeszkolenie jednostek straży pożarnej rozlokowanych w pobliżu istniejących parków wiatrowych, w celu właściwego podejmowania działań w razie wystąpienia pożaru turbiny. Jednostki te powinny być świadome zagrożeń wynikających z pożaru gondoli turbiny oraz powinny być przygotowane to odpowiedniej ochrony terenów przylegających.

Podsumowanie

Pomimo znacznego rozwoju energetyki wiatrowej, ochrona przeciwpożarowa obiektów z nią związanych, w szczególności turbin wiatrowych, nie była rozwijana równolegle. Seria pożarów, które wystąpiły w ostatnich latach zmusza ubezpieczycieli oraz producentów turbin wiatrowych do przyjrzenia się problemom wynikającym z wymagań ochrony przeciwpożarowej. Prace instytucji zajmujących się badaniem oraz certyfikacją systemów przeciwpożarowych spowodowały wzrost jakości urządzeń, jednak wraz ze wzrostem mocy pojedynczych elektrowni wiatrowych, jak również coraz większym rozwojem parków wiatrowych typu „offshore” koszty powodowane przez pojedyncze pożary stale rosną.

Systemy ochrony ppoż., ze względu na ich wysokie koszty nie są obecnie powszechnie stosowanym rozwiązaniem w turbinach wiatrowych. Zachodzenie firmy ubezpieczające oferują jednak zniżki w kwocie ubezpieczenia, co skutkuje zwróceniem się takiej inwestycji po okresie około 5 lat. Biorąc pod uwagę średni czas użytkowania elektrowni jako 20 lat, inwestycja ta jest opłacalna. Bez uzyskania takich zniżek, zależy od ubezpieczycieli inwestycja w systemy ochrony przeciwpożarowej jest mało atrakcyjna dla użytkownika [8]. Również w Polsce dynamiczny rozwój energetyki wiatrowej wymusi konieczność stosowania w elektrowniach automatycznych układów wykrywania oraz gaszenia pożarów.

Literatura.

1. Dyrektywa parlamentu europejskiego i rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE];
2. www.ure.gov.pl;
3. www.energy.siemens.com;
4. Intelligent fire detection in wind power plants manual Pelazas, S+S report international 2/2010;
5. www.caithnesswindfarms.co.uk;
6. BWE Market Survey 2006, German Wind Energy Association;
7. GL Wind Technical Note Certification of Fire Protection Systems for Wind Turbines, Certification Procedures, Revision 2, Edition 2009;
8. Ujikawa H., *Preventing fires in wind turbines*, Munich RE Schadenspiegel 1/2011;
9. VdS guideline no. 3523 :2008-07: Wind turbines. Fire protection guideline;
10. CFPA Europe guideline no. 22:2010 F: Wind turbines fire protection guideline.

mgr inż. Mariusz Cieślak

w 2010 r. ukończył studia na Wydziale Mechatroniki Politechniki Warszawskiej. Obecnie pracuje w Centrum Naukowo - Badawczym Ochrony Przeciwpozarowej - PIB w Jednostce Certyfikującej.

Recenzenci

bryg. dr inż. Waldemar Wnęk
ml. bryg. mgr inż. Jacek Zboina