

Paweł Kamiński, Adam Kuźma
Politechnika Białostocka, Białystok

PORÓWNANIE MAŁYCH ELEKTROWNI WIATROWYCH ZNAJDUJĄCYCH SIĘ NA TERENIE POLITECHNIKI BIAŁOSTOCKIEJ

COMPARISON OF THE SMALL WIND POWER PLANTS WHICH ARE LOCATED ON THE BIALYSTOK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AREA

Streszczenie: W ramach pracy porównana zostanie efektywność wytwarzania energii elektrycznej elektrowni wiatrowych znajdujących się na terenie Politechniki Białostockiej. Porównane zostaną elektrownie wiatrowe o takich samych konstrukcjach zainstalowanych na różnych wysokościach oraz elektrownia wiatrowa z turbiną H-Darrieusa. Przedstawione zostaną wyniki uzyskane o różnych porach dnia i różnych okresach roku w zmiennych warunkach pogodowych.

Abstract: Within the thesis, efficiency of generation power energy in wind power plants will be compared. The power plants are located on the area of Białystok University of Technology. The comparison applies to three wind power plants. Two of them are the turbines which have the same construction, but are placed in different heights. Third is the wind power plant with H-Darrieus turbine. Results measured in different times of year and various weather conditions will be presented.

Słowa kluczowe: elektrownia wiatrowa, odnawialne źródła energii, turbina wiatrowa
Keywords: wind power plant, renewable energy sources, wind turbine

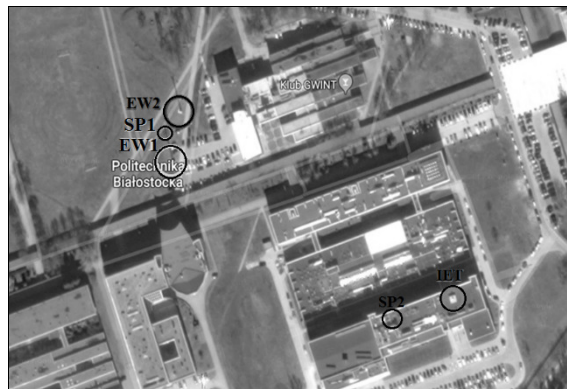
1. Wstęp

Duży wpływ na efektywność wytwarzania energii elektrycznej w turbinach wiatrowych ma ich lokalizacja. Umieszczenie elektrowni wiatrowych w lokalizacji, gdzie panują sprzyjające warunki wiatrowe, gwarantuje wysoką efektywność w produkcji energii elektrycznej. Kształt, wielkość i materiały, z których została wykonana turbina ma duże znaczenie wpływające na sprawność elektrowni wiatrowej. Na terenie kampusu Politechniki Białostockiej znajdują się dwie elektrownie wiatrowe należące do Elektrowni Hybrydowej Wydziału Elektrycznego Politechniki Białostockiej i elektrownia wiatrowa zainstalowana na budynku INNO-EKO-TECH. W pracy porównano wyniki uzyskane z przeprowadzonych badań efektywności energetycznej poszczególnych elektrowni wiatrowych.

2. Badane elektrownie wiatrowe

W pracy porównane zostaną trzy elektrownie wiatrowe. Ich rozmieszczenie przedstawione jest na rysunku 1. Turbiny Elektrowni Hybrydowej Wydziału Elektrycznego Politechniki Białostockiej oznaczone jako EW1 (elektrownia wiatrowa z turbiną H-Darrieusa) i EW2 (elektrownia wiatrowa z poziomą osią obrotu) znaj-

dują się w odległości około 200 metrów od elektrowni zainstalowanej na dachu budynku INNO-EKO-TECH i oznaczonej jako IET.



Rys. 1. Zdjęcie satelitarne z oznaczeniem lokalizacji konkretnych elektrowni wiatrowych [1]

W tabeli 1 przedstawiono najważniejsze parametry techniczne porównywanych turbin. Elektrownia IET i EW2 są takimi samymi elektrowniami zainstalowanymi w innych miejscach i na różnych poziomach.

Ponieważ elektrownia IET została zainstalowana na budynku INNO-EKO-TECH jej wysokość względna nad ziemią jest znacznie większa niż pozostałych rozpatrywanych elektrowni.

Tabela. 1. Najważniejsze parametry techniczne porównywanych elektrowni wiatrowych

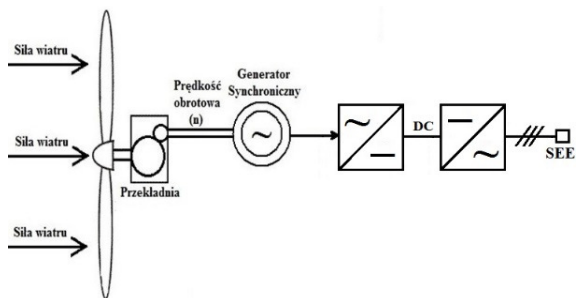
Nazwa	Moc [kW]	Typ	Wysokość masztu [m]	Wysokość względna nad ziemią [m]	Średnica koła wiatrowego [m]	Wysokość łopaty [m]
IET	5	Pozioma oś obrotu	10,00	25,20	4,8	2,3
EW1	5	Pionowa oś obrotu	15,61	15,61	3,5	3
EW2	5	Pozioma oś obrotu	15,27	15,27	4,8	2,3

Natomiast elektrownia EW1 jest elektrownią z pionową osią obrotu, z zainstalowaną turbiną H-Darrieusa, usytuowaną kilkanaście metrów od elektrowni EW2. Maszty elektrowni EW1 i EW2 mają podobną wysokość. Rysunek 2 przedstawia zdjęcia badanych elektrowni wiatrowych.



Rys. 2. Widok badanych elektrowni wiatrowych

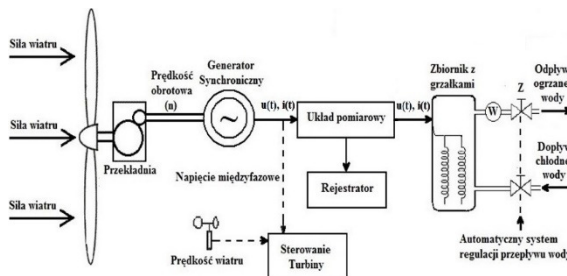
Elektrownie wiatrowe EW1 i EW2 wytworzoną energię przekazują do sieci poprzez przekształtnik energoelektroniczny podłączony zgodnie ze schematem blokowym przedstawionym na rysunku 3.



Rys. 3. Schemat blokowy podłączenia turbiny wiatrowej EW1 i EW2 do sieci

Przekształtniki energoelektroniczne dopasowują energię wytworzoną w prądnicach do parametrów sieci.

Elektrownia IET wytworzoną energię przekazuje do nagrzewania wody w zbiorniku. Na rysunku 4 przedstawiono blokowy schemat układu podłączenia elektrowni IET.

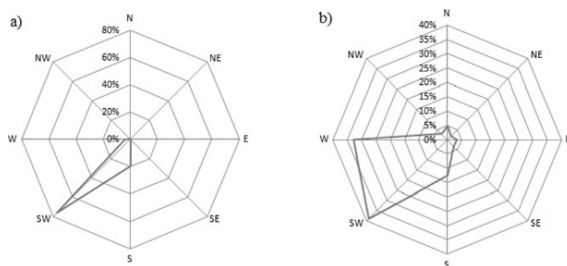


Rys. 4. Schemat blokowy układu pomiarowego elektrowni IET

Zbiornik wody z grzałkami jest odbiornikiem energii wytwarzanej w prądnicach. Zamontowano automatyczny system regulacji przepływu wody. Działanie systemu polega na spuszczeniu wody, która nagrzewa się do temperatury 75°C i na uzupełnieniu zbiornika nieogrzaną wodą z sieci wodociągowej. Dokładniej stanowisko zostało opisane w pracy [2].

3. Prędkość i kierunek wiatru w miejscu zainstalowania elektrowni wiatrowych

W Elektrowni Hybrydowej Wydziału Elektrycznego znajduje się stacja pogodowa oznaczona na rysunku 1 jako SP1. Na dachu budynku INNO-EKO-TECH znajduje się druga stacja pogodowa oznaczona na rysunku 1 jako SP2. Stacje pogodowe pozwoliły uzyskać dane dotyczące prędkości i kierunku wiatrów w pobliżu badanych elektrowni. Na rysunku 5 przedstawiono porównanie róż wiatrów wykonanych dzięki pomiarom kierunku wiatru w dwóch lokalizacjach.



Rys. 5. Róż wiatru przedstawiające udział kierunków wiatru na dachu budynku INNO-EKO-TECH a) i uzyskane ze stacji pogodowej SP1 b)

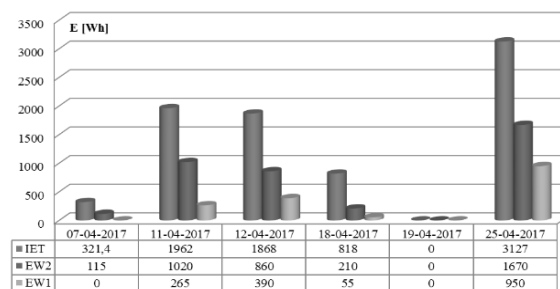
Pomiary wykonywane były w tym samym przedziale czasu 12 kwietnia 2017 roku.

Przedstawione róże wiatrów potwierdzają, że głównym kierunkiem wiatru w analizowanym okresie czasu w obu przypadkach był południowy-zachód. Ten kierunek dla turbin EW1 i EW2 stanowił 39% udziału, natomiast dla elektrowni usadowionej na dachu budynku niemalże 80%. Zaobserwowano większy udział wiatru wiejącego z kierunku zachodniego w przypadku stacji pogodowej przy Hybrydowej Elektrowni (około 33%). W tym samym czasie udział wiatru z tego kierunku w drugiej lokalizacji był o wiele mniejszy i przy elektrowni IET wynosił tylko 5%. Wiatr wiejący z południa w obu przypadkach stanowił znaczący udział i przy elektrowniach wiatrowych EW1 i EW2 wyniósł 13%, natomiast przy elektrowni na dachu budynku wynosił około 20%. Na rysunku porównawczym widoczne jest również, że w przypadku stacji pogodowej Hybrydowej Elektrowni odnotowano niewielki udział występowania wiatru wiejącego z pozostałych kierunków geograficznych. Przy turbinach EW1 i EW2 występował też wiatr z północy (około 5%), a udział wiatrów z pozostałych kierunków nie przekroczył 3%. W tym okresie w pobliżu elektrowni IET nie odnotowano wiatrów wiejących z innych kierunków niż przedstawiono powyżej. Zapis porównań chwilowej prędkości wiatru w obydwu lokalizacjach ukazuje pewne różnice w szczytowych prędkościach wiatru. Maksymalne chwilowe prędkości wiatru przy elektrowniach EW1 i EW2 nie przekraczały wartości 11 m/s w tym okresie czasu. Wiatr przy elektrowni na dachu budynku miał zatem większą chwilową prędkość szczytową o ponad 2 m/s. Maksymalne wartości prędkości wiatru dla obu lokalizacji nie pokrywają się w czasie. Może to być dowód, że wiatry odpowiadające za działanie poszczególnych turbin nie są te same, mimo odległości około 200 metrów między nimi.

4. Porównanie efektywności elektrowni wiatrowych

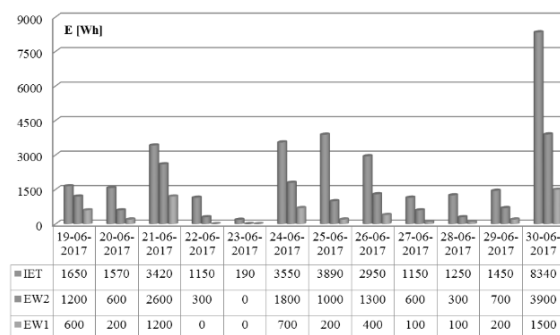
Badania porównujące efektywność energetyczną elektrowni wiatrowych znajdujących się na terenie Kampusu Politechniki Białostockiej przeprowadzono od kwietnia 2017 do stycznia 2018 roku. Na rysunkach 6 – 10 przedstawione zostały porównane wyniki energii wytworzonej

przez poszczególne turbiny w tych samych okresach czasu.



Rys. 6. Energia wytworzona przez poszczególne turbiny wiatrowe w przykładowe dni kwietnia

Wykresy słupkowe pokazują energię wytworzoną przez elektrownie IET (słupek pierwszy z lewej strony), EW2 (słupek środkowy) i EW1 (słupek pierwszy z prawej strony). Generacja w poszczególnych dniach czerwca w przypadku wszystkich elektrowni utrzymywała się na średnim poziomie. Ostatniego dnia miesiąca każda z elektrowni odnotowała swój najwyższy wynik w ilości produkowanej energii.



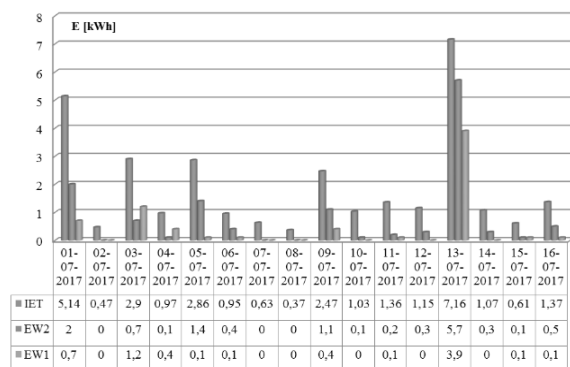
Rys. 7. Energia wytworzona przez poszczególne turbiny wiatrowe w przykładowe dni czerwca

Dwa wyróżniające się wyniki (1 i 13 dnia lipca) są konsekwencją gwałtownych burz. Letnim burzom często towarzyszą silne wiatry. Pozostałe dni ukazują przeciętną aktywność poszczególnych elektrowni. Trzeciego lipca widoczna jest przewaga w ilości wytworzonej energii przez elektrownię wiatrową EW1 w stosunku do elektrowni EW2.

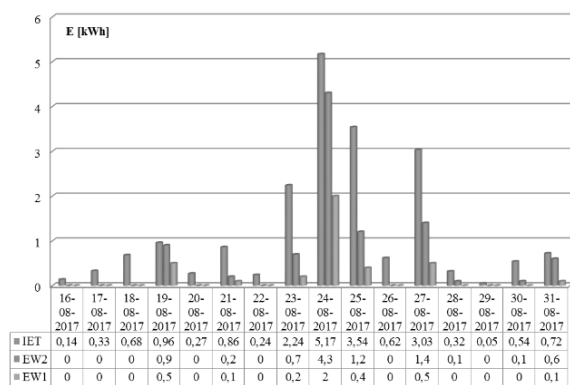
Tego dnia tendencja o większej efektywności w wytwarzaniu energii elektrowni EW2 nad EW1 nie została zachowana.

Wyróżniające się wyniki obserwowane otrzymane z pomiarów w dniach 23 – 27 sierpnia. Widoczna jest duża aktywność turbiny IET i EW2. Ilość energii wytworzonej w te dni przez EW1 znacznie odbiega od ilości energii wygenerowanej przez pozostałe elektrownie.

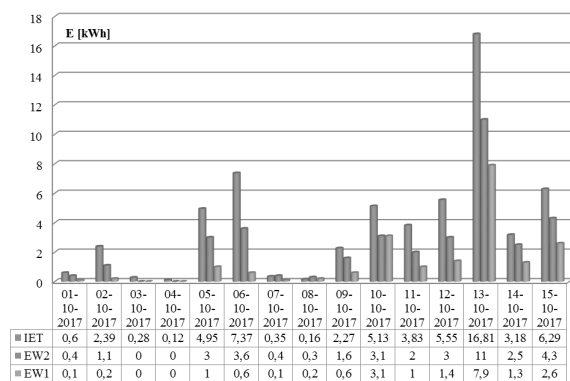
Pozostałe dni miesiąca charakteryzowały się małą aktywnością turbin wiatrowych.



Rys. 8. Energia wytworzona przez poszczególne turbiny wiatrowe w przykładowe dni lipca 2017



Rys. 9. Energia wytworzona przez poszczególne turbiny wiatrowe w przykładowe dni sierpnia



Rys. 10. Energia wytworzona przez poszczególne turbiny wiatrowe w pierwszej połowie października 2017 roku

Październik był miesiącem, w którym można było obserwować rzadkie zjawisko pogodowe zwane Orkanem. Orkany, to zjawiska pogodowe związane z występowaniem bardzo silnych wiatrów, których działanie zaobserwowano 13 dnia miesiąca. W pierwszej części miesiąca wystąpiło 6 dni, w których generacja energii elektrycznej była większa niż 3 kWh.

Badania przeprowadzono również w okresie od listopada 2017 do stycznia 2018 roku, a wyniki ze względu na zbyt ograniczoną ilość miejsca zostaną przedstawione w innej pracy.

5. Podsumowanie

Warunki wiatrowe, które wpływają na aktywność poszczególnych elektrowni znacznie różnią się w dwóch sąsiednich lokalizacjach. Mimo różnicy w odległości 200 metrów, widoczne są różnice w udziale poszczególnych kierunków wiatru zarejestrowane przez obie stacje pogodowe. Usytuowanie elektrowni IET na dachu budynku sprawiło, że szczytowe prędkości wiatru były większe od tych zarejestrowanych w pobliżu EW1 i EW2. Takie wyniki mogą wynikać z ukształtowania terenu, w którym znajdują się turbiny Hybridowej Elektrowni. Wiatr wiejący nad obszarem kampusu Politechniki Białostockiej ma wiele przeszkód na drodze. Wysokie budynki znajdujące się wokół turbin wiatrowych, osłabiają wiatr wiejący szczególnie ze wschodu i południowego wschodu. Zakłócenia wiatru wiejącego z wspomnianych kierunków szczególnie negatywnie wpływają na pracę turbiny wiatrowej z poziomą osią obrotu. W dniach, gdy dominującym kierunkiem wiatru był południowo-zachodni, odnotowano przewagę w generacji energii przez turbinę H-Darrieusa nad elektrownią klasyczną, z poziomą osią obrotu wirnika. Zatem tendencja efektywniejszej pracy turbiny EW2 nad EW1 czasami nie była zachowana. Z otrzymanych porównań można zauważyć pewną powtarzalność wyników w różnicy ilości energii wytworzonej przez poszczególne elektrownie. Zaobserwowano wiele dni, w których produkcja energii w elektrowniach EW1 i EW2 była na zerowym poziomie, natomiast turbina IET wytworzyła niewielkie ilości energii. W efekcie lepszego usytuowania elektrowni na dachu budynku, widoczne są efekty w produkcji energii nawet w dni, w których występują słabe wiatry. Różnice między ilością energii wytworzonej przez bliźniacze turbiny zmniejszają się, gdy panują dobre warunki wiatrowe, a generacja energii we wszystkich rozpatrywanych elektrowniach utrzymuje się na wysokim poziomie. Może to wynikać z tego, że duży wpływ na ilość energii oddanej do sieci w turbinach EW1 i EW2 ma też sprawność współpracujących z nimi przekształtnikami energoelektronicznymi.

6. Literatura

- [1]. www.google.pl/maps/search/google+maps/@53.1179612,23.1502459,350m/data=!3m1!1e3 (dostęp 02.01.2018)
- [2]. P. Kamiński, A. Kuźma "Ocena efektywności wytwarzania energii elektrycznej w elektrowni wirkowej z poziomą osią obrotu", *Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe*, 2018.

Autorzy

inż. Paweł Kamiński, p.kaminski2@o2.pl, student Wydziału Elektrycznego Politechniki Białostockiej

dr inż. Adam Kuźma, a.kuzma@pb.edu.pl
Katedra Energoelektroniki i Napędów Elektrycznych, Wydział Elektryczny, Politechnika Białostocka.

Informacje dodatkowe

Badania zostały zrealizowane w ramach pracy nr S/WE/1/2018 i sfinansowane ze środków na naukę MNiSW.