

Piotr SZYMCZAK¹
Jacek BARAŃSKI²
Michał WAWROWICZ²

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie,
Katedra Elektroenergetyki i Napędów Elektrycznych (1)
Akademickie Koło SEP przy WE ZUT – Oddział Szczeciński SEP (2)

Badanie hybrydowego systemu zasilania znaków nawigacyjnych

Abstract. *W pracy omówiono nowoczesne rozwiązania stosowane na znakach nawigacyjnych na torze wodnym Szczecin-Swinoujście. Przeanalizowano zasoby energetyczne Zalewu Szczecińskiego oraz przedstawiono hybrydowy system zasilania i monitoringu znaku nawigacyjnego. Zbudowano stanowisko badawcze na terenie Bazy Oznakowania Nawigacyjnego Urzędu Morskiego w Szczecinie i przeprowadzono wybrane badania eksperymentalne. W zakończeniu pracy sformułowano wnioski.*

Keywords: akumulator, mikro elektrownia wiatrowa, hybrydowy system zasilania, monitoring, panel fotowoltaiczny, znak nawigacyjny

Aktualność problematyki

Podstawowym zadaniem znaków nawigacyjnych jest informowanie o wyznaczonych kierunkach żeglugi i możliwych niebezpieczeństwach w celu zapewnienia wszystkim użytkownikom bezpieczeństwa na torze wodnym zarówno w dzień jak i w nocy. Aby spełnić wymogi bezpieczeństwa zawarte w dokumentach Międzynarodowego Stowarzyszenia Służb Oznakowania Nawigacyjnego – „International Association of Lighthouse Authorities” (IALA) z 1980 roku oraz w specjalnym rozporządzeniu Ministra Transportu z dnia 28 kwietnia 2003r. „W sprawie przepisów żeglugowych na śródlądowych drogach wodnych” – należy zapewnić zasilanie znaków nawigacyjnych. Obecnie znaki zasilane są z akumulatorów żelowych, które powinny być systematycznie doładowywane, najlepiej z alternatywnych źródeł energii. Należy zagwarantować bezawaryjne działanie całego systemu oraz odpowiedni układ monitoringu i diagnostyki znaku nawigacyjnego. Rozwiązanie takie powinno przyczynić się do zdalnego usunięcia niesprawności lub wcześniej uprzedzić o zbliżającej się awarii i o celowości wysłania załogi serwisowej.

Zasoby energetyczne

Na podstawie analizy warunków energetycznych Zalewu Szczecińskiego wynika, że największą gęstość energii posiada energia wiatru – 1250kWh/m²/rok. W drugiej kolejności do dyspozycji mamy energię promieniowania słonecznego – 1000 kWh/m²/rok [1]. Natomiast gęstość mocy fal na Zalewie Szczecińskim może być określona szacunkowo. Dysponujemy danymi na otwartym Morzu Bałtyckim, gdzie gęstość energii wynosi 1,3 - 2,8 kW/m lub 1,7 – 7,8 kW/m² przy rocznej wysokości fali od 0,8 do 1,1 m i okresie 4 - 4,6 s. Dopiero gdy moc jednostkowa fali kształtuje się w granicach od 15-20 kW/m, to użycie takiego typu energii jest opłacalne. Biorąc pod uwagę niskie parametry energetyczne fal i obecny stan możliwości przetworników energii fal, budowa mikro

VIII Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2014

elektrowni falowej dziś nie może być rozpatrywana [1]. Natomiast prędkość prądu wodnego na Zalewie Szczecińskim wynosi około 0,1 m/s, w szczególnych momentach dochodzi do 1 m/s. Tor wodny Szczecin – Świnoujście ma prądy wodne układające się wzdłuż rynny, i prostopadłe do toru, które przyczynią się do zamulenia szlaku. Na podstawie danych Instytutu Nauk o Morzu Uniwersytetu Szczecińskiego obliczono średnie prędkości prądu wodnego w trzech wybranych punktach Zalewu Szczecińskiego: Świnoujście –0,2 m/s, Brama Torowa 1 –0,12 m/s, Trzebież – 0,05 m/s.

Hybrydowy system zasilania

System składa się z akumulatora, modułu fotowoltaicznego (PV) i mikro elektrowni wiatrowej (MEW). Zaletą systemu hybrydowego jest zasilanie lub doładowywanie z alternatywnych źródeł tak, aby jego działanie było niezawodne, natomiast pewną wadą może być większy koszt budowy. Rozwiązanie takie zapewnia wydłużenie czasu pracy baterii akumulatorów bez potrzeby ich wymiany. Wśród czynników, które wpływają na żywotność akumulatora najistotniejszym parametrem jest temperatura otoczenia, która często skraca jego żywotność. Niezbędne jest doładowywanie akumulatora z modułu fotowoltaicznego lub mikro generatora wiatrowego [5,6]. Kluczową rolę w tych systemach pełni regulator ładowania akumulatora, który realizuje dwie zasadnicze funkcje: zapewnia poprawną charakterystykę ładowania oraz zapobiega zbyt głębokiemu rozładowaniu. W pracy przeanalizowano różne warianty układów hybrydowych:

- wariant I – akumulator, moduł fotowoltaiczny i mikro elektrownia wiatrowa,
- wariant II – akumulator, moduł fotowoltaiczny i mikro elektrownia wodna,
- wariant perspektywiczny III – akumulator, moduł fotowoltaiczny, mikro elektrownia wiatrowa i mikro elektrownia wodna.

Wyniki porównania pozwoliły sformułować wnioski rekomendacyjne w trzech kategoriach: preferowane, zalecane i niezalecane, co przedstawiono w tabeli. 1.

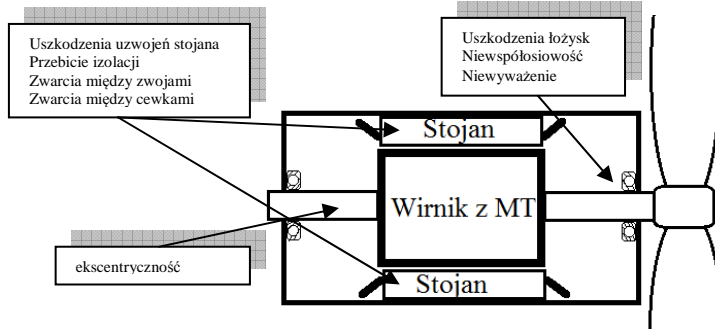
Tabela. 1 Rekomendowane warianty różnych systemów hybrydowych

Warianty źródeł zasilania	Agregat	Moduł fotowoltaiczny	Mikroelektrownia wiatrowa	Mikroelektrownia wodna	Zasilanie z sieci
Agregat		++	++	0	++
Moduł fotowoltaiczny	++	++ układ hybrydowy perspektywiczny III			+
Mikroelektrownia wiatrowa	++	++ układ hybrydowy I		0	+
Mikroelektrownia wodna	0	++ układ hybrydowy II	0		0
Zasilanie z sieci	++	+	+	0	

Systemy monitoringu i diagnostyki

System hybrydowy na znakach nawigacyjnych wyposażony jest w układ monitoringu wraz z oprogramowaniem komputerowym, które pozwala, m. in. zbierać dane z 15 punktów pomiarowych i aktualizować je co minutę. Propozycja uzupełnienia monitoringu dotyczy głównie pracy MEW [7]. Na podstawie analizy literaturowej [2 - 4, 7] możemy oszacować strukturę typowych uszkodzeń w MEW: 40% - łożyska, 38 % - stojan i tylko 10 % wirnik z magnesami trwałymi (MT), a 12 % – pozostałe elementy (rys. 1). W tabeli 2 przedstawiono wybrane charakterystyki sygnałów wraz z pozytywnymi i negatywnymi aspektami ich wyboru.

VIII Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2014



Rys.1 Schemat typowych uszkodzeń w MEW [4]

Tabela 2. Charakterystyka sygnałów diagnostycznych [2]

Parametry pomiarowe	Monitorowane komponenty	Pozytywy	Negatywy
Wibracje	<ul style="list-style-type: none"> Przekładnia Łożyska Wał 	<ul style="list-style-type: none"> Niezawodny Ustandaryzowanie (ISO 10816) 	<ul style="list-style-type: none"> Drogi Uciążliwy Awaryjność czujników Ograniczona dokładność przy niskiej prędkości
Moment	<ul style="list-style-type: none"> Wirnik Przełożenie 	<ul style="list-style-type: none"> Bezpośredni pomiar na wirniku 	<ul style="list-style-type: none"> Drogi Uciążliwy
Olej/ analiza szczątków	<ul style="list-style-type: none"> Łożyska 	<ul style="list-style-type: none"> Bezpośrednia ocena stanu łożyska 	<ul style="list-style-type: none"> Drogi dla bezpośredniego pomiaru
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> Łożyska 	<ul style="list-style-type: none"> Ustandaryzowanie (IEEE 841) 	<ul style="list-style-type: none"> Wbudowany czujnik temperatury Inne czynniki mogące powodować wzrost temperatury
Akustyka	<ul style="list-style-type: none"> Łożyska Przekładnia 	<ul style="list-style-type: none"> Wykrycie usterek wczesnej fazy Dobre przy niskiej prędkości pracy wysoki stosunek sygnału do szumu Pasma przenoszenia obciążenia z dala od zakłóceń 	<ul style="list-style-type: none"> Droga Bardzo wysoka częstotliwość próbkowania
Prąd stojana / Moc	<ul style="list-style-type: none"> Łożyska Przekładnia 	<ul style="list-style-type: none"> Nie potrzeba dodatkowych czujników Tani Nieinwazyjne Łatwe do wdrożenia 	<ul style="list-style-type: none"> Trudny do wykrycia usterek w początkowej fazie czasami niski stosunek sygnału do szumu

Dokładna analiza reżimów pracy systemu: „akumulator – PV i MEW – obciążenie” pozwoli w przyszłości na sformułowanie kryteriów oceny, zoptymalizowanie całego systemu hybrydowego oraz wybór racjonalnych rozwiązań pod względem technicznym i ekonomicznym.

Poligonowe stanowisko badawcze

Prototyp hybrydowego systemu zasilania został zbudowany na poligonowym stanowisku badawczym w wyznaczonym przez Urząd Morski w Szczecinie miejscu w Bazie Oznakowania Nawigacyjnego (rys. 2).

VIII Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2014

Urządzeniami monitorowanymi są: mikro elektrownia wiatrowa typu JSW-750-12 firmy KOMEL o mocy znamionowej $P_n=120$ W przy prędkości wiatru 12 m/s (rys. 3a), dwa moduły PV typu BP255 o łącznej mocy $P_n=110$ W (rys. 3b), akumulator żelowy Sonneschein SB12/75A (rys. 3c).

Wybrane badania eksperymentalne

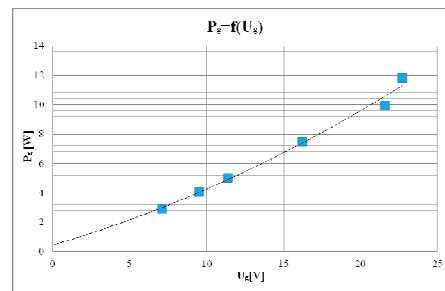
Po zainstalowaniu całego systemu hybrydowego na stanowisku poligonowym wykonano szereg badań, w tym próbę monitoringu globalnego. Rys. 4 przedstawia charakterystykę mocy generatora w funkcji napięcia $P_g = f(U_g)$. Wytwarzanie natomiast energii elektrycznej przez generator nie było w pełni efektywne z powodu miejsca usytuowania stanowiska badawczego (Wzgórze Warszawskie zmniejszyły parametry energii wiatru). Po podłączeniu systemu monitoringu do hybrydowego systemu zasilania, zaczęto gromadzić liczne dane pomiarowe i monitorować pracę elementów systemu. Po przeanalizowaniu wszystkich zebranych punktów pomiarowych i po obliczeniu niezbędnych danych, opracowano przykładowe charakterystyki. Na rys. 5 pokazano przykładową awarię – gwałtowny spadek napięcia na akumulatorze. Napromieniowanie słoneczne H ma istotny wpływ na wartość napięcia i prądu modułów PV, co pokazano na rys. 6. W badanym hybrydowym systemie zasilania moduły generowały energię głównie w godzinach od 7 do 18. Na rys. 7 pokazano, że istnieje silna zależność między wzrostem temperatury w akumulatorach, a wzrastającym napięciem na zaciskach baterii akumulatorów. Przy monitorowaniu akumulatorów szczególną uwagę należy zwrócić na temperaturę otoczenia, która znacząco wpływa na okres eksploatacji baterii. Procesy ładowania inaczej przebiegają w lecie a inaczej w zimie. Na przykład przy niższej temperaturze, aby nie doprowadzić do zbyt dużego zasiarczenia jego płyt i jego przedwczesnego zużycia, akumulator potrzebuje wyższego napięcia, a natomiast latem wymagane jest niższe napięcie ładowania, aby nie wystąpiło zjawisko tzw. gazowania i korozji płyt.



Rys. 2

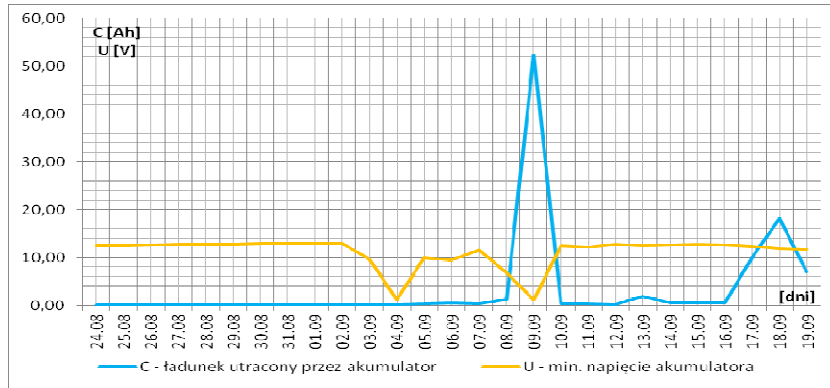


Rys. 3

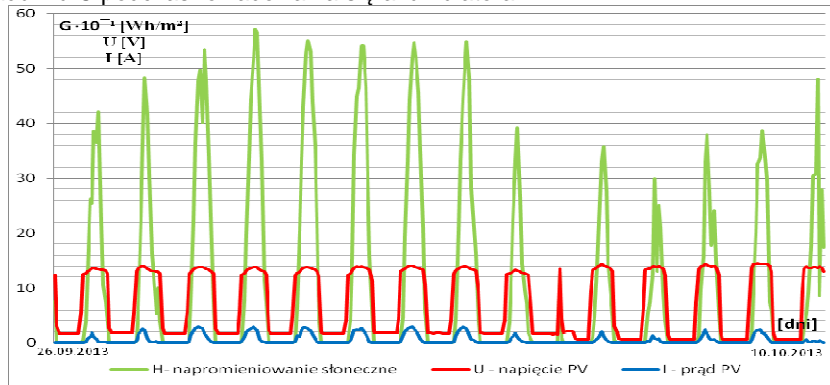


Rys. 4

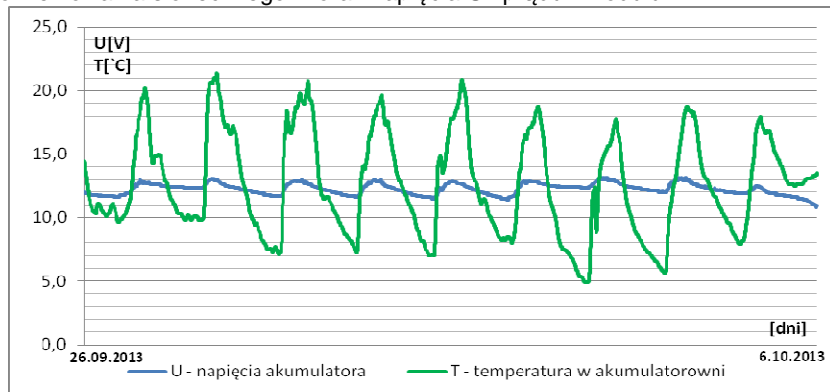
VIII Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2014



Rys. 5 Dane z monitoringu za okres od 24.08.2013 do 19.09.2013 – zależności napięcia U i ładunku C podczas rozładowania się akumulatora



Rys. 6 Dane z monitoringu za okres od 26.09.2013 do 10.10.2013 - zależności napromieniowania słonecznego H oraz napięcia U i prądu I modułu PV



Rys. 7 Dane z monitoringu za okres od 26.09.2013 do 6.10.2013 - zależności temperatury T i napięcia U na baterii akumulatorów.

VIII Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2014

Wnioski

1. Projektując elementy składowe systemu hybrydowego zasilania znaku nawigacyjnego na Zalewie Szczecińskim należy wcześniej uwzględnić potencjalne możliwości pozyskiwania alternatywnej energii elektrycznej na Zalewie Szczecińskim. Analizując zasoby energetyczne na tym akwenie wodnym należy stwierdzić, iż istnieje możliwość pozyskiwania energii tylko z nasłonecznienia i wiatru, a wykorzystanie falowania i prądów wody na dzisiejszym etapie rozwoju współczesnych przetworników energii jest nie efektywne.
2. Przeprowadzone badania poligonowe hybrydowego systemu zasilania znaku nawigacyjnego na terenie Bazy Oznakowania Nawigacyjnego Urzędu Morskiego w Szczecinie potwierdziły, że oba analizowane źródła energii tj. modułów fotowoltaicznych i mikro elektrowni wiatrowej uzupełniają się wzajemnie na przestrzeni roku, np. w sezonie zimowym, gdy brak jest odpowiedniego nasłonecznienia, występują bardzo korzystne warunki wiatrowe.
3. Porównując obecnie działający system monitoringu i koszty usuwania awarii na znakach nawigacyjnych celowym wydaje się dalsze jego udoskonalenie w podsystemie mikro elektrowni wiatrowej. Na podstawie badań teoretycznych i eksperymentalnych przedłożono propozycję rozszerzonego systemu diagnostycznego mikroelektrowni wiatrowej.

Literatura

1. Blintsov V., Blintsov A., Szymczak P.; Wybrane problemy projektowania elektrowni falowej, Wiadomości Elektrotechniczne nr 11; BOBRME Komel, 2013, s. 3-9
2. Bin Lu, Yaoyu Li, Xin Wu, Yang Z.; A review of Recent Advances in Wind Turbine Condition Monitoring and Fault Diagnosis, Power Electronics and Machines in Wind Applications, 2009. PEMWA 2009. IEEE
3. Decner A. Zdalne monitorowanie maszyn elektrycznych, Zeszyty Problemowe – Maszyn Elektrycznych nr 91/2011, s. 171-175
4. Kowalski Cz. T.; Diagnostyka Układów Napędowych z Silnikiem Indukcyjnym z Zastosowaniem Metod Sztucznej Inteligencji, Ofic. Wyd. Pol. Wroc., Wrocław 2013
5. Szymczak P., Grebennikov V.; Generatory z magnesami trwałymi do małych elektrowni wiatrowych i mikroelektrowni wodnych; Wiadomości Elektrotechniczne nr 11; 2012, s. 36-39
6. Szymczak P. i in.: Siłownie wiatrowe małej mocy do zasilania stałych znaków nawigacyjnych. Wyd. Uczelniane PS; Szczecin 1994, s. 289 – 294
7. Yang, W. Tavner, P.J. ; Wilkinson, M.R; Condition monitoring and fault diagnosis of a wind turbine synchronous generator drive train; Renewable Power Generation, IET, Vol.:3, Issue: 1; march 2009, p 1-11

Autorzy: dr inż. Piotr Szymczak; Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Sikorskiego 37, 70-313 Szczecin, e-mail: piotr.szymczak@zut.edu.pl, mgr inż. Jacek Barański, doktorant WE ZUT, Akademickie Koło SEP przy WE ZUT – Oddział Szczeciński SEP, e-mail: j.h.baranski@gmail.com; inż. Michał Wawrowicz, Akademickie Koło SEP przy WE ZUT – Oddział Szczeciński SEP, e-mail: kuba.wawrowicz@gmail.com