

# UNIWERSALNE STANOWISKO BADAWCZE URZĄDZEŃ DO POZYSKIWANIA ENERGII ZE ŹRÓDEŁ ODNAWIALNYCH (OZE)

Streszczenie

W artykule omówiono budowę i zastosowanie uniwersalnego stanowiska badawczego urządzeń do pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych, takich jak moduły fotowoltaiczne i turbiny wiatrowe. Ponadto zaprezentowano wyniki badań porównawczych uzysku energetycznego generatorów fotowoltaicznych w dwóch różnych układach: stacjonarnym i nadążnym jednoosiowym, a także uzysku energetycznego zespołu prądowórczego turbin Savonius'a, wchodzących w skład inteligentnej, hybrydowej elektrowni solaro-wiatrowej.

**Słowa kluczowe:** energetyka odnawialna, moduły fotowoltaiczne, małe elektrownie wiatrowe, układ nadążny jednoosiowy, hybrydowa elektrownia solaro-wiatrowa

## Wstęp

Uniwersalne stanowisko badawcze urządzeń do pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych (OZE) powstało w ramach działań statutowych prowadzonych przez Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych (PIMR) (rys. 1). Stanowisko umożliwia prowadzenie testów urządzeń pozyskujących energię elektryczną ze źródeł odnawialnych, takich jak turbiny wiatrowe i moduły fotowoltaiczne, w tym badanie ich parametrów oraz zastosowanie w różnych konfiguracjach roboczych: współpraca z siecią elektroenergetyczną, z magazynem energii, praca w układzie nadążnym i stacjonarnym. Stanowisko badawcze wyposażone zostało w aparaturę pomiarową parametrów elektrycznych oraz stację pogodową, dzięki czemu możliwy jest ciągły monitoring uzysku energetycznego urządzeń w zależności od panujących warunków atmosferycznych.



Źródło: opracowanie własne / Source: own study

Rys. 1. Uniwersalne stanowisko badawcze urządzeń do pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych (OZE) zlokalizowane na dachu budynku "H" PIMR

Fig. 1. Universal test stand for devices for obtaining energy from renewable sources (RES) located on the roof of the "H" PIMR building

## Opis stanowiska badawczego

Stanowisko zbudowane jest z podstawy podpartej czterema ramionami, umożliwiającej zamontowanie na niej obiektu badań oraz obiektu odniesienia. W chwili obecnej na stanowisku prowadzone są badania uzysku energetycznego hybrydowej elektrowni solaro-wiatrowej w systemie nadążnym jednoosiowym (rys. 2). Algorytm pozycjonowania elektrowni oparty jest na sterowniku, który w zależności od panujących warunków atmosferycznych oblicza najbardziej korzystny kąt i ustawia elektrownię w kierunku słońca lub wiatru.



Źródło: opracowanie własne / Source: own study

Rys. 2. Uniwersalne stanowisko badawcze urządzeń do pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych - obiekt badań (model wirtualny)

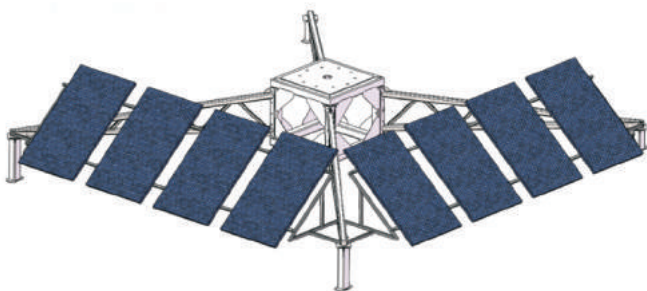
Fig. 2. Universal test stand for devices for obtaining energy from renewable sources - research object (virtual model)

## Metodyka badań

Metodyka prowadzonych badań zakłada pozyskanie informacji o uzysku energetycznym generatora fotowoltaicznego hybrydowej elektrowni solarno-wiatrowej w układzie nadążnym jednoosiowym, w odniesieniu do generatora fotowoltaicznego stacjonarnego. Z literatury przedmiotu wynika bowiem, że maksymalną ilość energii elektrycznej, dla szerokości geograficznej  $53^\circ$ , uzyskuje się nachylając stacjonarny moduł fotowoltaiczny pod kątem  $35-37^\circ$  do podłoża i zwracając go w kierunku południowym lub odchylając na kierunku południowo-zachodnim do  $+15^\circ$  od lokalnego południka [1]. Z kolei w pracy [2] przedstawiono eksperymentalne wyniki działania dwuosiowego solarnego układu nadążnego w okresie od marca 2015 r. do września 2017 r. Analizowana instalacja, o łącznej mocy 3 kW, jest zlokalizowana na dachu budynku Politechniki Białostockiej. Analizę wydajności nadążnej instalacji fotowoltaicznej przeprowadzono w odniesieniu do instalacji o stałym kącie nachylenia. Uzyskane wyniki wskazują, że zastosowanie dwuosiowego układu nadążnego zwiększyło roczną produkcję energii o około 40% (wartość netto), w porównaniu do panelu ustawionego pod kątem  $38^\circ$  w kierunku południowym.

Badany na uniwersalnym stanowisku generator fotowoltaiczny hybrydowej elektrowni solarno-wiatrowej stanowi elektryczny szereg ośmiu polikrystalicznych modułów fotowoltaicznych SHARP o mocy 275 Wp, zamontowanych na ramowej konstrukcji przytwierdzonej do pionowej kolumny z obrotnicą. Do napędu obrotnicy zastosowano silnik prądu stałego o mocy 55 W.

Obiektem odniesienia dla generatora fotowoltaicznego w układzie nadążnym jest generator stacjonarny (rys. 3), tożsamy pod względem mocy i nachylony pod takim samym kątem do podłoża. Cechą charakterystyczną stanowiska badawczego, odróżniającą go od znanych z literatury przedmiotu [3], jest układ przestrzenny generatora fotowoltaicznego obiektu odniesienia, który tworzy grot strzały skierowany w kierunku południowym, o bokach na kierunku wschodnim i zachodnim. Taki układ, pod względem metodycznym, odpowiada charakterystyce pracy generatora fotowoltaicznego w systemie nadążnym jednoosiowym, który obraca się na linii wschód-zachód. Ze względu na zróżnicowany układ przestrzenny generatora stacjonarnego został on elektrycznie podzielony na dwa równoległe szeregi, po cztery moduły fotowoltaiczne. W celu przeciwdziałania negatywnemu zjawisku przepływu prądu w kierunku modułów zacienionych, na biegunach dodatnich każdego z szeregów zastosowano diody prostownicze. Generatory fotowoltaiczne i zespół prądotwórczy turbin Savonius'a przekazują energię do inwerterów



Źródło: opracowanie własne / Source: own study

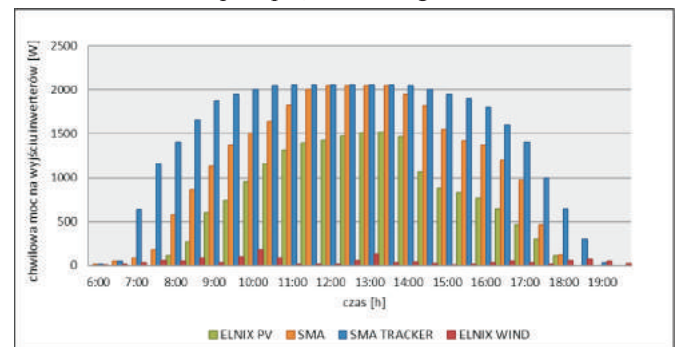
Rys. 3. Uniwersalne stanowisko do badań urządzeń do pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych - obiekt odniesienia (model wirtualny)

Fig. 3. Universal test stand for devices for obtaining energy from renewable sources - reference object (virtual model)

jednofazowych, skąd trafia ona do sieci energetycznej. Inwertery są skomunikowane z siecią LAN i na bieżąco przekazują informacje o aktualnych parametrach prądowo-napięciowych, dzięki czemu możliwe jest ciągle monitorowanie i archiwizowanie danych.

## Wyniki prowadzonych pomiarów i wnioski

Pomiary uzysku energetycznego obiektu badań prowadzono przez dwa słoneczne dni marca. Pierwszego dnia generator fotowoltaiczny obiektu badań ustawiony był na stałe w kierunku południowym. Drugiego dnia generator fotowoltaiczny obiektu badań pracował w systemie nadążnym, tj. podążał za tarczą słoneczną. W tym dniu badano także uzysk energetyczny zespołu prądotwórczego turbin Savonius'a. Otrzymane wyniki badań przedstawiono na rys. 4. Na jednym wykresie naniesiono przebiegi chwilowej mocy odpowiednio: ELNIX PV - obiektu odniesienia wschód-zachód (rys. 3), SMA - obiektu badań skierowanego na południe, SMA TRACKER - obiektu badań w systemie nadążnym, ELNIX WIND - zespołu prądotwórczego turbin Savonius'a.

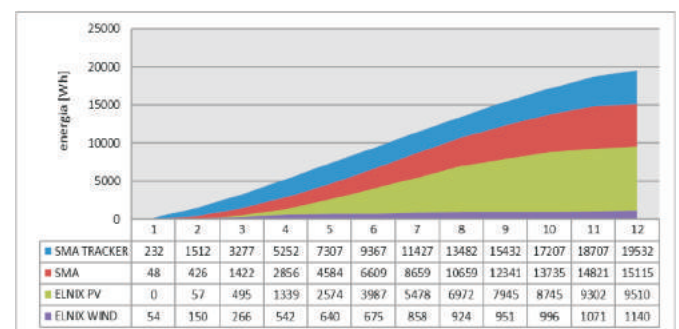


Rys. 4. Zestawienie przebiegów chwilowej mocy obiektów badań

Fig. 4. A summary of the current power of test objects

Analizując przebiegi chwilowej mocy na wyjściu inwerterów zauważyć można, że generator fotowoltaiczny w systemie nadążnym jednoosiowym oddaje więcej mocy w godzinach porannych i popołudniowych, w stosunku do generatora ustawionego w kierunku południowym. W godzinach południowych ich moc jest zbliżona. Zarówno generator fotowoltaiczny w systemie nadążnym jednoosiowym, jak i generator ustawiony w kierunku południowym pracują z większą mocą w stosunku do generatora stacjonarnego wschód-zachód.

Przebiegi skumulowanej, 12-godzinnej produkcji energetycznej inwerterów przedstawiono na rys. 5.



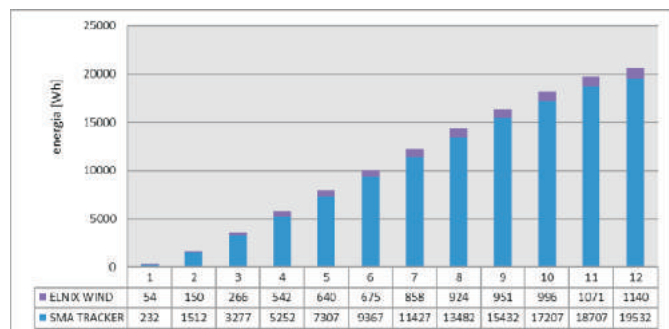
Źródło: opracowanie własne / Source: own study

Rys. 5. Skumulowana 12-godzinna produkcja energii przez inwertery solarne i wiatrowy

Fig. 5. Accumulated 12-hour energy production by solar and wind inverters

Porównując skumulowaną 12-godzinną produkcję energetyczną inwerterów solarnych widać wyraźną różnicę w uzyskach. Najkorzystniej wypada generator w systemie nadążnym, który wyprodukował w tym czasie prawie 19,5 kWh energii, a generator skierowany na stałe na południe - 15 kWh. Dwukrotnie mniej energii, w stosunku do generatora w systemie nadążnym, wyprodukował generator w systemie stacjonarnym wschód-zachód, tj. niecałe 10 kWh.

Na rys. 6 przedstawiono zsumowaną 12-godzinną produkcję energii przez badany generator fotowoltaiczny w systemie nadążnym jednoosiowym oraz zespół prądotwórczy turbin Savonius'a, wchodzących w skład hybrydowej elektrowni solarno-wiatrowej.



Źródło: opracowanie własne / Source: own study

Rys. 6. Łączna, skumulowana 12-godzinna produkcja energii przez generator fotowoltaiczny w systemie nadążnym jednoosiowym oraz zespół prądotwórczy turbin Savonius'a

Fig. 6. Cumulative, total 12-hour energy production by a solar generator in a uniaxial follow-up system and a generator set of Savonius turbines

W ciągu 12 godzin pracy, hybrydowa elektrownia solarno-wiatrowa wyprodukowała łącznie 20,67 kWh energii elektrycznej. W tym czasie, na obrót konstrukcji ze wschodu na

zachód i z powrotem zużyto 100 Wh energii. Zatem pozyskana energia elektryczna netto wynosi 20,57 kWh. Istniejące w trakcie pomiarów warunki pogodowe sprzyjały produkcji energii z generatora fotowoltaicznego, dlatego sterownik pozycjonował elektrownię względem tarczy słonecznej. Mimo to udało się pozyskać jakąś część energii elektrycznej z wiatru, która pozwoliła pokryć zapotrzebowanie na obrót konstrukcji oraz podtrzymanie działania sterownika.

## Podsumowanie

Pierwsze testy uniwersalnego stanowiska badawczego wykazały, że jest ono w pełni przystosowane do prowadzenia badań uzysku energetycznego modułów fotowoltaicznych i różnych konstrukcji turbin wiatrowych. Zaprogramowany sterownik funkcjonuje prawidłowo, umożliwiając pełną kontrolę obiektu badań. Projekt uniwersalnego stanowiska badawczego jest rozwojowy. Obecnie trwają prace nad możliwością archiwizacji danych pogodowych i parametrów elektrycznych badanych urządzeń przez sterownik, w celu odniesienia uzyskiwanych wyników do panujących warunków atmosferycznych.

## Bibliografia

- [1] Jastrzębska G.: Ogniwa słoneczne budowa, technologia i zastosowanie. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Wyd. 1. Warszawa 2014.
- [2] Trzasko W.: Analiza wydajności dwuosiowego solarnego układu nadążnego. Pomiary Automatyka Robotyka, 2018, 22, 1, 11-17. DOI: 10.14313/PAR\_227/11.
- [3] Bugała A.: Analiza efektywności konwersji promieniowania słonecznego na energię elektryczną w wyniku stosowania układów nadążnych dla warunków klimatycznych Polski. Praca doktorska. Politechnika Poznańska, Poznań 2016.

## UNIVERSAL TESTING STAND FOR DEVICES FOR OBTAINING ENERGY FROM RENEWABLE SOURCES (RES)

### Summary

The article discusses the construction and use of a universal test stand for devices for obtaining energy from renewable sources, such as photovoltaic modules and wind turbines. In addition, the results of comparative studies of energy yield of photovoltaic generators were presented, in two different systems: stationary and following uniaxial, as well as the energy yield of the Savonius turbine generating set, part of an intelligent, solar-wind power plant.

**Keywords:** renewable energy, photovoltaic modules, small wind farms, uniaxial follow-up system, hybrid solar-wind power plant

ISBN 978-83-927505-2-9

### KOSZTY PRACY MASZYN LEŚNYCH

Książka adresowana jest przede wszystkim do prywatnych przedsiębiorców Leśnych, Służb Leśnych i pracowników technicznych w Nadleśnictwach, Dyrekcjach Regionalnych oraz Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych i ma na celu przedstawienie sposobu wyliczenia kosztów usług maszynowych wykonywanych w lasach.

Wydawca: Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych  
60-963 Poznań, ul. Starolecka 31  
tel. 061 87-12-200; fax 061 879-32-62;  
e-mail: office@pimr.poznan.pl; Internet: http://www.pimr.poznan.pl