

Stanisław Maleczek, Marcin Szczepaniak, Wojciech Malicki  
Wojskowy Instytut Techniki Inżynieryjnej (WITI), Wrocław

## HYBRYDOWY SYSTEM MAGAZYNOWANIA ENERGII PODWÓJNEGO ZASTOSOWANIA

### DUAL-USE HYBRID POWER STORAGE SYSTEM

**Streszczenie:** Uzależnienie współczesnych urządzeń wojskowych od energii elektrycznej powoduje, że ich skuteczność i niezawodność zależy w bardzo dużym stopniu od ciągłości dostarczania energii elektrycznej oraz jej jakości. W niniejszym artykule przedstawiono koncepcję wykonania systemu magazynowania energii dla zastosowań cywilnych i wojskowych. Omówiono budowę i przeznaczenie poszczególnych bloków systemu, a także zastosowanie filozofii „klocków” i gwiazdистой topologii układu połączeń. Nakreślono perspektywy dalszej realizacji projektu, jako bazy do przyszłej produkcji systemu.

**Abstract:** The dependence of modern military equipment on electricity makes their effectiveness and reliability depends very much on the continuity of electricity supply and its quality. This paper presents the concept of implementation of an energy storage system for civil and military applications. The construction and purpose of individual system blocks are discussed as well as the application of the philosophy of "bricks" and the star-shaped topology of the connection system. Perspectives for the further implementation of the project as a basis for the future production of the system were outlined.

**Słowa kluczowe:** ogniwa słoneczne, system magazynowania energii, fotowoltaika, hybrydowe źródło zasilania  
**Keywords:** solar cells, energy storage system, photovoltaic, hybrid of power source

### 1. Założenia wstępne

Rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną oraz konieczność jej przesyłu na duże odległości oraz związane z tym straty i zakłócenia wpływają na poszukiwanie nowych rozwiązań w energetyce. Rozwiązaniem, które wydaje się najbardziej racjonalne są odnawialne źródła energii (OZE), ekologiczne i przyjazne środowisku. Pozostaje oczywiście problem magazynowania energii, w tym przypadku możliwe jest wykorzystanie rozproszonych magazynów energii (ME). Magazyny te mogą występować wraz z systemami OZE, co wydaje się najbardziej korzystne.

Celem projektu jest zbudowanie i zbadanie prototypowej instalacji OZE, ME i systemów zarządzania sterujących pracą całego układu. Możliwe będzie zapoznanie się z aspektami technicznymi instalacji, charakterystyką jej pracy oraz zlokalizowanie ewentualnych problemów. Planuje się stworzenie magazynów energii bazujących na tzw. „rozwiązaniach hybrydowych”, łączących akumulatory kwasowe, litowo-jonowe, słonowodne i superkondensatory.

Prace projektowe zakładają wykonanie instalacji OZE opartej o moduły fotowoltaiczne (PV) [1] oraz turbiny wiatrowe (WT) [3]. Systemy

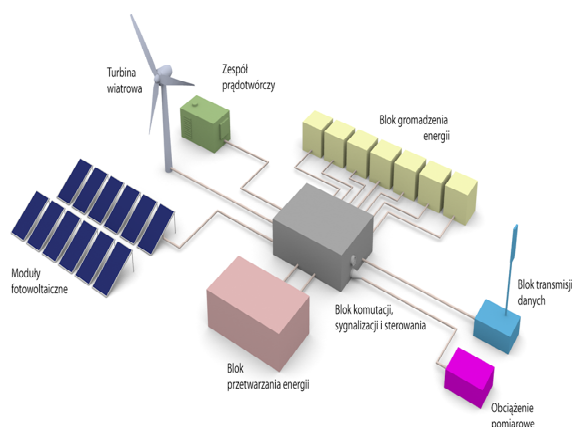
OZE będą generować prąd stały, który musi zostać przetworzony do napięcia sieci 230V prądu przemiennego jednofazowego. W tym celu do systemu dołączony będzie hybrydowy inwerter z funkcją regulatora ładowania przystosowany do pracy z ogniwami PV oraz WT. Zakłada się zbadanie pod względem elektrycznym poszczególnych modułów ogniw. Badania rozpoczną się pomiarami reprezentatywnej grupy ogniw, dla których określone zostaną takie parametry jak: zależność pojemności elektrycznej od prądu rozładowania, wartości chwilowych prądów szczytowych, prąd zwarcia, oporność wewnętrzna, skutków przeładowania/nadmiernego rozładowania, odporności pracy cyklicznej.

Proces przemiany światła słonecznego na energię elektryczną następujący w ogniwach fotowoltaicznych oraz konwersji energii wiatru na energię elektryczną w turbinach wiatrowych przy wykorzystaniu magazynów energii może umożliwić całkowite uniezależnienie się od dostępu do sieci energetycznej. Stwarza to możliwość zbudowania hybrydowego systemu zasilania, w miejscu bez żadnej infrastruktury energetycznej.

Celem projektu jest przedstawienie nowej koncepcji umożliwiającej budowę systemu hybrydowego „na miarę” w zależności od aktualnych potrzeb klienta, z możliwością rozbudowy bez konieczności wymiany dotychczasowego wyposażenia. Jednocześnie „proces projektowy” systemu dla konkretnych wymagań inwestora ma być prosty i intuicyjny.

## 2. Koncepcja wykorzystania systemu hybrydowego (HYBDUAL)

System Hybdual jest projektowany i wykonywany w filozofii „klocków”. Całość systemu jest podzielona na poszczególne funkcjonalne bloki. W zależności od przeznaczenia oraz docelowych parametrów potencjalny użytkownik określa ile i jakie bloki są niezbędne do wykonania instalacji. Podjęcie decyzji umożliwi specjalne oprogramowanie, które po wprowadzeniu danych obliczy ilość i parametry poszczególnych bloków. Jako napięcie szyny głównej po stronie DC przyjęto 48 V. Docelowo przy większych mocach przewiduje się ustalenie tego napięcia na poziomie 96 V. W realizowanym projekcie zakłada się, że bloki magazynów energii będą mogły zgromadzić po 5 kWh każdy, a falownik występujący w bloku przetwarzania energii będzie mógł pracować w trybach równoległym lub trójfazowym z identycznymi falownikami (blokami). System jest zestawiony w konfiguracji gwiazdистой, w której blok komutacji i sterowania jest centralnym punktem, do którego połączone są pozostałe bloki.

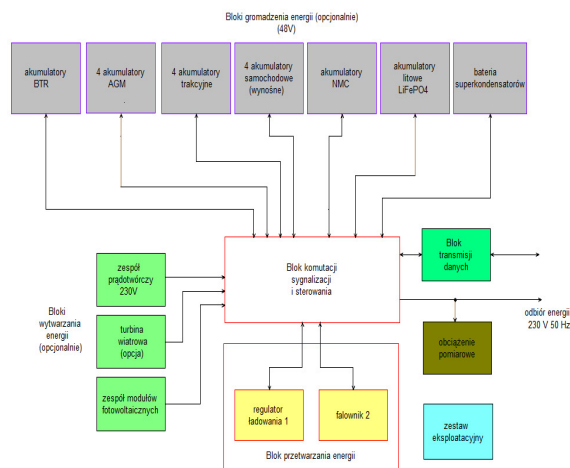


Rys. 1. Schemat koncepcji systemu HYBDUAL

Hybrydowy system (Hybdual) składa się z następujących bloków:

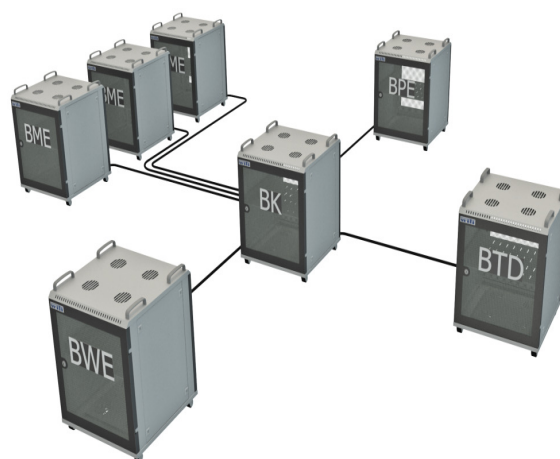
- blok wytwarzania energii (BWE),
- blok przetwarzania energii (BPE),

- blok gromadzenia (magazynu) energii (BME),
- blok komutacji i sterowania (BK),
- blok transmisji danych (BTD).



Rys. 2. Schemat blokowy systemu HYBDUAL

Gwiazdzista topologia upraszcza monitorowanie oraz sterowanie wszystkimi urządzeniami wchodzącymi w skład systemu, a wykorzystanie bloku transmisji danych umożliwia zarządzanie nimi zarówno lokalnie, jak i zdalnie. Po przeprowadzonych analizach pod względem funkcjonalnym oraz technicznym ustalono, że części składowe systemu zostaną zabudowane w znormalizowanych obudowach systemu „RACK”.



Rys. 3. Schemat połączeń bloków systemu HYBDUAL

## 3. Elementy składowe systemu hybrydowego (HYBDUAL)

Rozwiązanie do systemu Hybdual w wariantcie militarnym zawiera akumulatory kwasowe 12 V, 100 Ah w kilku typach (samochodowe,

trakcyjne, AGM). Możliwe będzie zastosowanie również akumulatorów zasadowych - pakiety zestawione z pojedynczych cel 1,2V, 100 Ah. Powyższe podyktowane jest specyfiką wymagań dla techniki wojskowej (odporność na przestrzelenie i ewentualny wybuch) oraz fakt, że akumulatory kwasowe i zasadowe są najbardziej rozpowszechnione w siłach zbrojnych. System może korzystać z różnych układów wytwarzania energii (BWE). Mając na względzie wcześniejsze uwarunkowania zastosowano polikrystaliczne moduły fotowoltaiczne o mocy 270 W oraz inwerterowy zespół prądotwórczy o mocy znamionowej 1 kW i napięciu 230 V AC. Zespół prądotwórczy będzie umieszczony w obudowie, jak pozostałe bloki, a moduły fotowoltaiczne (w wariantcie mobilnym) na rozkładanej ramie lub na gruncie.



Rys. 4. Projekt mobilnego bloku fotowoltaicznego



Rys. 5. Widok stacjonarnego zestawu modułów fotowoltaicznych (poligon badawczy WITI)

Blok przetwarzania energii (BPE) zawiera układ regulatora ładowania oraz hybrydowy falownik o mocy 5 kW, przystosowany do pracy autonomicznej (off grid) oraz w trybie prosumenckim (on grid).

W wersji militarnej system pracuje tylko w wersji autonomicznej. Mając na względzie wymagania środowiskowe wybrano wersję przystosowaną do pracy w temperaturze od  $-30^{\circ}\text{C}$ .

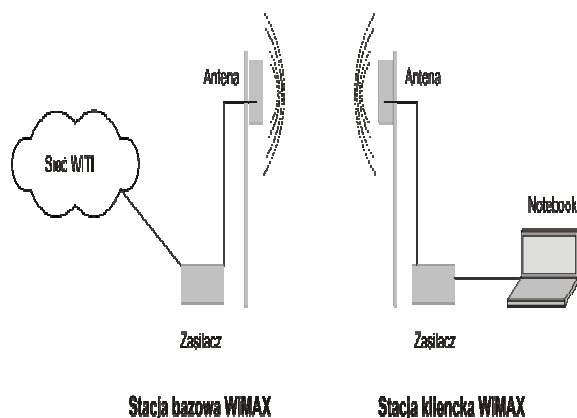
Zadaniem bloku przetwarzania energii jest zamiana prądu stałego powstałego w układzie fotowoltaicznym i zmagazynowanego w buforach energii, współpraca z siecią energetyczną oraz zespołem prądotwórczym, jak również zapewnianie właściwego ładowania i rozładowania akumulatorów.

W skład bloku komutacji i sterowania (BK) wchodzi zestawy złącz i kabli połączeniowych umożliwiających podłączenie wszystkich pozostałych bloków systemu. Znajduje się tam również centralny panel sterowania, wyposażony w szereg złącz sygnałowych. Sygnały sterowania oraz odbiór danych z systemu umożliwia blok transmisji danych (BTD). Zakłada się wykorzystanie różnych mediów transmisyjnych, w tym kanałów internetowych. Odległość w linii prostej pomiędzy poligonowym stanowiskiem badawczym, a instytutem wynosi ok. 10 km. Przesyłanie danych, w zależności od zasięgu, zbudowano w oparciu o szereg redundantnych kanałów transmisji danych:

- sieć LAN (Ethernet) – lokalne na stanowisku badawczym bezprzewodowe,
- sieć WiFi – zdalne sterowanie i monitoring,
- sieć GSM – zdalne zapasowe sterowanie i monitoring,
- sieć WiMAX – zdalne podstawowe do zastosowań militarnych.

Taka konfiguracja (dla rozwiązań cywilnych) zapewnia niezawodny monitoring i sterowanie całym systemem, a podłączenie do sieci Internet umożliwia pracę z dowolnego miejsca na świecie, również z wykorzystaniem smartfonów lub tabletów.

Sieć WiMAX zapewnia nie tylko bezpieczeństwo przesyłanych danych, ale także niezależność od infrastruktury dostawców Internetu.



Rys. 6. Schemat układu urządzeń dla standardu WiMAX



Rys. 7. Układy antenowe systemu WiMAX w WITI

#### 4. Podsumowanie

Hybrydowy system zasilania przeznaczony jest do budowy awaryjnego źródła zasilania, bądź utworzenia generatora prądu elektrycznego w miejscu nie posiadającym żadnej infrastruktury energetycznej.

Podstawowym odbiorcą tego typu rozwiązań w wersji militarnej mogą być Siły Zbrojne RP, a także instytucje takie jak: Policja, Straż Graniczna, Służby Ratownicze itp.

Zastosowanie baterii słonecznych w Wojsku Polskim daje możliwość korzystania z niewyczerpalnego źródła energii elektrycznej, jakim jest energia słoneczna szczególnie w obszarach o silnym nasłonecznieniu.

Ponieważ długotrwałe operacje militarne (również podczas misji zagranicznych) na otwartej przestrzeni niosą ryzyko zaniku zasilania urządzeń militarnych, uzasadnione jest wykorzystanie tego typu alternatywnych źródeł energii.

Oczekiwanym efektem projektu w WITI jest wytworzenie hybrydowego systemu zasilania (HYBDUAL) i przebadanie „magazynów energii” (wykonanych na bazie różnych akumulatorów) w rzeczywistych poligonowych warunkach eksploatacyjnych. Zakłada się zbadanie pod względem elektrycznym poszczególnych modułów ogniwi. Badania rozpoczną się pomiarami reprezentatywnej grupy ogniwi. Przeprowadzone zostanie również badanie współpracy systemu HYBDUAL z polową elektrownią słoneczną wykonaną w WITI w ramach innego projektu.



Rys. 8. Polowa elektrownia słoneczna

Przeprowadzone prace badawcze i konstrukcyjne mają stanowić podstawę do dalszych działań, których celem będzie przygotowanie przyszłej produkcji na bazie posiadanej technologii. Planowany popyt w dużej mierze będzie zdeteminowany przez uniwersalność systemu, jego skalowalność oraz stosunkowo łatwy montaż i użytkowanie.

#### 5. Literatura

[1]. Maleczek S., Zastosowanie baterii słonecznych w Siłach Zbrojnych RP, *Inżynieria Wojskowa – problemy i perspektywy*, WSOWL, Wrocław, 2008.

[2]. Maleczek St. J., Malicki W., Stoga D. Specjalne systemy fotowoltaiczne do zastosowania w siłach zbrojnych RP - realizacja wniosku rozwojowego, Elektronika-konstrukcje, technologie zastosowania, 2011/4.

[3]. Cebrat A. Maleczek St. J., Malicki W, Badanie pionowych turbin wiatrowych w aspekcie zastosowań militarnych; Logistyka- Nauka 6/2014.

#### **PODZIĘKOWANIA**

Powyższa praca jest finansowana z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu nr umowy POIR.04.01.02-00-0099/17-00