

WYKORZYSTANIE PRZEKSZTAŁTNIKÓW OPARTYCH NA TECHNICIE MIKROPROCESOROWEJ W BATRYJ- NYCH ZASOBNIKACH ENERGII TYPU BES

W referacie przedstawiono ogólną strukturę bateryjnego zasobnika energii typu BES – Battery Energy Storage, oraz opisano możliwość wykorzystania przekształtników opartych na technice mikroprocesorowej w modułowych zasobnikach energii typu BES.

1 WSTĘP

Uwarunkowania prawne dotyczące rozwoju zarówno energetyki krajowej jak i światowej wymuszają instalowanie w systemach energetycznych odnawialnych i niekonwencjonalnych źródeł energii elektrycznej. Bateryjne zasobniki energii typu BES (Battery Energy Storage), zaliczane do niekonwencjonalnych źródeł energii elektrycznej, znalazły już na świecie kilkanaście praktycznych realizacji [1]. W zależności od spełnianych funkcji w systemie podstawowe parametry BES-ów, jakimi są moc i energia tych urządzeń, mają moce od kilkudziesięciu kW do kilkudziesięciu MW i odpowiednio energię od kilkudziesięciu kWh do kilkudziesięciu MWh.

Taka rozpiętość parametrów bateryjnych zasobników energii powoduje, że w dotychczas budowanych bateryjnych zasobnikach energii typu BES najczęściej wykorzystywano trzy rodzaje układów przekształtników [2]:

- odwrotnie równoległe układy mostkowe, oparte na technologii tyrystorów konwencjonalnych SCR (Silicon Controlled Rectifier),
- przekształtniki oparte na tyrystorach wyłączalnych GTO (Gate Turn-Off),
- przekształtniki wykorzystujące technologię tranzystorów z izolowaną bramką IGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistors).

Zastosowanie zasobników energii elektrycznej w systemie elektroenergetycznym może przynieść zyski ekonomiczne zarówno dla spółek dystrybucyjnych jak i dla indywidualnych odbiorców. Są to zyski związane zarówno ze zmniejszeniem obciążeń szczytowych jak i poprawą jakości energii (poprawa poziomów napięć i likwidacja ewentualnych przeciążeń elementów sieciowych w szczycie obciążenia, zwiększenie niezawodności zasilania poprzez utrzymanie pewnej rezerwy mocy). Zastosowanie za-

¹ Politechnika Wrocławska, Instytut Energoelektryki, 50-370 Wrocław, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, tel. (071) 320 33 86, e-mail: kazimierz.herlender@pwr.wroc.pl, Również IASE Wrocław

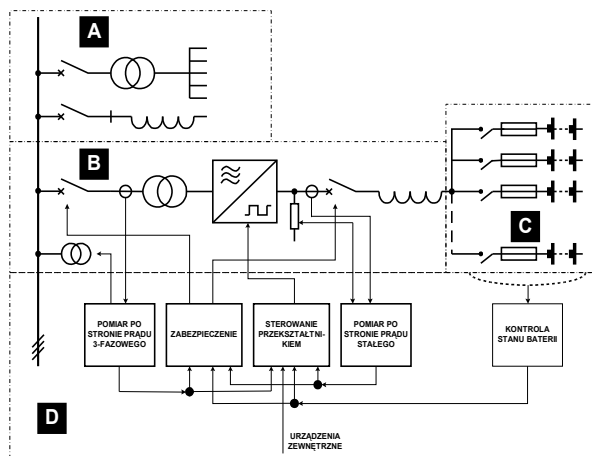
sobników w niektórych przypadkach może pozwolić na przesunięcie pewnych inwestycji w czasie.

W Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych IASE Wrocław od kilku lat prowadzone są prace związane z zastosowaniem bateryjnych zasobników energii do racjonalizacji zużycia energii elektrycznej przez odbiorców energii elektrycznej [3]. Prowadzone prace ukierunkowane są na wykorzystanie zasobników do wyrównywania dobowych krzywych obciążeń. Dąży się do tego aby zasobniki były w postaci modułowej, co umożliwiłoby ich łatwą instalację w wybranych węzłach elektroenergetycznej sieci rozdzielczej jak i łączenie po kilka modułów w jednym węźle w zależności od określonych wielkości optymalnych parametrów zasobnika w danym węźle sieci wyznaczonych na podstawie dobowej krzywej obciążenia charakterystycznej dla poszczególnych węzłów w tej sieci [4].

Sposób wyznaczania modułu BES opisano w pracy [5]. Parametry takiego modułu wynosiły 20 kW/ 30 kWh dla danych niemieckich i 20 kW/ 25 kWh dla danych polskich.

2 STRUKTURA BATERYJNEGO ZASOBNIKA ENERGII

Podstawowe elementy składowe bateryjnego zasobnika energii typu BES pokazano na rysunku 1 [1]



Rys.1. Podstawowe elementy składowe bateryjnego zasobnika energii typu BES

Przedstawiony na rysunku 1 bateryjny zasobnik energii charakteryzuje się budową modułową. Do podstawowych modułów zalicza się:

- A – blok zasilania pomocniczego, filtr prądu 3-fazowego (jeśli jest wymagany) oraz miejsce do ewentualnego podłączenia urządzeń obsługi,
- B – transformator, nastawnik mocy z aktywnym układem przekaźnikowym,
- C – bateria akumulatorów jako pasywny element magazynujący energię elektryczną,
- D – blok sygnałowy, układ kontroli i sterowania.

Parametry baterii oraz układu przekształtnikowego muszą być dobrane bardzo dokładnie, tak aby zbudowany zasobnik był w stanie magazynować i oddawać wymaganą ilość energii elektrycznej w sposób określony przez realizowaną funkcję.

Zastosowanie nowoczesnych układów sterowania i zabezpieczeń pozwala stworzyć urządzenie spełniające wysokie kryteria niezawodności jakie są stawiane układom do poprawy jakości energii.

3 PRZEKSZTAŁTNIKI OPARTE NA TECHNOLOGII TRANZYSTORÓW Z IZOLOWANĄ BRAMKĄ

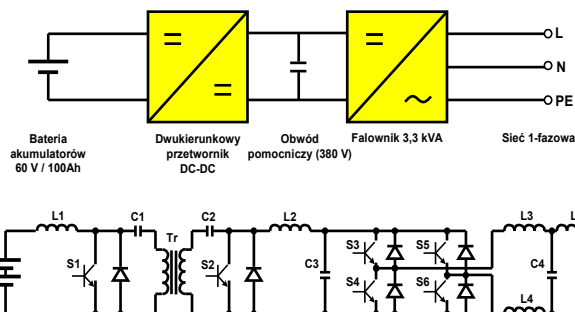
W ostatnich latach na rynku pojawiła się grupa przekształtników wykorzystujących w pełni sterowane półprzewodnikowe przyrządy mocy oparte na technice mikroprocesorowej. W układach takich sterowaniem przełączeniami zaworów zajmuje się odpowiednie oprogramowanie. Program, który określa funkcje układu energoelektronicznego, w dużo mniejszym stopniu zależy od sposobu realizacji sprzętowej. Sterowanie odbywa się zazwyczaj przez zmianę kąta fazowego sygnału lub modulację szerokości impulsów (MSI, ang. PWM). Do realizacji systemu mikroprocesorowego można zastosować:

- mikroprocesor uniwersalny lub mikrokontroler,
- cyfrowy procesor sygnałowy (DSP),
- układy wieloprocessorowe.

Przykładem takiego układu opartego na technice mikroprocesorowej może być przekształtnik Sunny Island [6]. Jest on oparty na systemie dwuprocessorowym (dwa procesory sygnałowe DSP) oraz idei specjalnego, elektronicznego przełącznika mocy. Nominalna moc przekształtnika to 3,3 kW. Sunny Island stworzony został przez firmę SMA i jest główną częścią składową systemu zasilania stworzonego dla potrzeb małych odbiorców, którzy mieszkają daleko od publicznej sieci elektroenergetycznej, a moce zainstalowanych odbiorów mieszczą się w granicach od 2 do 30 kW.

Nowoczesny, dwukierunkowy zestaw przekształtników Sunny Island jest głównym elementem modułowego systemu zasilania energią elektryczną odbiorców w warunkach wydzielonego systemu elektroenergetycznego. Sieć elektryczna bazująca na przekształtnikach Sunny Island jest łatwa do zaprojektowania, wykonania i jest bardzo elastyczna w przypadku rozbudowy. Możliwość podłączenia różnych urządzeń po stronie napięcia przemiennego jest jedną z najważniejszych cech systemu.

Przekształtniki Sunny Island sterują ładowaniem i rozładowaniem baterii w zależności od temperatury, aktualnego poziomu napięcia i okresowej sumy cykli ładowania. Dodatkowo mogą być kontrolowane różne inne cechy, charakterystyczne dla zastosowanego typu baterii. Pozwala to na pełne ładowanie baterii w regularnych odstępach czasu oraz na przystosowanie metody ładowania do określonego typu baterii, a także warunkuje ich użycie. Układ kontroli przekształtnika Sunny Island dodatkowo oblicza i pokazuje stopień rozładowania baterii. Na rysunku 2 przedstawiono schemat obwodu głównego przekształtnika Sunny Island [6].



Rys.2. Schemat obwodu głównego, przekształtnika Sunny Island

Dostosowanie napięcia z baterii do napięcia sieci jest zrealizowane za pomocą dwukierunkowego przetwornika, działającego na zasadzie przekształtnika DC/DC zrealizowanego poprzez zastosowanie transformatora wysokiej częstotliwości, który jest jednocześnie urządzeniem zapewniającym separację galwaniczną. Dwukierunkowy przetwornik przekształca napięcie z baterii akumulatorów na obwód regulowanego napięcia 400 V. W zależności od ilości ogniw i stopnia rozładowania baterii, napięcie może zawierać się w granicach od 40 do 80 V. Transformator wysokiej częstotliwości zapewnia separację elektryczną pomiędzy baterią akumulatorów, a siecią elektroenergetyczną. Z powodu zastosowania wysokiej częstotliwości rzędu 16,6 kHz, użyty transformator jest znacznie lżejszy i mniejszy niż analogiczny transformator pracujący z częstotliwością 50 Hz.

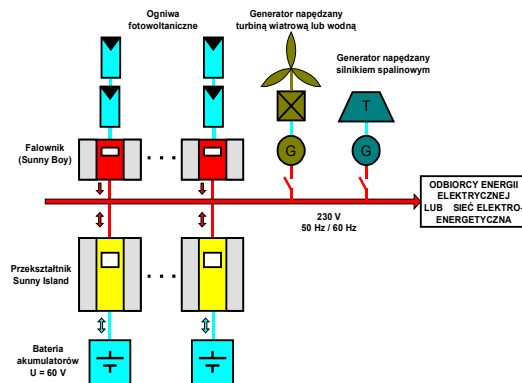
Napięcie wyjściowe z przekształtnika ma kształt zupełnie sinusoidalny dzięki zastosowaniu bardzo szybkiego procesora sygnałowego DSP. Pozwala on na uzyskanie optymalnego kształtu fali napięcia i prądu (tryb kontroli napięcia), a także na równoległe podłączanie kilku przekształtników Sunny Island w celu zwiększenia mocy systemu oraz budowanie układu 3-fazowego.

Dla zwiększenia elastyczności układu zastosowany został oddzielny procesor służący do obsługi systemu zarządzania i kontroli, zabieg ten służy zwiększeniu wydajności i szybkości systemu. System sterowania utrzymuje kontrolę nad bateriami, umożliwia ograniczoną kontrolę procesu ładowania oraz zapewnia interfejsy komunikacyjne dla dodatkowych systemów sterujących.

Układ 1-fazowy

Prosty system 1-fazowy może być zbudowany z jednego przekształtnika Sunny Island oraz baterii akumulatorów ołowiowo-kwasowych. Regulacja obciążenia jest wówczas zintegrowana z systemem kontroli konwertera. Do jednej fazy mogą być podłączone trzy jednostki Sunny Island (Rys. 3.) co daje rozszerzenie mocy wyjściowej do ok. 10 kW. Trzy oddzielne baterie Sunny Island pozwalają stworzyć układ 3-fazowej sieci elektrycznej.

Do tak zbudowanego, wydzielonego systemu elektroenergetycznego mogą być podłączone oprócz ogniw fotowoltaicznych, generatory wodne i wiatrowe. Dodatkowo podłączenie do systemu generatora elektrycznego napędzanego silnikiem spalinowym np. silnikiem diesla, znacznie zwiększa niezawodność dostawy energii elektrycznej do instalacji. Generator taki jest wykorzystywany jako rezerwowe źródło zasilania.

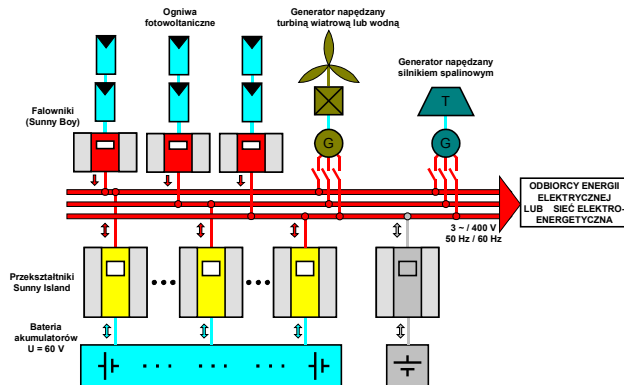


Rys.3. Schemat 1-fazowej sieci energetycznej opartej na przetworniku Sunny Island [6]

Sunny Island może być równolegle podłączony do sieci elektroenergetycznej w miejscach gdzie niezawodność dostawy energii elektrycznej nie jest wystarczająca. Urządzenie działa wówczas jako rezerwowe źródło zasilania w przypadku gdy istniejący system energetyczny zawodzi.

Układ 3-fazowy

Najmniejszy układ 3-fazowy o mocy znamionowej 10 kW składa się z trzech przetworników Sunny Island o mocy wyjściowej 3,3 kW każdy (Rys. 4.). Sunny Island są synchronizowane przez interfejs RS 485. Połączenie to umożliwia również przesyłanie wszystkich istotnych danych pomiędzy przetwornikami.



Rys. 4. Schemat 3-fazowej sieci energetycznej opartej na przetworniku Sunny Island [6]

Całość dziewięciu konwerterów Sunny Island może razem tworzyć 3-fazową sieć elektroenergetyczną o całkowitej mocy 30 kW. Bateria akumulatorów może być konfigurowana dowolnie, do jednego przetwornika może być podłączona jedna lub kilka zestawów baterii. Zalecana konfiguracja takiego 3-fazowego systemu to podłączenie wszystkich konwerterów Sunny Island do jednej, wspólnej baterii akumulatorów. Uzyskiwana całkowita moc z układu 9 przetworników Sunny Island odpowiada

wielkościom wyznaczonych modułów zasobników zarówno dla warunków niemieckich jak i polskich [5].

4 PODSUMOWANIE

W przekształtnikach najnowszej generacji zastąpiono sprzętowe układy sterowania zaworami, systemami mikroprocesorowymi. Systemy te wykorzystując odpowiednie oprogramowanie, kierują nie tylko pracą łączników, ale mogą również realizować procesy regulacyjne (np. układy ze sprzężeniem zwrotnym) oraz szereg innych algorytmów, które były trudne do wykonania w technice analogowej. Przykładem może być rodzina przekształtników Sunny Island firmy SMA Regelsysteme GmbH, przeznaczonych do współpracy z ogniwami fotowoltaicznymi, elektrowniami wiatrowymi czy generatorami diesla. Są to konwertery oparte na technologii tranzystorów z izolowaną bramką IGBT.

Obecnie największym problemem w bateryjnych zasobnikach energii typu BES wykorzystujących układy z tranzystorami IGBT jest to, iż przyrządy te nie uzyskują jeszcze tak wysokich mocy jak np. układy z tyrystorami konwencjonalnymi lub tyrystorami wyłączalnymi GTO. Jednak jak wykazano w referacie mają wystarczające dobre parametry do zastosowania w modułowych zasobnikach energii, które mogłyby być wykorzystywane do wyrównywania krzywych obciążeń w węzłach sieci rozdzielczych.

5.LITERATURA

1. Praca zbiorowa pod redakcją Haubrich H.-J., *Batterie-Energiespeicher in der Elektrizitätsversorgung – Kompendium*, Verlag Mainz, Aachen 1996
2. Herlender K., *Układy przekształtników wykorzystywanych w bateryjnych zasobnikach energii typu BES*, Materiały Konferencyjne, XII Międzynarodowej Konferencji Naukowej: Aktualne Problemy w Energetyce APE'05, Gdańsk-Jurata, czerwiec 2005
3. Herlender K., Stawski P., Harasimowicz L., *Analiza możliwości zastosowania bateryjnych zasobników energii typu BES do racjonalizacji zużycia energii elektrycznej przez odbiorców indywidualnych*, Opracowanie wewnętrzne IASE Wrocław, nr 865, Wrocław 2002
4. Herlender K., Stawski P., Harasimowicz L., *Współpraca bateryjnych zasobników energii z siecią elektroenergetyczną*, Elektroinfo, (2003), nr.7
5. Styczyński Z., Herlender K., Dominik H., *Determination of a Battery Energy Storage Module Size for Distribution Network*, Materiały Konferencyjne EESAT'98 Conference, Chester, June 1998
6. Cochur T., *Zasady współpracy bateryjnych zasobników energii z siecią elektroenergetyczną*, Magisterska praca dyplomowa, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2003