

Piotr BICZEL¹

MODELOWANIE ŹRÓDEŁ W MIKROSIECI I OGRANICZENIA ELEKTROWNIANE

W artykule przedstawiam sposób modelowania wybranych źródeł energii, które moim zdaniem będą miały zastosowanie w mikrosieciach. Modele muszą odzwierciedlić wszystkie cechy elektrowni i ich ograniczenia. Musi być też możliwe wprowadzenie cech związanych ze sterowaniem źródłami. Można tu wyróżnić dwa podstawowe problemy – modelowanie przekształtników energii i modelowanie przetwornic energoelektronicznych. Należy zaznaczyć, że omawiane elektrownie są w zasadzie urządzeniami elektronicznymi. Modele mają za zadanie pozwolić zbadać proponowane algorytmy sterowania oraz wykazać, że przy założonych profilach nasłonecznienia czy wietrzności odbiorcy będą cały czas zasilani wg podpisanych umów. Zagadnienie zilustrowałem modelem elektrowni z ogniwnem paliwowym.

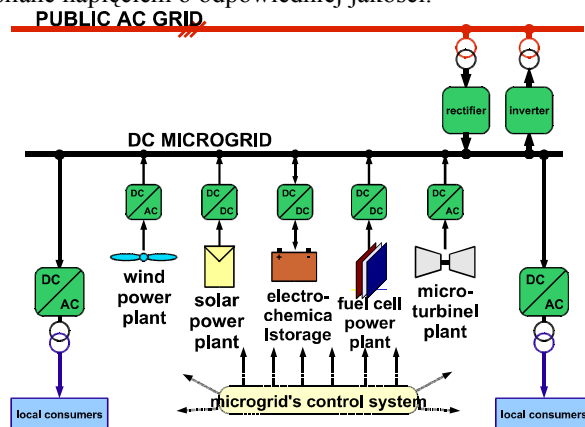
1 WPROWADZENIE

Zadanie integracji źródeł odnawialnych z systematami energetycznymi angażuje wiele zespołów badawczych na całym świecie. Znane wady elektrowni wiatrowych czy słonecznych próbuje się usuwać stosując wytwarzanie hybrydowe [paska]. Rozwinięciem tej idei są mikrosieci, czyli zrównoważone układy elektrownie-odbiorcy. Mikrosieć jest niewielkim systemem elektroenergetyczny. Muszą być więc tu spełnione wszystkie wymagania związane z równoważeniem mocy, stabilnością napięcia i częstotliwości.

Rozwijana przez autora koncepcja mikrosieci prądu stałego jest rozwinięciem ogólnej koncepcji mikrosieci. Zastosowanie linii prądu stałego w miejsce prądu przemiennego pozwala na wiele uproszczeń [borka]. Schemat ideowy tej mikrosieci jest przedstawiony na rys. 1. Można zauważyć że w układzie nie ma żadnych elementów transformujących energię i regulujących napięcie pomiędzy elektrowniami i a odbiorami (z wyjątkiem falowników). Z tego powodu za regulację napięcia w linii odpowiadają głównie elektrownie. Jednak w wypadku zastosowania falowników, granice dopuszczalnych zmian napięcia w linii mikrosieci mogą być szersze niż w normalnych sieciach rozdzielczych (wg normy 50160).

¹ Politechnika Warszawska, Instytut Elektroenergetyki, 00-662 Warszawa, ul. Koszykowa 75, tel. +48 22 234 7366, biczel@ee.pw.edu.pl

Z wyżej wymienionych powodów w procesie projektowania modelowanie źródeł ma szczególne znaczenie. Pozwala zawczasu skorygować projekt źródeł lub mikrosieci, aby odbiory były zasilane napięciem o odpowiedniej jakości.



Rys. 1. Mikrosieć prądu stałego

2 ZAŁOŻENIA MODELU ELEKTROWNI

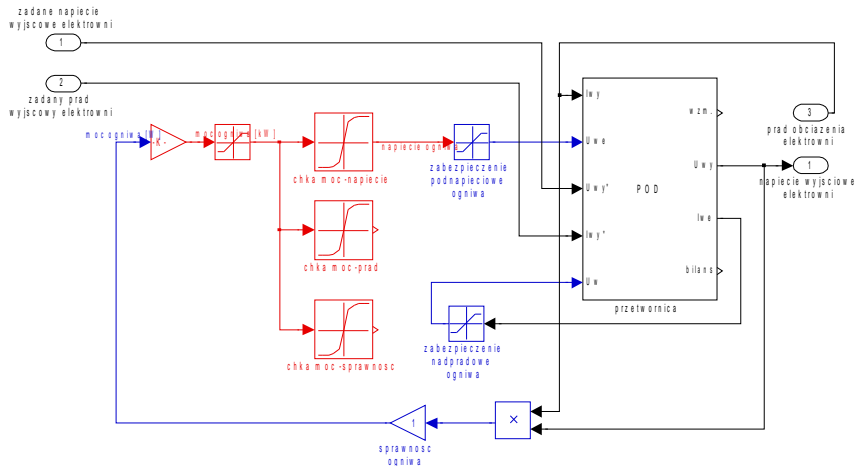
Celem omawianego modelowania jest badanie bilansu energii w mikrosieci w warunkach zmiennego obciążenia oraz zewnętrznych czynników wpływających na wytwarzanie (np., nasłonecznienie, wietrzność). Oprócz tego modele muszą umożliwiać testowanie procedur sterowania mikrosiecią i poszczególnymi źródłami. Struktura modelu elektrowni musi uwzględniać ograniczenia elektrowniane charakterystyczne dla każdego rodzaju elektrowni. Model musi się zatem składać z takich elementów jak: model przetwornika energii pierwotnej na prąd elektryczny, model przekształtników energoelektronicznych, układów sterowania, interfejsu z układem nadrzędnym sterowania mikrosieci. Należy tu nadmienić, że w wymaganym zakresie wystarczy odzwierciedlić zewnętrzne charakterystyki tych urządzeń i uproszczone zależności dynamiczne. Nie należy dokładnie modelować procesów fizycznych [ppee]. Prowadzi to zwykle do znacznego skomplikowania układu a nie wnosi nic istotnego do rozważań. Dynamika modelu musi uwzględniać zmiany parametrów w skali długoterminowej (godziny, dni). Zjawiska zachodzące w skali milisekund nie są tu istotne.

Do tych celów szczególnie nadaje się model ogólny układów generacji rozproszonej zaproponowany w [styczynski]. Zakład się tu przedstawienie dowolnego urządzenia generacji rozproszonej w postaci warstw. Warstwa pierwsza, fizyczna, zawiera model fizyczny urządzenia. Druga to model wewnętrzny – model fizyczny uzupełniony o wewnętrzne zależności i ograniczenia układu. Warstwa zewnętrzna zawiera wszelkie połączenia zewnętrzne obiektu – przyłącze, połączenia informatyczne i model zależności elektrycznych.

Na potrzeby swoich badań przygotowałem modele elektrowni z ogniwami paliwowymi, słonecznej, wiatrowej i agregatu prądotwórczego. Z braku miejsca przedstawiam tu dla przykładu model elektrowni z ogniwami paliwowymi typu PEM.

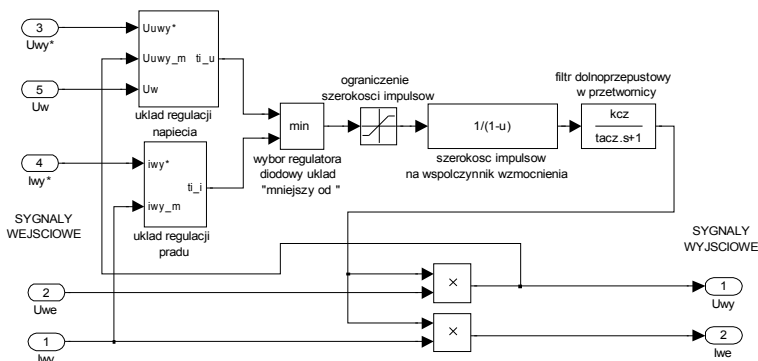
3 ELEKTROWNIA Z OGNIWAMI PALIOWYMI

Elektrownia z ogniwami paliwowymi typu PEM składa się ze stosów ogniw paliwowych, przetwornicy DC/DC, układu sterowania z interfejsem zewnętrznym i układu zasilania potrzeb własnych. W warstwie modelu fizycznego znajduje się opis ogniwa paliwowego. Został on uproszczony do charakterystyki prądowo-napięciowej i członu inercyjnego realizującego opóźnioną reakcję na zmianę obciążenia. Opóźnienie to jest niewielkie (rzędu setek mikrosekund) i w wypadku wyjątkowo długich symulacji układ może być uznany za bezinercyjny. W warstwie wewnętrznej znajdują się modele zabezpieczeń ogniwa i ograniczenia elektrowniane oraz zasilanie potrzeb własnych. Układ sterowania oraz uproszczony model przekształtnika DC/DC znajdują się w warstwie interfejsu zewnętrznego razem z układem komunikacji ze sterownikiem nadrzędnym i przyłączem. Widok modelu jest przedstawiony na rys. 2.



Rys. 2. Model elektrowni z ogniwem paliwowym w Matlabie

Bloki zabezpieczeń wprowadzają do modelu ograniczenia ogniwa paliwowego, które w elektrowniach są zaimplementowane w przetwornicy energoelektronicznej i służą ochronie stosu przed zniszczeniem.



Rys. 3. Model przetwornicy energoelektronicznej

Przetwornica energoelektroniczna (rys. 3) jest tu zamodelowana jako regulowane wzmocnienie. Własności dynamiczne są przybliżone członem inercyjnym. Z punktu widzenia mikrosieci o własnościach dynamicznych elektrowni decyduje głównie filtr wyjściowy przetwornicy. Wynika to z tego, że ma on największą stałą czasową. Przy niektórych innych układach może jeszcze mieć znaczenie stała czasowa regulatora.

4 PODSUMOWANIE

Przedstawiony sposób modelowania pozwala na uzyskanie stosunkowo prostych modeli elektrowni, które jednak wystarczająco dokładnie odzwierciedlają podstawowe własności ruchowe elektrowni. Dzięki temu uzyskuje się możliwość badania zachowania się wielu różnych elektrowni pracujących wspólnie. Kolejnym krokiem jest przygotowanie modeli sieci i obciążenia. W sumie dążę wraz z zespołem do przygotowania całościowego narzędzia do projektowania i badania układów mikrosieci i hybrydowych systemów wytwarzania prądu stałego.

5 LITERATURA

1. Biczel P., Michalski Ł.: *Przekształtniki energoelektroniczne w systemach energetycznych - modelowanie*. XII Sympozjum "Podstawowe Problemy Energoelektroniki, Elektromechaniki i Mechatroniki - PPEEm`2007", Wisła, 9-12.12.2007, ISBN 978-83-922242-3-5, str. 89-94.
2. Borka J., Horvath M.: *The Advantage and Problem Sphere of Low-Voltage DC Energy Distribution*. IEEE ISIE 2005, June 20-23, 2005, Dubrovnik, Croatia
3. Handschin E., Styczynski Z., (edit.) (2004) *Power System Application of the Modern Battery Storage*. Magdeburg Forum zur Elektrotechnik, Otto-von-Guericke-Universitaet Magdeburg, Magdeburg 2004
4. Paska J., Biczel P., Kłós M.: *Experience with Hybrid Power Generating Systems*. 8th International Conference Electrical Power Quality and Utilization EPQU'05. Cracow, Poland 21-23.09.2005 EPQU'05

MICROGRID'S POWER STATION MODELING AND THE PLANTS' OPERATIONAL LIMITATIONS

The paper describes power station modeling for microgrids. Models are created according to the method described in [3]. The main aim of the modeling is to predict sources behavior. Because changes in generation and load have huge time constants in comparison to fuel cells and power electronic converters, models can be assumed as static. From the other hand sources' limitations need to be implemented accurately. The Matlab model of the fuel cell power plant is presented as an example.