

Piotr BICZEL<sup>1</sup>  
Łukasz MICHALSKI<sup>2</sup>

## ALGORYTM DOBORU MOCY ŹRÓDEŁ, W MIKROSIECI

*Impulsem do napisania tego artykułu są prace, jakimi autor zajmuje się podczas tworzenia swojej pracy doktorskiej. Jej zadaniem jest między innymi zbudowanie i przebadanie rzeczywistej mikrosieci. Istotnym elementem jest właściwe dobranie wszystkich jej elementów. W artykule tym przedstawione są różne metody dobierania parametrów źródeł do przewidzianych obciążeń w danej mikrosieci. Przedstawione zostały przyczyny stosowania takich a nie innych metod dobierania wspomnianych parametrów. Autor przedstawił również metody, jakimi sam posługuje się w doborze parametrów urządzeń budowanej mikrosieci szczególnie, iż zasada ich doboru jest odmienna od prezentowanych przez projektantów.*

### 1 DZIAŁANIA POCZĄTKOWE

Mikrosieć charakteryzuje się tym, że w jej obrębie są zebrane zarówno wszystkie odbiory jak i źródła zasilania, które powinny zapewnić produkcję energii wystarczającą do pokrycie zapotrzebowania. Gdy dostarczane napięcie od operatora nie spełnia wymagań jakościowych, jednym z możliwych rozwiązań jest zastosowanie lokalnych mikrosieci, które mają za zadanie utrzymanie zasilania odbiorów tej mikrosieci.

Aby przystąpić do projektowania mikrosieci niezbędne jest przeprowadzenie badań, związanych z zapotrzebowaniem na energię oraz badań meteorologicznych. Badania te mają nam powiedzieć z jakim nasłonecznieniem mamy doczynienia w danym rejonie. Sprawdzamy również wietrzność. Badania te pozwolą nam określić, jakiego rodzaju źródła możemy w takiej mikrosieci projektować i jaka jest możliwość zapewnienia im ciągłości działania.

Ważnym elementem jest również określenie rodzaju odbiorów występujących w mikrosieci. Głównie chodzi tu o określenie czy w danym rejonie występują jedynie gospodarstwa domowe, czy też mamy doczynienia z dużą ilością zakładów produkcyjnych. Niezbędna jest wiedza o wartościach maksymalnej, minimalnej i średniej obciążenia oraz jego zmienności w czasie.

---

<sup>1</sup> Politechnika Warszawska, Instytut Elektroenergetyki, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel. (022) 234 56 13, fax. (022) 234 50 73, e-mail: biczel@ee.pw.edu.pl

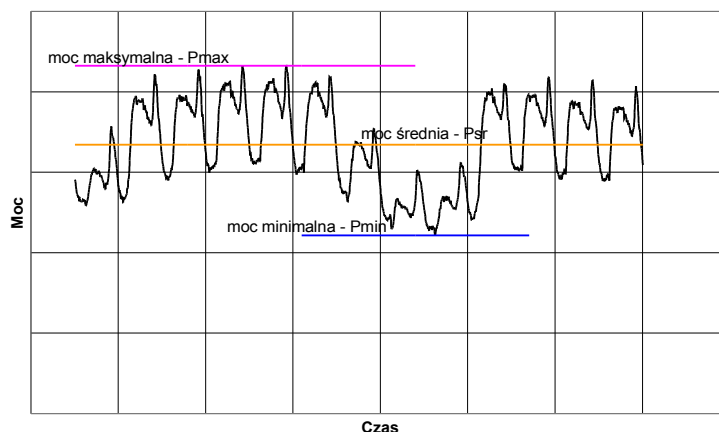
<sup>2</sup> Politechnika Warszawska, Instytut Elektroenergetyki, ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa, tel. (022) 234 56 13, fax. (022) 234 50 73, e-mail: michalsl@ee.pw.edu.pl

## 2 DOBÓR ŹRÓDEŁ ENERGII

Głównymi źródłami zasilania w mikrosieciach powinny być elektrownie wykorzystujące odnawialne źródła energii. Najczęściej stosowane i wykorzystywane są elektrownie wiatrowe i słoneczne. Elektrownie te charakteryzują się dużą zmiennością produkcji o losowym charakterze. Nierównomierność wiatru może powodować gwałtowne wyłączenia i załączenia elektrowni wiatrowej. Trudne jest wtedy takie sterowanie źródłami zasilania by w sposób natychmiastowy zapewnić dostarczenie ilości energii jaką dawała odstawiona turbina wiatrowa. W wypadku zastosowania zespołu kilku mniejszych turbin wiatrowych, rozstawionych na większym obszarze terenu, zmiany produkcji będą wolniejsze. Da to możliwość łatwiejszego i szybszego uzupełnienia braku energii ze źródła, które w danej chwili jest niedociążone. Podobne własności ma elektrownia wiatrowa, choć tu dynamika zjawiska jest mniejsza, co stwarza mniej problemów.

Stabilnymi źródłami zasilania w mikrosieciach są agregaty prądotwórcze i ogniwa paliwowe. Źródła te różnią się od omówionych wcześniej tym, że do ich pracy niezbędne jest dostarczenie paliwa. Dlatego też, aby właściwie dobrać moce urządzeń wytwórczych, a więc by energia przez nie produkowana była jak najtańsza, musimy uwzględnić nie tylko moce zainstalowanych odbiorów, ale również sprawności urządzeń wytwórczych. Są one oczywiście wykorzystywane w przypadku, gdy ani elektrownie słoneczna i wiatrowa nie generują energii lub energii jest zbyt mało.

Jak już wspomniałem wcześniej, do doboru źródeł niezbędne jest przeprowadzenie badań. Mogą to być pomiary pobieranej mocy w układzie przez odbiory w okresie pełnego roku kalendarzowego. Często jest to trudne do zrealizowania pod względem praktycznym, to też możliwe jest odniesienie się do danych handlowych. Podstawowym parametrem jest tu moc przyłączeniowa określona dla każdego gospodarstwa domowego, lub też zakładu produkcyjnego w umowach przyłączeniowych. Problemem tu niestety jest fakt, iż często moc chwilowa może być momentami wyższa od mocy przyłączeniowej. Można to zobrazować za pomocą oscylogramu przedstawiającego zmierzony profil obciążenia (rys. 1).



Rys. 1. Przykładowy profil obciążenia

Naniesione są na nim zarówno moce maksymalne i minimalne, jak i moc średnia. Aby zachować stabilną pracę całego zespołu niezbędne jest zastosowanie zasobnika energii. Zadaniem zasobnika będzie magazynowanie energii w okresach nadprodukcji i oddawać do układu energię zmagazynowaną, gdy moc generowana jest niższa od zapotrzebowania. Ważne jest również, że niedowymiarowanie źródeł i zasobnika może skutkować niewydolnością mikrosieci w szczycie obciążenia, natomiast ich przewymiarowanie może skutkować nieekonomiczną pracą.

W większości budowanych mikrosieci podstawowymi źródłami zasilania są: elektrownia wiatrowa i słoneczne – źródła o nie sterowanej i nie przewidywanej mocy oraz ogniwa paliwowe i agregaty prądotwórcze – sterowane o przewidywalnej mocy wytwórczej.

Dobierając moce poszczególnych urządzeń posługujemy się ich charakterystykami sprawności w funkcji stopnia obciążenia. Analizując sprawność agregatu prądotwórczego wynika że jego moc powinna być dobrana na noc minimalną mikrosieci, lub tak aby moc minimalna stanowiła około 50% mocy znamionowej agregatu. Dzięki temu agregat będzie pracował w zakresie najwyższych sprawności, a więc koszty wytwarzania energii będzie najniższy. Braki mocy natomiast możemy uzupełniać elektrownią z ogniwem paliwowym. Ma ono taką cechę, że maksymalna jego sprawność występuje w zakresie 10% obciążenia znamionowego. Wynika z tego, że odpowiednie dobranie mocy tych dwóch źródeł może zapewnić ich pracę w najwyższej sprawności a zarazem pokryć zapotrzebowanie na moc średnią. Zależnościami opisującymi dobór tych dwóch źródeł są:

Moc osiągalna agregatu prądotwórczego powinna wynosić:

$$P_{\text{Agregatu}} = 35\% - 100\% P_{\text{sr}} \quad (1)$$

Moc ogniwa paliwowego powinna wynosić:

$$P_{\text{Ogniwa}} = P_{\text{sr}} - P_{\text{Agregatu}} \quad (2)$$

W przypadku elektrowni słonecznych i wiatrowych moc zainstalowana powinna być dobrana na moc zainstalowaną innych źródeł. Moce znamionowe elektrowni słonecznych i wiatrowych są dane przy ściśle określonych warunkach atmosferycznych. Można więc zakładać, iż moc znamionowa tych elektrowni w naszych warunkach jest nieosiągalna. Aby jednak uzyskać daną moc musimy te elektrownie przewymiarować.

Przy doborze zasobników energii musimy się kierować tym, że będą występowały momenty, kiedy moc wygenerowana będzie znacznie przekraczała moc możliwą do przejścia przez odbiory. Cała taka nadwyżka musi być zmagazynowana w zasobnikach. Każdy zasobnik powinien być ładowany nadwyżką energii, a więc:

$$P_{\text{Magazynowana w zasobniku}} = P_{\text{Wygenerowana}} - P_{\text{Obciążciąż}} \quad (3)$$

Wynika z tego, iż zasobniki będą magazynowały głównie energię wygenerowaną w odnawialnych źródłach energii. W pewnych przypadkach można zaplanować takie przewymiarowanie zasobników, by zarówno elektrownie wiatrowe jak i elektrownie słoneczne pracowały na pełną możliwą moc. Zasobnik służy również do rozruchu mikrosieci. Jak wiemy start jakiegokolwiek źródła wymaga pewnej zwłoki czasowej. Występuje to zarówno w przypadku agregatu prądotwórczego, turbiny wiatrowej i ogniwa paliwowego.

Analizując artykuły umieszczone w zbiorach IEEE autor odnalazł opis algorytmu doboru źródeł w przypadku mikro sieci przygotowanej przez projektantów z Kanady. Metoda ta polegała na maksymalnym wykorzystaniu energii generowanej przez baterie słoneczne. Pozostałe urządzenia pracują jako układy uzupełniające. Celem jest wygenerowanie takiej ilości energii, by pokryć wraz z elektrownią słoneczną całkowite zapotrzebowanie na energię elektryczną wszystkich odbiorów danej mikro sieci. Jest to słuszne podejście, ponieważ energia generowana przez elektrownię słoneczną (lub wiatrową) jest tania, natomiast do pracy ogniwa paliwowego i agregatu musimy dostarczyć paliwo.

W przypadku mikro sieci budowanej przez autora, wszystkie źródła zasilania są już określone. Zasada wykorzystana do pracy tej mikro sieci jest jedna: jak najniższy koszt produkowanej energii. Wszystkie algorytmy pracy urządzeń oraz ich obciążenia będą dobrane tak, by ich sprawności były jak największe, a produkowana energia – jak najtańsza.

### 3 PODSUMOWANIE

Na podstawie zdobytych informacji, autor stwierdził, iż większość mikro sieci projektowana była według zasad opisanych w powyższym artykule. We wszystkich przypadkach istotne było obniżenie kosztu produkcji energii, a więc takie dobranie elektrowni by pracowały przy najwyższej sprawności. Zasady, jakimi projektanci posługiwali się przy doborze urządzeń swoich mikro sieci, autor wykorzystuje w przypadku konstruowania własnej. Niestety fakt, że każda mikro sieć jest inna powoduje, iż zasady stosowane w obu przypadkach są podobne, jednak w szczegółach różnią się. Słuszność metody autora zostanie potwierdzona badaniami symulacyjnymi i pomiarami, które obecnie autor przygotowuje.

### 4 LITERATURA

1. Shahirinia A. H., Tafreshi S. M. M., Hajizadeh Gastaj A., Moghaddamjoo A. R.: *Optimal sizing of hybrid power system using genetic algorithm*, IEEE.
2. Senjyu T., Hayashi D., Urasaki N., Funabashi T.: *Optimum configuration for renewable generating systems in residence using genetic algorithm*, IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 21, no. 2, June 2006.
3. Handschin E.: *The distribution capability of low-voltage networks with decentralized energy conversion systems*, IEEE Porto Power Tech Conference 10<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> September, Porto, Portugal, 2001.
4. Zoka Y., Sasaki H., Kubokawa J., Yokoyama R., Tanaka H.: *An optimal deployment of fuel cells in distribution systems by using genetic algorithms*, IEEE, pp. 479 – 484 ,1995.