

Piotr BICZEL¹
Łukasz MOLIK²

FUNKCJE CELU STOSOWANE DO ZARZĄDZANIA ŹRÓDŁAMI W MIKROSIECIACH

Poniższy artykuł omawia czynniki, jakie mają wpływ na określenie funkcji celu do zarządzania źródłami w mikro sieci. W referacie, oprócz omówienia podstawowej funkcji celu, jaką jest minimalizacja chwilowego kosztu wyprodukowanej energii przy zachowaniu jej prawidłowych parametrów, autorzy omówili pozostałe elementy – ograniczenia dla funkcji celu, wiążące się z własnościami poszczególnych rodzajów elektrowni.

1 WPROWADZENIE

W ostatnich latach obserwujemy rosnące zainteresowanie tematyką energii odnawialnej. Jest to związane z dwoma zagadnieniami. Pierwsze to fakt, że paliwa używane w energetyce konwencjonalnej wyczerpują się i należy szukać nowych rozwiązań mogących zapewnić dostarczenie energii do odbiorcy. Drugie jest związane z ochroną środowiska – a dokładnie ze zmniejszeniem emisji zanieczyszczeń produkowanych przy wytwarzaniu energii elektrycznej. Możliwe jest wykorzystanie źródeł odnawialnych do wspomagania energetyki konwencjonalnej – tzw. wytwarzanie (generacja) rozproszone lub układy autonomiczne (wydzielone) – te ostatnie najczęściej wykorzystywane w miejscach, gdzie nie ma ekonomicznego uzasadnienia budowy nowych linii energetycznych. Takie rozwiązania, oparte na źródłach odnawialnych, już pracują na świecie. Wprowadzenie mikro sieci może wspomóc sieć elektroenergetyczną i w efekcie , pozwolić na pewniejsze zasilanie odbiorców.

2 WYZNACZENIE KOSZTU JEDNOSTKOWEGO WYTWORZENIA ENERGII

Wyznaczenie kosztu jednostkowego pozwala na porównywanie własności poszczególnych elektrowni. Jednak klasyczne ujęcie (wyłącznie koszty wewnętrzne) nie obejmuje efektu ekologicznego i społecznego. Oczywiście jest, że w obecnie prowadzonych inwestycjach chodzi głównie o efekt ekologiczny w postaci unikniętych

¹ 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

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

emisji, głównie CO₂. Konieczne jest więc korzystanie z innych narzędzi, które pozwolą na szersze spojrzenie i ujęcie w rachunku również kosztów zewnętrznych. Inne podejście zakłada uwzględnienie jako wpływ przychodów związanych ze sprzedażą zielonych certyfikatów. Jednak jest to związane z grą na giełdzie i możliwe do wykonania w stosunku do większych systemów. Tu rozpatrujemy raczej system niewielki, chociaż opracowane narzędzia mogą być stosowane niezależnie od wielkości układu. Z uwagi na specyfikę analizowanych obiektów oraz możliwość analizy wrażliwości jednostkowego kosztu wytwarzania energii elektrycznej na zmiany głównych pozycji kosztów zostanie wykorzystana formuła obliczeniowa uwzględniająca składową społeczno-ekologiczną związaną z produkcją energii w danej elektrowni. Składowa ta, przyjmuje wartości ujemne dla źródeł wpływających pozytywnie na społeczeństwo i środowisko (w domyśle źródła odnawialne) i wartości dodatnie dla źródeł obciążających środowisko. Intuicyjnie powinna ona przyjąć wartość najmniejszą dla elektrowni całkowicie bezemisyjnej (włączając w to wpływ na krajobraz). Wtedy wzór przyjmuje postać:

$$k_j = \frac{\sum_{t=0}^N [I_t + KU_t + KP_t + KS_t](1+p)^{-t}}{\sum_{t=0}^N A_t(1+p)^{-t}} = k_j^I + k_j^U + k_j^P + k_j^S \quad (1)$$

gdzie: KP_t – koszty paliwa w roku t , k_j^I – składowa „inwestycyjna” kosztu jednostkowego, k_j^U – składowa „utrzymania i remontów” kosztu jednostkowego, k_j^P – składowa „paliwowa” kosztu jednostkowego, p – współczynnik dyskonta, KS_t – koszty społeczno-środowiskowe w roku t .

3 FUNKCJE CELU I OGRANICZENIA

Zadanie polega na wyznaczeniu takiego podziału obciążenia chwilowego pomiędzy źródła, aby w danej chwili otrzymać najtańszą możliwą energię [5], [8].

Sterowanie mocą chwilową elektrowni odbywać się ma w dyskretnych odcinkach czasu, w których można przyjąć, że warunki zewnętrzne się nie zmieniają. Ze względu na zmienność nasłonecznienia, wiatru oraz obciążenia oraz zdolności komunikacyjne systemu mikrosieci zakładamy w pierwszej kolejności, że czas ten będzie wynosił od 1 do kilku minut.

Zadanie minimalizacji chwilowego kosztu wytworzenia energii polega na wyznaczeniu chwilowego podziału mocy obciążenia pomiędzy źródła, który zapewnia sumarycznie najniższy koszt całkowity. W danej chwili nie rozpatrujemy zależności czasowych. Do obliczenia energii oddawanej w tym czasie przyjmujemy, że moce są stałe w całym przyjętym czasie. Oznaczono go jako Δt .

W każdym przedziale Δt moc źródeł musi być równa mocy obciążenia:

$$p_{\Delta t} = p_1 + p_2 + p_3 + p_4 \quad (2)$$

gdzie: p_n – moc chwilowa źródła n ; $p_{\Delta t}$ – moc chwilowa odbiorów.

Koszt jednostkowy wytworzenia tej energii w danym przedziale Δt wynosi:

$$F(p_1, p_2, p_3, p_4) = \frac{p_1 W_1 + p_2 W_2 + p_3 W_3 + p_4 W_4}{p_1 + p_2 + p_3 + p_4} \quad (3)$$

gdzie: W_n – koszt wytworzenia energii w źródle n , liczony wg (1).

Wyznaczenie minimum kosztu chwilowego polega na wyznaczeniu minimum funkcji (3) przy ograniczeniach związanych z własnościami właściwymi dla rodzaju elektrowni n .

Poniżej przedstawione zostały własności źródeł branych pod uwagę przy budowie mikrosieci na Politechnice Warszawskiej.

Ogniwa słoneczne i turbiny wiatrowe

Ponieważ ilość wyprodukowanej energii zależy od warunków atmosferycznych takich jak słońce i wiatr, dlatego należy w jak największym stopniu wykorzystać ten czas, gdy są one dostępne. Aby uzyskać największą ilość energii, ogniwa i turbiny muszą pracować w punkcie MPP (punkt mocy maksymalnej) [3][4][9]. Jest to możliwe wyłącznie przy pracy z regulacją prądu i wymaga niewielkiego przeciążenia źródła.

Dla baterii słonecznej nie ma specjalnych, dodatkowych ograniczeń. Inaczej jest z turbiną, której moc jest dodatkowo ograniczona prędkością wiatru dla startu i wyłączenia. [1][2][3].

Ogniwa paliwowe i generatory

Możemy wyróżnić pewne cechy wspólne. Ograniczenia dotyczą zabezpieczeń przed przeciążeniami, które mogą prowadzić do zniszczenia urządzeń [7]. W przypadku agregatu musimy jeszcze zwrócić uwagę na czas pracy (konieczność pracy agregatu nie krócej niż do nagrzania się silnika), co powinno się przełożyć na redukcję cykli włączania/wyłączania; pracę agregatu z obciążeniem nie mniejszymi niż 30%, itp. To wszystko w efekcie końcowym spowoduje zmniejszenie zużycia zarówno urządzenia i paliwa [4].

Magazyn energii (baterie akumulatorów)

Magazyny energii mogą pełnić w mikrosieci funkcję odbiorów lub źródeł. Jednak niezależnie od funkcji występują te same ograniczenia. Nie można zbyt wcześnie przerwać procesu ładowania lub zbyt późno zakończyć rozładowania. Aby mieć bieżący pogląd na stan baterii akumulatorów należy: zliczać ilość cykli ładowania/rozładowania, przeprowadzać w odpowiedni sposób proces ładowania/rozładowania oraz kontrolować temperaturę, prąd i napięcie [9].

4 PODSUMOWANIE

Przedstawione w rozdz. 2 koszty jednostkowe wytworzenia energii wraz z opisanymi później ograniczeniami dla każdego źródła pozwolą na sformułowanie odpowiednich funkcji celu do zarządzania źródłami w mikrosieci.

Z uwagi na coraz szersze zainteresowanie zagadnieniami mikrosieci, zmiany zachodzące w energetyce, zmniejszające się zasoby surowców energetycznych oraz unijny obowiązek zwiększania udziału źródeł odnawialnych w produkcji energii

elektrycznej praca nad zagadnieniami mikrosieci, a w tym przypadku odpowiedniego sterowania pracą źródeł w mikrosieci jest przyszłościowa i na pewno warto rozwijać to zagadnienie.

Warto zwrócić uwagę na fakt, że w literaturze nie ma pozycji, które opisują poruszane w tym artykule zagadnienie, a jeśli już występują informacje dotyczące tej tematyki to zwykle skupiają się wokół jednego źródła lub tylko jednego z parametrów. W artykule można znaleźć zbiorczą informację na temat funkcji celu i ograniczeń dla większości źródeł odnawialnych, co w przypadku prac i badań dotyczących mikrosieci na pewno usprawni i ułatwi pracę.

5 LITERATURA

1. Siegfried Heier: *Grid integration of wind energy conversion systems*, Chichester; Hoboken: John Wiley & Sons, cop. 2006.
2. Lubośny Z.: *Elektrownie wiatrowe w systemie elektroenergetycznym*, Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 2006.
3. Mukund R. Patel: *Wind and solar power systems: design, analysis and operation*, Boca Raton [etc.]: Taylor & Francis, 2006..
4. *Hybrydowe Systemy Wytwórcze (HSW) – Kurs dla Planistów*, Warszawa, 2005.
5. Shahirinia A. H., Tafreshi S. M. M., Hajizadeh Gastaj A., Moghaddamjoo A. R.: *Optimal sizing of hybrid power system using genetic algorithm*, Future Power Systems, International Conference, 16-18 Nov. 2005.
6. Senjyu T., Hayashi D., Urasaki N., Funabashi T.: *Optimum configuration for renewable generating systems in residence using genetic algorithm*, Energy Conversion, IEEE Transactions on Vol. 21, pp. 459 – 466, June 2006.
7. Zoka Y., Sasaki H., Kubokawa J., Yokoyama R., Tanaka H.: *An optimal deployment of fuel cells in distribution systems by using genetic algorithms*, Evolutionary Computation, IEEE International Conference on Vol. 1, 29 Nov.-1 Dec. 1995.
8. Ashraf I., Rahman A., Iqbal A., Chandra A.: *Multi-objective optimization of energy systems for pollution mitigation in Kavaratti Island*, Universities Power Engineering Conference, UPEC '06. Proceedings of the 41st International Vol. 1, pp. 60 – 64, 6-8 Sept. 2006.
9. Kanellos F. D., Tsouchnikas A. I., Hatziargyriou N. D.: *Micro-grid simulation during grid-connected and islanded modes of operation*, International Conference on Power Systems Transients (IPST'05), Montreal, Canada, 19-23 June 2005.

OBJECTIVE FUNCTIONS APPLIED TO MANAGING THE ENERGY SOURCES OF MICROGRIDS

The article discusses factors influencing the definition of objective functions applied to managing the energy sources of microgrids. In this paper besides the discussion of the primary objective function that is minimization of temporary cost of produced energy for every energy source keeping fundamental energy parameters, author discusses remaining elements which are the restrictions to the primary objective function, binding with properties of particular generating station types.