

Autonomiczne systemy elektroenergetyczne małej mocy. Mikrosieci

Autor: Piotr Olszowiec

(„Energia Gigawat” – nr 7-8/2009)

Od początku rozwoju elektroenergetyki większość energii elektrycznej była wytwarzana w dużych elektrowniach przyłączonych do linii przesyłowych. Sieci rozdzielcze zasilające odbiorców były układami pasywnymi czyli bezźródłowymi zasilanymi ze wspomnianych linii. W razie przekroczenia wytwarzanej mocy przez popyt, odbiory były wyłączane dla utrzymania założonej częstotliwości, a niektóre obszary mogły nawet zostać dotknięte „blackoutem”. Dla uniknięcia przerw w zasilaniu od pewnego czasu niektórzy odbiorcy instalują rezerwowe źródła mocy, które mogą ewentualnie współpracować z siecią zasilającą. W rezultacie w wielu krajach świata narasta tendencja do tworzenia **aktywnych** sieci rozdzielczych średniego i niskiego napięcia, których rozproszone źródła dostarczają coraz większego ułamka mocy systemu elektroenergetycznego. W stanach awaryjnych wspomniane sieci zwane potocznie „mikrosieciami” (ang. microgrids) mogą zarówno odłączyć się od systemu i zasilać swoje odbiory, jak też wspierać system elektroenergetyczny w przetrwaniu zakłócenia.

Ogólne określenie „mikrosieć” oznacza zbiór powiązanych źródeł, odbiorów i ewentualnie zasobników energii przyłączony zasadniczo do sieci głównej, lecz zdolny także do samodzielnej pracy wyspowej. Typowa mikrosieć składa się z następujących podukładów i elementów: a) źródła rozproszonej generacji, b) zasobniki energii, c) wyłącznik sprzęgający z siecią, d) odbiory elektryczne, e) przekształtnik energoelektroniczny, f) układy sterowania i kontroli.

Rozproszone źródła energii elektrycznej, zwykle o niewielkiej mocy jednostkowej rzędu 1-100 kW, są umieszczane w pobliżu odbiorów. Najczęściej są nimi baterie słoneczne, turbogeneratory wiatrowe, ogniwa paliwowe, mikroturbiny oraz prądnice napędzane silnikami wewnętrznego spalania. Niektóre ze źródeł wykorzystują odnawialne zasoby energii; mogą też wytwarzać w skojarzeniu ciepło i elektryczność. Większość źródeł wymaga zastosowania energoelektronicznego przekształtnika w celu dostosowania parametrów wytwarzanej mocy do zasilania odbiorów i współpracy z siecią elektryczną. Zasobniki energii stosuje się w tych mikrosieciach, w których nie można dostosować wielkości produkcji do aktualnego poboru. Urządzenia te wywierają korzystny wpływ na funkcjonowanie mikrosieci dzięki: a) umożliwieniu pracy źródeł ze stałą mocą mimo zmian obciążenia, b) stabilizacji parametrów elektrycznych mocy przy zmianach energii pierwotnej źródeł (np. nasłonecznienia, wiatru, przepływu wody), c) zapewnieniu założonej mocy wymiany przy współpracy z siecią zewnętrzną. Ponadto zasobniki energii przyczyniają się do poprawy bilansu i jakości energii elektrycznej w sieci zewnętrznej poprzez pokrywanie szczytowego obciążenia lub awaryjnych ubytków generacji. Do najczęściej stosowanych zasobników energii w mikrosieciach należą baterie akumulatorów, superkondensatory i koła zamachowe. Nowoczesne wyłączniki niskiego napięcia sprzęgające mikrosieć z siecią zewnętrzną stanowią swoisty interfejs realizujący funkcję nie tylko łącznika, lecz także zabezpieczeń, pomiarów i komunikacji. Są to najczęściej statyczne (półprzewodnikowe) łączniki umożliwiające synchroniczne przyłączanie obu sieci

Zadaniem energoelektronicznych przekształtników jest dostosowanie parametrów energii elektrycznej wytwarzanej przez źródła i wymienianej z zasobnikami do parametrów pracy odbiorników i zewnętrznej sieci. Dla przykładu ogniwa fotowoltaiczne, baterie akumulatorów i superkondensatory pracują przy napięciu stałym, wskutek czego do zasilania odbiorników napięcia przemiennego oraz współpracy z taką siecią konieczne jest użycie odpowiedniego falownika. Przekształtniki energoelektroniczne realizują także zadania regulacji napięcia mikrosieci oraz wartości mocy (czynnej i biernej) wymienianych z systemem.

W zależności od charakteru pracy i przeznaczenia wyróżnia się trzy rodzaje mikrosieci. Układy pierwszego typu służą do zasilania drobnych odbiorców, głównie komunalnych, odciażając przesył energii z odległych elektrowni. Dodatkowo mogą dostarczać lub pobierać moc bierną, a także poprawiać jakość energii elektrycznej. W stanach awaryjnych są przystosowane do pracy wyspowej (czyli bez połączenia z systemem elektroenergetycznym). Drugim typem są mikrosieci przemysłowe grupujące odbiory wymagające najwyższej pewności i jakości zasilania. Również i te układy, normalnie zasilane z sieci zewnętrznej, mogą długotrwale pracować autonomicznie. Wreszcie trzeci typ mikrosieci znajduje zastosowanie na obszarach stale lub okresowo pozbawionych zasilania z systemu elektroenergetycznego. W układach tych rozproszone źródła, w dużej części odnawialne, pokrywają zapotrzebowanie odbiorców korzystając z zasobników energii pierwotnej lub elektrycznej.

Funkcjonowanie mikrosieci zapewnia szereg korzyści zarówno dla systemu elektroenergetycznego, jak i dla odbiorców energii. Z punktu widzenia zakładów energetycznych i operatorów systemu są to m.in.:

- zmniejszenie strat przesyłu energii dzięki przybliżeniu źródeł do odbiorów,
- mikrosieć stanowi sterowalny odbiór, który można w razie potrzeby odłączyć lub przyłączyć do sieci ŚN,
- możliwość regulacji napięcia w węzle sieci ŚN oraz niezależnej regulacji mocy czynnej i biernej pobieranej przez mikrosieć,
- poprawa stabilności pracy systemu elektroenergetycznego,
- odłożenie w czasie budowy nowych źródeł i linii przesyłowych.

Z kolei użytkownicy przyłączeni do mikrosieci uzyskują lokalne źródła energii o wyższej (z reguły) jakości i niezawodności dostawy. Uproszczone reżimy pracy źródeł według zasady „plug&play” nie wymagają złożonej automatyzacji, zapewniają tanie i łatwe dostosowanie do zapotrzebowania. Zasadniczą korzyścią ekonomiczną jest wyższa efektywność wykorzystania zasobów pierwotnych (w tym paliw) dzięki zastosowaniu kogeneracji i umiejscowieniu źródła w pobliżu odbiorów. Szerokie wykorzystanie odnawialnych zasobów energii przynosi zaś znaczące efekty ekologiczne. Niestety na drodze do upowszechnienia tej struktury systemu elektroenergetycznego stają istotne na obecnym etapie rozwoju przeszkody takie jak:

- powolne dostosowanie wydajności niektórych źródeł (ogniw paliwowych, mikroturbin i in.) do nagłych zmian obciążenia,
- problemy zapewnienia skutecznej automatyki zabezpieczeniowej m.in. z powodu dwukierunkowego przepływu mocy i obniżonych prądów zwarcia,
- nieopłacalność inwestowania w mikrosieci z powodu niekorzystnych – jak na razie - relacji cen energii produkowanej w tych układach oraz w elektrowniach systemowych,
- problemy prawno-organizacyjne utrudniające dostęp rozproszonych źródeł do rynku energii elektrycznej.

Aktualnie na świecie realizowanych jest kilkanaście projektów badawczych w zakresie mikrosieci elektrycznych niskiego napięcia sponsorowanych przez agendy rządowe i Unię Europejską. Znaczące osiągnięcia na tym polu odnotowano m.in. w Japonii, gdzie od kilku lat pracują mikrosieci na lotnisku Aichi, w Kyotango i Hachinohe. W każdym z tych układów dotrzymywany jest z minimalną odchyłką (nie przekraczającą 3%) bilans lokalnie wytwarzanej i zużywanej mocy, co zapewnia samowystarczalność energetyczną „wyspy”. Dla przykładu w Aichi wykorzystano w roli rozproszonych źródeł ogniwa paliwowe (7 sztuk o łącznej mocy 1395 kW) i fotowoltaiczne o mocy 330 kW. Zasobnikiem energii jest bateria sodowo-siarkowa (NaS) współpracująca z przekształtnikiem energoelektronicznym. Ta i inne japońskie mikrosieci przeszły już pomyślnie kilka okresów autonomicznej (wyspowej) pracy. Udane eksperymenty wyspowej pracy mikrosieci prowadzone są także w Ameryce Północnej. W mikrosieciach kanadyjskich firm BC Hydro i Hydro Quebec źródłami mocy są małe elektrownie wodne o mocy 3.5 MW zapewniające zasilanie odległych osiedli w razie przerwania połączeń sieciowych z systemem elektroenergetycznym. Testy wykazały sprawność regulacji parametrów zasilania (częstotliwości i napięcia) z lokalnych źródeł przy zmiennym obciążeniu, bilansowanie podaży i popytu, możliwości uruchamiania kolejnych źródeł mocy jak generatory diesla itp.

Również na naszym kontynencie przy wsparciu Unii Europejskiej realizowane są prace badawcze nad doskonaleniem mikrosieci ujęte w programy „Microgrids” i „More Microgrids”. Pierwszy z nich skupia się na działaniu pojedynczych układów ze szczególną uwagą na optymalizację funkcji regulacji i nadzoru zaimplementowanych w nadrzędnym sterowniku mikrosieci. Pilotażową instalację tego programu w zminiaturyzowanej skali zrealizowano w Uniwersytecie Technicznym w Atenach, gdzie mikrosieć obejmuje dwie osobne podsieci 230V, 50Hz, każda złożona z turbiny wiatrowej 1 kW, ogniwa fotowoltaicznego 1,1 kW i baterii akumulatorów 250 Ah. Drugi z unijnych programów tj. „More Microgrids” zajmuje się badaniem skutków rozbudowy mikrogeneracji w istniejących sieciach rozdzielczych. Jednym z udanych przedsięwzięć tego programu jest instalacja w Bronsbergen Holiday Park (Holandia) zawierająca 210 budynków, z których 108 wyposażono w baterie słoneczne o łącznej mocy maksymalnej 315 kW. Park zelektryfikowano w tradycyjny sposób (trójfazowa sieć 0.4 kV zasilana z transformatora 10/0.4 kV) – patrz rysunek. Odbiory osiedla o mocy szczytowej 90 kW rozdzielono na 4 linie trójfazowe z możliwością zasilania z własnych ogniwa fotowoltaicznych (PV), akumulatorowych zasobników energii lub z zewnętrznej sieci 10kV. W układzie tym prowadzone są kompleksowe badania obejmujące m.in. ocenę pracy wyspowej, automatyczne rozłączanie i synchronizację mikrosieci, poziomy prądów zwarcia, jakość energii, sterowanie rozdziałem mocy i pracę równoległą przekształtników. Inne przedsięwzięcie tego programu realizowane jest w ekologicznym osiedlu mieszkaniowym w Mannheim-Wallstadt przez firmę MVV Energie. Główny cel testów to opracowanie i sprawdzenie optymalnych rozwiązań mikrosieci komunalnych zapewniających niezawodne i ekonomiczne zaopatrywanie użytkowników w energię elektryczną najwyższej jakości.