

Autoreferat rozprawy doktorskiej Arman Abenov

1. Wstęp

Dzięki korzystnym warunkom klimatycznym Polska jest jednym z najbardziej perspektywicznych rynków energetyki wiatrowej w Europie. Według stanu na koniec 2018 r. moc zainstalowana turbin wiatrowych stanowi 14,41% całkowitej mocy zainstalowanej systemu elektroenergetycznego w Polsce. Podczas gdy kilka lat temu działały samodzielne farmy wiatrowe, obecnie budowane są profesjonalne farmy o większej wydajności. Moc właściwa pojedynczej turbiny wiatrowej waha się od 225 kW do prawie 4 MW. Największa farma wiatrowa (120 MW) zlokalizowana jest na północy Polski, a planowane jest zwiększenie jej mocy do 240 MW.

Rozwój części elektrowni wiatrowych w ramach KSE Polski komplikuje możliwości regulacji bilansu energetycznego ze względu na losowy charakter energetyki wiatrowej. Jedną z problematycznych kwestii jest rosnąca potrzeba regulacji mocy, które mogą zrekompensować nieoczekiwaną zmianę produkcji energii elektrycznej w farmach wiatrowych.

Zgodnie z doświadczeniami krajów europejskich, wartość progowa energii elektrycznej wytwarzanej przez farmy wiatrowe w większości przypadków szacowana jest na 10% całkowitego zużycia energii elektrycznej w kraju. Ważnym zagadnieniem w praktycznym zastosowaniu farm wiatrowych jest łagodzenie skutków wahań mocy początkowej, które powstają w wyniku stochastycznego charakteru zmian energii wiatru w czasie, podczas pracy z systemem elektroenergetycznym. Krótkotrwałe przerwy w pracy farmy wiatrowej mogą być skutecznie kompensowane energią z odpowiednio dobranego zasobnika, co doprowadzi do częściowej stabilizacji parametrów początkowych farmy wiatrowej (redukcja wahań częstotliwości) przyłączonej do sieci elektroenergetycznej oraz przyczyni się do poprawy jakości wytwarzania energii elektrycznej.

Zastosowanie nowoczesnych technologii sterowania, wraz z powszechnym wykorzystaniem najnowszych technologii informacyjno-komunikacyjnych, pozwoli na utrzymanie podaży i popytu w inteligentnych systemach energetycznych na poziomie pojedynczego urządzenia. Smart Grid pozwoli konsumentom świadomie uczestniczyć w funkcjonowaniu systemów energetycznych, przy jednoczesnej poprawie wykorzystania aktywów w energetyce,

zwiększeniu efektywności ekonomicznej, podniesieniu jakości energii elektrycznej oraz trwałości systemów energetycznych.

Tym samym wykorzystanie najnowszych technologii informacyjno-komunikacyjnych do tworzenia zautomatyzowanych systemów sterowania, wraz z wykorzystaniem wysoce energochłonnych autonomicznych źródeł prądu, umożliwi realizację zadań optymalizacji współdziałania elektrowni wiatrowych w elektroenergetyce system.

2. Teza, cel i dziedzina działalności doktoranta

Głównym celem rozprawy jest opracowanie metody sterowania pracą turbin wiatrowych połączonych równolegle z wysokoenergetycznymi autonomicznymi źródłami energii oraz algorytmami ich wykorzystania. Wraz z wykorzystaniem nowoczesnych technologii sterowania, prognozowania pracy farm wiatrowych, a także technologii magazynów energii o dużej pojemności, możliwa jest optymalizacja wzajemnej współpracy farm wiatrowych. Efektem będzie ujednoczenie harmonogramów obciążeń elektrycznych oraz harmonogramów pracy elektrowni wiatrowych, co pozwoli złagodzić skutki wahań generowanej mocy, które występują w wyniku stochastycznego charakteru zmian energii wiatru w czasie podczas pracy z systemem zasilania.

Tym samym, zgodnie z głównym celem, obszar działania doktoranta obejmuje analizę problemów wytwarzania elektrowni wiatrowych, opracowywanie metod ich rozwiązywania, a także opracowywanie narzędzi automatyki dla optymalnego sterowania pracą elektrowni wiatrowych w systemach energetycznych.

Aby osiągnąć zamierzony efekt w pracy postawiono i rozwiązano następujące zadania: analizę problemów eksploatacyjnych farm wiatrowych, ocenę ich wpływu na parametry normalnych trybów pracy sieci elektroenergetycznych w Polsce, wpływ na jakość i straty energii elektrycznej; analizę nowoczesnych podejść do automatyzacji sterowania trybami pracy lokalnych systemów elektroenergetycznych z odnawialnymi źródłami energii w koncepcji Smart Grid; stworzenie modelu matematycznego wystarczającej rezerwy mocy sieci elektroenergetycznej z elektrowniami wiatrowymi oraz metody wyznaczania rezerwy mocy dla farm wiatrowych; opracowanie metody wyznaczania pojemności magazynowej dla farm wiatrowych z uwzględnieniem prognozowania harmonogramu generacji; opracowanie metody koordynacji harmonogramów generacji farm wiatrowych i obciążenia odbiorców energii elektrycznej; opracowanie schematu blokowego systemu sterowania optymalnego

elektrowni wiatrowych oraz algorytmów wykorzystania opracowanych metod do koordynowania ich harmonogramów obciążeń i generowania; badanie cech implementacji sprzętowej zautomatyzowanego systemu sterowania schematem wyprowadzania mocy odnawialnych źródeł energii w lokalnych systemach elektroenergetycznych; weryfikacja skuteczności opracowanych metod i algorytmów z wykorzystaniem symulacji komputerowej stacjonarnych sieci elektrycznych.

3. Wnioski

W pracy uzyskano nowe rozwiązanie aktualnego naukowego i stosowanego problemu optymalizacji współdziałania elektrowni wiatrowych poprzez wprowadzenie specjalnych algorytmów sterowania pracą elektrowni wiatrowych oraz opracowanie algorytmów sterowania ich pracą przy połączeniu z pracą równoległą z wysokoenergetycznymi autonomicznymi aktualne źródła.

Przeprowadzone badania pozwoliły na uzyskanie następujących wyników:

1. Zastosowanie magazynów energii elektrycznej jest ekonomicznie uzasadnione w przypadku krótkotrwałych przerw w pracy farmy wiatrowej, które doprowadzą do częściowej stabilizacji parametrów początkowych farmy wiatrowej (zmniejszenie wahań częstotliwości) przyłączonej do sieci elektroenergetycznej, a także poprawy jakości wytwarzanej energii elektrycznej. Aby zwiększyć efektywność wykorzystania różnych typów farm wiatrowych i zapewnić niezawodne zasilanie odbiorców energią elektryczną wysokiej jakości zgodnie z harmonogramem obciążenia, konieczne jest stworzenie systemu sterowania farmami wiatrowymi, uwzględniającego ich rozproszenie w przestrzeni i czasie.
2. Zastosowanie nowoczesnych technologii sterowania, wraz z powszechnym wykorzystaniem najnowszych technologii informacyjno-komunikacyjnych, pozwoli na utrzymanie podaży i popytu w inteligentnych systemach energetycznych na poziomie pojedynczego urządzenia. Smart Grid pozwoli konsumentom świadomie uczestniczyć w funkcjonowaniu systemów energetycznych, przy jednoczesnej poprawie wykorzystania aktywów w energetyce, zwiększeniu efektywności ekonomicznej, podniesieniu jakości energii elektrycznej oraz trwałości systemów energetycznych.
3. Zaproponowano metodę wyznaczania pojemności magazynowej dla elektrowni wiatrowej, która opiera się na analizie dokładności przewidywanego harmonogramu

generacji i uwzględnia kary za nieprzestrzeganie przewidywanego grafiku oraz proponuje się metodę zmniejszania nierównomierności rozkładu obciążenia elektrycznego elektrowni, co jest konsekwencją niestabilnej generacji farm wiatrowych. Metoda ta, oprócz zmniejszenia nierównomierności całkowitego harmonogramu obciążeń elektrycznych, pozwala na zmniejszenie strat energii elektrycznej w sieci oraz minimalizację kosztów przedsiębiorstw energetycznych w celu pobudzenia odbiorców do przesunięcia grafiku obciążenia. Redukcję kosztów uzyskuje się poprzez wybór optymalnych węzłów w celu wyrównania całkowitego harmonogramu obciążenia elektrowni.

4. Zaproponowano metodę i prawo optymalnego sterowania schematem połączeń falownika dla zmiany schematu wyprowadzania mocy w SE. Algorytmiczna implementacja opracowanej metody ma zastosowanie do koordynowania harmonogramów generacji wiatrowej z lokalnym poborem mocy w zautomatyzowanym systemie regulacji mocy wytwarzanej z OZE. Ponadto, zgodnie z opracowaną metodą, zaproponowano algorytm działania mikroprocesorowego urządzenia sterującego obwodem wyjściowym mocy OZE w lokalnych systemach elektroenergetycznych.
5. Zaproponowano wariant sprzętowej realizacji zautomatyzowanego układu sterowania schematem wyprowadzania mocy EW w lokalnych systemach elektroenergetycznych. Zaproponowany zautomatyzowany system sterowania OZE oparty jest na zasadach działania Smart Grid, przy znacznej integracji i automatyzacji procesów wytwarzania, przesyłu i zużycia energii elektrycznej.
6. Wyniki przeprowadzonych obliczeń potwierdzają pozytywny wpływ farm wiatrowych na sieci elektroenergetyczne, pod warunkiem ich koordynacji z lokalnym harmonogramem zasilania.