

OCENA ZDOLNOŚCI FARM WIATROWYCH DO UDZIAŁU W REGULACJI MOCY WYMIANY I CZĘSTOTLIWOŚCI KSE

Jacek ARONOWSKI¹, Leszek BRONK², Bogdan CZARNECKI², Jarosław KORPIKIEWICZ², Jerzy RYCHLAK³,
Jacek JEMIELITY⁴

1. PGE Energia Odnawialna SA
tel. 22 433 1307 e-mail: Jacek.aronowski@gkpge.pl
2. Instytut Energetyki Instytut Badawczy Oddział Gdańsk
tel.:58 349 8220 e-mail: l.bronk@ien.gda.pl; b.czarnecki@ien.gda.pl; j.korpikiewicz@ien.gda.pl
3. PSE S.A.tel.: 22 242 14 40 e-mail: jerzy.rychlak@pse.pl
4. Instytut Energetyki Instytut Badawczy Oddział Gdańsk e-mail: j.jemielity@ien.gda.pl

Streszczenie: Malejący udział systemowych źródeł wytwórczych w bilansie mocy powoduje, że dla zapewnienia bezpieczeństwa i niezawodności dostaw energii niezbędnym staje się wykorzystywanie zasobów regulacyjnych pozostających do niedawna poza obszarem zainteresowania OSP. W artykule, w kontekście wymagań IRiESP dla źródeł konwencjonalnych, zaprezentowano rzeczywiste możliwości regulacyjne oferowane przez typową farmę wiatrową (FW). Omówiono model wymiany danych pomiędzy regulatorem centralnym LFC (Load Frequency Control) i FW, umożliwiający udział w regulacji mocy i częstotliwości w KSE. Ocenę zdolności do udziału w regulacji mocy czynnej FW oparto o wyniki projektu [8] realizowanego przy współdziałaniu PGE Energia Odnawialna SA, PSE Operator, PSE Innowacje oraz Instytutu Energetyki Oddział Gdańsk.

Słowa kluczowe: regulacja pierwotna, regulacja wtórna, farma wiatrowa.

1. WSTĘP

Malejący z roku na rok udział systemowych źródeł wytwórczych w bilansie mocy powoduje, że dla zapewnienia bezpieczeństwa i niezawodności dostaw energii niezbędnym staje się wykorzystywanie zasobów regulacyjnych pozostających do niedawna poza obszarem zainteresowania OSP, m.in. farm wiatrowych. Doświadczenia europejskich Operatorów w tym zakresie prezentują opracowania [1÷3].

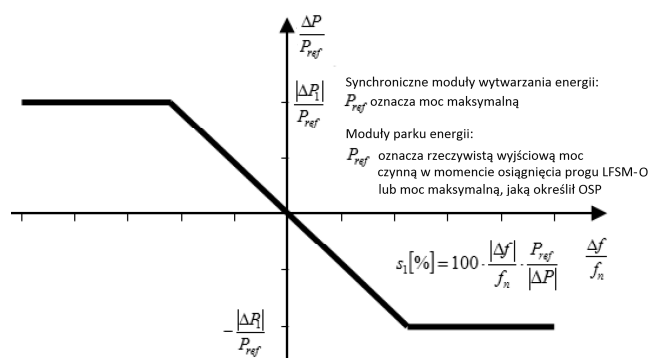
Celem projektu „Przystosowanie farmy wiatrowej Osieki do udziału w pilotażowym projekcie regulacji mocy i częstotliwości w KSE” była ocena zdolności typowej FW do udziału w regulacji pierwotnej i wtórnej w KSE oraz opracowanie projektu wymagań technicznych i telekomunikacyjnych do udziału w regulacji obiekty typu FW. Farma wiatrowa Osieki o mocy znamionowej 90 MW składa się z 30 turbin firmy Alstom ECO 110, każda o mocy 3 MW. Farma jest przyłączona do KSE w stacji 400/110 kV Żarnowiec.

2. REGULACJA MOCY W KSE

Usługa regulacji pierwotnej obecnie jest świadczona przez JWCD w celu utrzymywania w obszarze synchronicznym równowagi między wytwarzaniem

a zużyciem energii elektrycznej. Usługa jest świadczona autonomicznie, z wykorzystaniem regulatorów prędkości obrotowej turbin, zgodnie $\Delta P = f(\Delta f)$.

Zgodnie z treścią nowych kodeksów sieciowych, FW musi być zdolna do pracy w dwóch trybach: FSM (z ang. frequency sensitive mode) oraz LFSM (z ang. limited frequency sensitive mode). Ich charakterystyki przedstawiono na rysunku 1 i 2. Pierwszy tryb charakteryzuje się bardzo małą strefą martwą częstotliwości poza którą zmianom częstotliwości sieci powinna towarzyszyć zmiana mocy oddawanej do sieci, przy czym zakres zmian mocy jest ograniczony szerokością pasma regulacji.



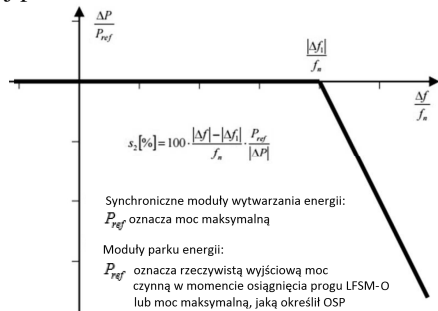
Rys. 1. Zdolność do odpowiedzi częstotliwościowej mocy czynnej modułów wytwarzania energii w trybie regulacji FSM

Tryb pracy LFSM, charakteryzuje się większą w stosunku do FSM strefą martwą częstotliwości, powyżej której powinny następować zmiany mocy oddawanej do sieci, nie jest natomiast ograniczane pasmo mocy w którym odbywa się regulacja. Funkcjonalność LFSM ma charakter niesymetryczny, tj. może być świadczona niezależnie, jako:

- redukcja mocy przy zwyżce częstotliwości LFSM-O (overfrequency), tzw. odczęstotliwościowe odciążanie,
- wzrost mocy przy obniżeniu częstotliwości LFSM-U (underfrequency).

Odnosząc powyższe zasady do FW należy podkreślić, że świadczenie usługi symetrycznej (również w paśmie

przyrostowym) wymaga uprzedniego ograniczenia mocy oddawanej przez nie do sieci.



Rys. 2. Ograniczenie poziomu generacji mocy czynnej przy zwwyżce częstotliwości powyżej wartości granicznej – LFSM-O

OSP oczekuje, że docelowo rezerwa pierwotna FSM będzie świadczona w symetrycznych pasmach przyrostowym i redukcyjnym. Zgodnie z kodeksem sieciowym NC RfG [7], zdolność do regulacji pierwotnej (FSM) jest wymagana od instalacji wytwórczych o mocy 10 MW i powyżej. Także dla tych instalacji może być wymagana zdolność do regulacji wtórnej.

Funkcja LFSM będzie co do zasady realizowana w niesymetrycznych pasmach nad i podczęstotliwościowym. Dotychczas funkcjonalność LFSM(O) była przez OSP wymagana w stosunku do największych FW przyłączanych do sieci NN. Obecnie wszystkie nowe FW o mocy 0,8 kW i powyżej, zgodnie z NC RfG powinny posiadać zdolność do LFSM(O), natomiast farmy wiatrowe o mocy 10 MW i powyżej – zdolność do LFSM(U).

Regulacja wtórna jest realizowana centralnie przez System LFC administrowany przez OSP. Działanie systemu polega na wypracowaniu, na podstawie uchybu obszarowego ACE, sygnałów sterujących odchylenia mocy oddawanej do sieci od mocy bazowej, i ma za zadanie przywrócić znamionową częstotliwość w systemie oraz zaplanowanych mocy wymiany pomiędzy sąsiednimi SEE.

3. REGULATOR CENTRALNY LFC

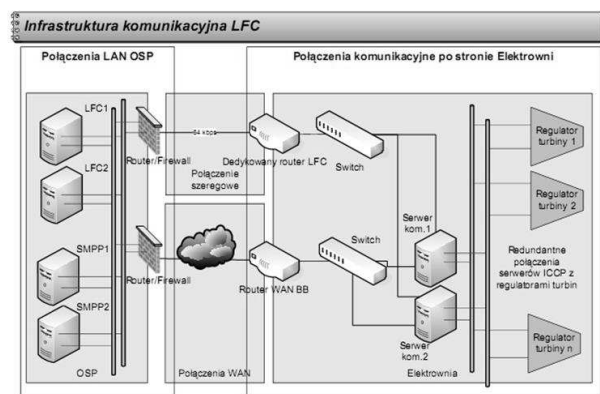
System LFC zawiera moduł regulatora centralnego (WC-węzeł centralny), który komunikuje się z elektrownią za pośrednictwem węzła lokalnego (WL) systemu LFC. WL-LFC integruje rozwiązania technologiczne na obszarze obiektu w sposób transparentny dla WC-LFC. WC-LFC za pośrednictwem WL-LFC komunikuje się z automatyką blokową (lub kontrolerem FW), realizując sterowania oraz pozyskując zwrotnie bieżące wartości i stany parametrów pracy elektrowni. Wybrane parametry przesyłane pomiędzy LFC a FW przedstawiono w Tabelicy 2, natomiast na rysunku 3 przedstawiono schemat wymiany danych pomiędzy OSP i dostawcami usług regulacji mocy.

System LFC zastąpił wykorzystywany w przeszłości jako centralny regulator System ARCM. Do istotnych różnic pomiędzy systemami LFC i ARCM należy zaliczyć:

- możliwość świadczenia usług regulacji wtórnej w jednym z półpasm: tylko w przyrostowym lub tylko w redukcyjnym;
- rozdzielenie pasm przyrostowego i redukcyjnego pod względem wielkości oferowanych zakresów regulacji;
- indywidualizację poleceń regulacyjnych dla poszczególnych usługodawców;
- aktywację/dezaktywację rezerwy pierwotnej na bloku.

Tablica 1. Wybrane zmienne podlegające transmisji pomiędzy LFC a OPC FW

LFC-->OPC FW	Opis
P_{w_zadane}	Moc zadana w paśmie regulacji wtórnej
SRp_cmd, SRw_up_cmd, SRw_down_cmd	Zadane stany w regulacji pierwotnej i wtórnej
$P_{wreg_max_red_ack}$, $P_{wreg_max_nab_ack}$	Zakres mocy czynnej w regulacji wtórnej na podstawie złożonej oferty na RUS
P_{zadane_max} , $SP_{zadane_max_cmd}$	Praca w ograniczeniu mocy na FW
OPC FW --> LFC	Opis
P_{out}	Moc w punkcie przyłączenie FW do sieci
P_{brutto}	Suma mocy brutto turbin wiatrowych
P_{bazowe}	Moc bazowa FW odniesiona dla pracy w regulacji
P_{df} , P_w	Wartość mocy wykorzystywana w ramach regulacji pierwotnej i wtórnej
P_{max_dysp} , P_{min_tech}	Moc FW wynikająca z aktualnych warunków meteo oraz min. dopuszczalna moc, przy której można regulować FW
P_p , P_{w_up} , P_{w_down}	Stan załączenie regulacji na FW
P_{w_zadane}	Moc zadana w paśmie regulacji wtórnej
V_{w_nab} , V_{w_red}	Prędkość zmian mocy czynnej na FW
Częstotliwość	Zmierzona, będąca punktem odniesienia dla regulacji pierwotnej
$P_{wreg_max_red}$, $P_{wregmax_nab}$	Bieżący zakres (pasmo) redukcji/naboru w paśmie regulacji wtórnej
Statyzm, nieczułość	Nastawiane wartości przy uzgodnieniu z OSP



Rys. 3. Ogólny schemat powiązań komunikacyjnych wykorzystywanych w systemie LFC [1]

4. PRZYSTOSOWANIE FW DO UDZIAŁU W REGULACJI PIERWOTNEJ I WTÓRNEJ

4.1. System sterowania mocą FW

Technicznie turbiny wiatrowe są przystosowane do zaniżania mocy oddawanej do sieci o zadanej wartości. W zależności od producenta turbiny, istnieje możliwość obniżenia mocy oddawanej do sieci bezpośrednio na turbinie wiatrowej lub poprzez system SCADA dla całej farmy wiatrowej.

Tablica 2. Lista wybranych zmiennych udostępnianych przez SCADA FW wykorzystywanych do regulacji mocy czynnej

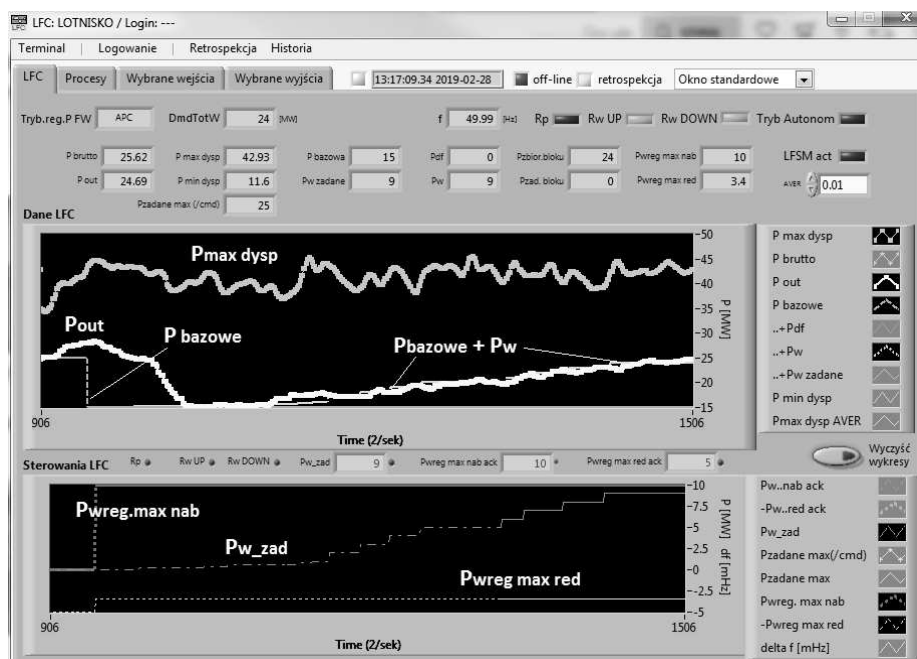
Opis	Jedn.
Znacznik regulacji mocy czynnej FW (WYŁ/WŁ)	-
Tryb regulacji mocy czynnej FW (LFSM/FSM/APC)	-
Wartość zadana mocy czynnej FW (setpoint)	kW
Moc czynna n-tej turbiny wiatrowej (brutto)	kW
Sumaryczna moc czynna turbin wiatrowych (brutto)	kW
Moc czynna FW w punkcie przyłączenia (netto)	MW

5. WNIOSKI KOŃCOWE

1. Prowadzone dotychczas testy FW Osieki wstępnie wskazują na techniczną zdolność do świadczenia usług regulacji pierwotnej i wtórnej w sposób zbliżony do JWCD konwencjonalnymi. Przykładowy przebieg testów pracy FW w regulacji wtórnej przedstawiono na Rysunku 8.
2. Oferowane przez FW gradienty naboru i redukcji mocy oddawanej do sieci są znacznie większe od oferowanych przez konwencjonalne JWCD i pod względem technicznym zbliżone do parametrów tzw. „regulacji wtórnej aktywowanej ręcznie” której dostawcą w KSE są ESP. Większa niż w przypadku konwencjonalnych JWCD regulacyjność oferowana przez FW, może w przyszłości spowodować potrzebę adaptacji algorytmów LFC w celu lepszego wykorzystania pojawiających się nowych możliwości.
3. Kluczowym dla udziału FW w centralnej regulacji mocy jest poprawność estymacji mocy dyspozycyjnej FW (mocy możliwej do osiągnięcia w zmieniających się z rozdzielczością sekundową warunkach atmosferycznych). Jakość estymacji mocy dyspozycyjnej będzie wpływała na ocenę dostępności rezerw przez OSP oraz na rozliczenia za świadczenie usług. Poprawna estymacja mocy jest warunkiem krytycznym prawidłowej pracy regulacji mocy w KSE. Ze względu na ryzyko niedotrzymywania deklarowanego pasma regulacji przez FW, należy rozważyć proporcjonalne rozłożenie rezerw mocy czynnej w KSE pomiędzy jednostkami konwencjonalne i FW.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Delivery downward aFRR by wind farms; Report prepared by Windvision, Enercon, Eneco and Elia; 2015
2. WFPS Settings Schedule; For WFPS connecting to the Northern Ireland Transmission and Distribution System; URegNI Approved: 29th October 2013 (ver. 5)
3. Präqualifikationsverfahren für Regelreserveanbieter (FCR, aFRR, mFRR) in Deutschland ("PQ-Bedingungen"); 09 November 2018; Wytyczne dla 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, TenneT TSO GmbH, TransnetBW GmbH
4. Standardy techniczne i komunikacyjne dla obiektów typu PPM w zakresie zdolności do realizacji regulacji pierwotnej, wtórnej i pracy w ograniczeniu mocy maksymalnej; PSE, 2019.
5. Możliwości świadczenia i zapotrzebowanie w KSE na usługi regulacyjne dostarczone przez GW w Polsce, Instytut Energetyki O/Gdańsk dla PSEW, 2015
6. EWE-1859-REP-0001-WindAccess OPC Server Connection and Operation for Lotnisko rev.01;
7. Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/631 z dnia 14 kwietnia 2016 r. ustanawiające kodeks sieci dotyczący wymogów w zakresie przyłączenia JW do sieci
8. Przystosowanie FW Osieki do udziału w pilotażowym projekcie regulacji mocy i częstotliwości w KSE; Instytut Energetyki O/Gdańsk dla PGE EO, 2018
9. Rozporządzenie komisji UE 2017/1485 z dn. 2.08.2017 r. ustanawiające wytyczne dot. pracy systemu przesyłowego energii elektrycznej NC SOGL.



Rys.8. Przykładowy przebieg z testów pracy FW w regulacji wtórnej

ASSESSMENT OF THE WIND FARMS ABILITY TO PARTICIPATE IN PRIMARY AND SECONDARY REGULATION

Declining share of the conventional generation units in the system power balance force involvement of the renewable power sources into the process of power system regulation. The article presents results of the pilot project aimed to include the wind farms into the process of active power regulation. The pilot project has been implemented in cooperation with PGE Energia Odnawialna SA, PSE Operator, PSE Innowacje and the Institute of Power Engineering.

Keywords: Frequency Containment Reserve (FCR), Frequency Restoration Reserves (FRR), wind farm (WF).