

Jerzy Rychlak

Polskie Sieci Elektroenergetyczne SA

Marek Komarzyniec

„ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o., Zakład Techniki Ciepłej

Alojzy Wolc

„ENERGOTEST” Sp. z o.o.

Próby odbiorcze jednostek wytwórczych przed przyłączeniem do sieci i w trakcie późniejszej pracy w systemie elektroenergetycznym w świetle wymagań rozporządzenia Komisji Europejskiej 2016/631

Acceptance tests of generating units before connection to a network and during their subsequent work in a power system in the light of the EU Regulation (EC) 2016/631 requirements

Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/631

Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/631 z dnia 14 kwietnia 2016 r. ustanawiające kodeks sieciowy dotyczący wymogów w zakresie przyłączania jednostek wytwórczych do sieci [1], znane na etapie projektu także jako *Network Code Requirements for Generators* (NC RfG), opracowane zostało w ramach Unii Europejskiej, na podstawie *Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady Europy (WE) nr 714/2009 z dnia 13 lipca 2009 r. w sprawie warunków dostępu do sieci w odniesieniu do transgranicznej wymiany energii elektrycznej*. Zostało opublikowane 27 kwietnia 2016 r., a w życie weszło 17 maja 2016 r., przy czym przyjęto w jego stosowaniu 36-miesięczny okres przejściowy.

Zakres merytoryczny kodeksu sieciowego został określony na wniosek Komisji Europejskiej przez unijną agencję *Agency for the Cooperation of Energy Regulators* (ACER), która opracowała *Ramowe wytyczne* określające ramowy zakres merytoryczny kodeksu. Opierając się na tym dokumencie stowarzyszenie *European Network of Transmission System Operators for Electricity* (ENTSOE) zostało zobowiązane do opracowania projektu kodeksu sieciowego, który w kolejnych etapach był weryfikowany przez ACER oraz akceptowany w procesie komitologii przez Komisję Europejską. Ustanowione niniejszym rozporządzeniem wymogi dla jednostek wytwórczych mają przyczynić się do utrzymania należytego bezpieczeństwa systemu, ułatwić właściwe funkcjonowanie rynku wewnętrznego energii elektrycznej między obszarami synchronicznymi oraz w ich obrębie, a także poprawić efektywność kosztową funkcjonowania systemu. Zharmonizo-

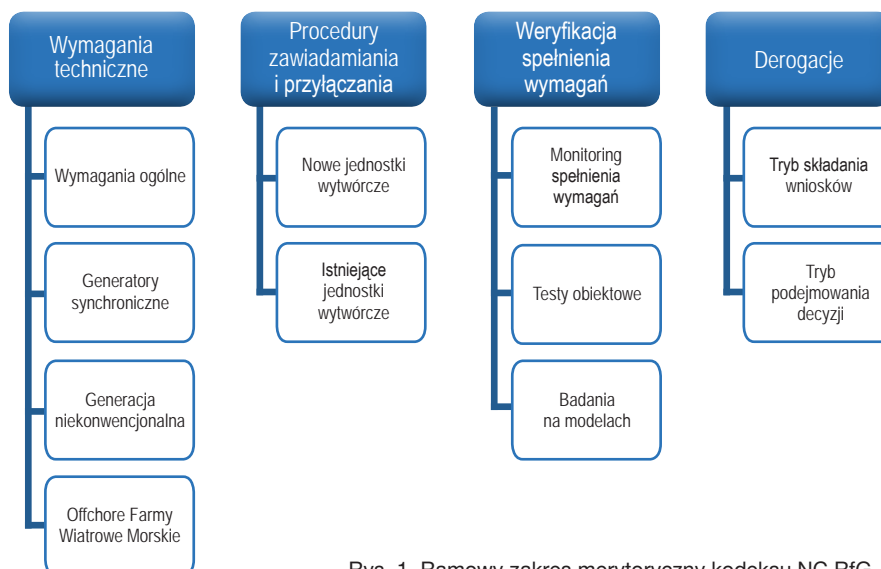
wane zasady dotyczące przyłączenia jednostek wytwórczych do sieci elektroenergetycznej mają zapewnić jasne ramy prawne dla połączeń sieciowych, ułatwić handel energią elektryczną w ramach krajów Unii Europejskiej i z nią stowarzyszonych, poprawić długoterminowe bezpieczeństwo systemu, ułatwić integrację odnawialnych źródeł energii, zwiększyć konkurencję i umożliwić bardziej efektywne wykorzystanie sieci i zasobów, co w intencji inicjatorów całego projektu ma przynieść wymierne korzyści dla konsumentów.

Zakres merytoryczny dokumentu

Kodeks sieciowy *Requirements for Grid Connection Applicable to all Generators* definiuje wymagania techniczno-organizacyjne dla jednostek wytwórczych (co do zasady nowych, z możliwością ich zastosowania na jednostki istniejące), określa procedury przyłączania do sieci nowych jednostek wytwórczych (JW), sposób weryfikacji spełnienia wymagań oraz tryb udzielenia odstępstw od stosowania wymagań.

Przez jednostkę wytwórczą należy rozumieć zarówno konwencjonalne jednostki wytwórcze, jak również niekonwencjonalne źródła energii, takie jak farmy wiatrowe czy też fotowoltaiczne PV.

Kodeks sieciowy NC RfG określa wymagania techniczne dla jednostek wytwórczych zależnie od ich mocy i napięcia przyłączenia. Zdefiniowano cztery typy jednostek wytwórczych: A, B, C, D. Najmniejszą JW, która została objęta wymaganiami



Rys. 1. Ramowy zakres merytoryczny kodeksu NC RfG

tego kodu sieciowego, jest jednostka o mocy osiągalnej 0,8 kW (typ A). Dla większych JW, tj. dla pozostałych typów jednostek, ze względu na różnorodność struktur wytwarzania w poszczególnych krajach objętych stosowaniem kodeksu sieciowego, progi mocowe zostały zróżnicowane i określone dla poszczególnych obszarów synchronicznych (tab. 1).

Tabela 1

Typy jednostek wytwórczych zdefiniowane w NC RfG

Obszar synchroniczny	Max próg mocy dla typu B	Max próg mocy dla typu C	Max próg mocy dla typu D
Europa kontynentalna	1 MW	50 MW	75 MW
Kraje skandynawskie	1,5 MW	10 MW	30 MW
Wielka Brytania	1 MW	10 MW	30 MW
Irlandia	0,1 MW	5 MW	10 MW
Kraje bałtyckie	0,5 MW	5 MW	15 MW
	oraz	oraz	lub
Poziom napięcia	< 110 kV	< 110 kV	≥ 110 kV

Przeważająca większość wymagań technicznych ma charakter bezwzględnie obowiązujących wymagań niepełnych (ang. *non-exhaustive requirements*), które muszą zostać doprecyzowane na poziomie krajowym w zakresie i w ramach określonych NC RfG.

Głównym przedmiotem implementacji NC RfG na poziomie krajowym jest:

- wyznaczenie przez *Operatora Systemu Przesyłowego* (OSP) granicznych progów mocowych dla jednostek typu B, C, D, biorąc pod uwagę rzeczywiste potrzeby KSE, przy uwzględnieniu obecnej i przewidywanej struktury wytwarzania; progi mocowe podlegają weryfikacji w drodze publicznych konsultacji oraz uzgodnieniu z OSP krajów sąsiednich; finalnie wartości progów mocowych muszą być zatwierdzone przez *Urząd Regulacji Energetyki* (URE);
- opracowanie na poziomie krajowym przez OSP i/lub *Operatora Systemu Dystrybucyjnego* (OSD) szczegółowych wymagań w ramach wymagań niepełnych, które podlega-

ją, podobnie jak progi mocowe, zatwierdzeniu przez Urząd Regulacji Energetyki; należy zwrócić uwagę, że opracowane wymagania szczegółowe powinny zostać opracowane przy współpracy z przedstawicielami sektora, ale nie są wymagane publiczne konsultacje;

- opracowanie oraz upublicznienie przez OSP i OSD procedur operacyjnych i zasad w zakresie przewidzianym NC RfG, w szczególności dotyczących:
 - wydawania pozwolenia na użytkowanie,
 - wykazu dokumentów i informacji, które Wytwórca ma przedstawić w ramach procesu weryfikacji spełnienia wymagań,
 - warunków wykorzystania certyfikatów i ich rejestrowania,
 - podziału obowiązków między OSP/OSD a wytwórcą w zakresie testowania, wykonywania symulacji na modelach i monitorowania spełnienia wymagań.

NC RfG nie przewiduje, w przeciwieństwie do wymagań niepełnych, zatwierdzania wymienionych procedur przez krajowy urząd regulacyjny, ponieważ mają charakter operacyjny i nie wpływają na parametry techniczne poszczególnych części składowych jednostki wytwórczej.

Wymagania techniczne

Jednym z fundamentalnych zadań w procesie bilansowania i prowadzenia ruchu *Krajowego Systemu Elektroenergetycznego* (KSE) jest regulacja mocy wymiany i częstotliwości. Biorąc pod uwagę, że częstotliwość jest parametrem ogólnosystemowym, a realizacja procesu regulacji częstotliwości wymaga koordynacji pomiędzy operatorami systemu przesyłowego, w NC RfG znalazły się wymagania techniczne dla JW w tym zakresie. Należy przy tym zaznaczyć, że NC RfG definiuje jedynie środki techniczne niezbędne do realizacji tego procesu, nie określa natomiast, jak te środki w sposób skoordynowany wykorzystywać. To zagadnienie ma charakter operacyjno-ruchowy i jest przedmiotem odrębnego kodeksu sieciowego, tzw. *System Operational Guideline*

(dalej SO GL). NC RfG wymienia pięć podstawowych automatyk dla realizacji regulacji częstotliwości w systemie, wymaganych od poszczególnych typów jednostek wytwórczych, które zostały zestawione w tabeli 2.

Tabela 2

Automatyki dla regulacji częstotliwości zdefiniowane w NC RfG

Typ JW / Wymaganie	A	B	C	D
Regulacja pierwotna (FSM)			X	X
Regulacja wtórna (FRC)			X	X
Regulacja obrotów RO(P) (LFSM-O)	X	X	X	X
Regulacja obrotów RO(P) (LFSM-U)			X	X
Sztuczna inercja ^{*)}			X	X

^{*)} wymaganie opcjonalne

Analizując postawione w tym zakresie wymagania widać, że wymóg zdolności do klasycznej regulacji pierwotnej i wtórnej postawiono już jednostkom typu C, czyli przyłączonym do sieci średniego napięcia (SN). Dodatkowo zdefiniowano nową automatykę LFSM, której zadaniem jest wspomaganie procesu regulacji częstotliwości, w przypadku gdy podstawowe środki i zasoby regulacyjne okażą się niewystarczające. Wówczas po przekroczeniu określonego progu częstotliwościowego w zakresie 0,2–0,5 Hz wszystkie JW powyżej 0,8 kW (nawet typu A w przypadku wzrostu częstotliwości lub typu C i D w przypadku spadku częstotliwości) powinny uczestniczyć w regulacji częstotliwości poprzez odstąpienie od regulacji mocy i przejście do regulacji obrotów/częstotliwości, korygując moc wyjściową, zgodnie z ustawioną charakterystyką statyczną $P = f(f)$. Funkcjonalność ta jest zbliżona do obecnie obowiązującego wymagania zdolności do pracy w trybie RO(P), określonego w *Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Przesyłowej* (IRIESP) [2] dla jednostek konwencjonalnych o mocy 50 MW i powyżej.

Jednym z wymagań technicznych, zupełnie nowym, które nie ma dotychczas odpowiednika w wymaganiach IRIESP, jest zdolność farm wiatrowych i PV do tzw. sztucznej inercji. Jest to zdolność tzw. opcjonalna, która może być wymagana na poziomie krajowym, jeśli OSP uzna to za uzasadnione, biorąc pod uwagę udział generacji PV i wiatrowej w pokryciu zapotrzebowania. Należy zaznaczyć, że NC RfG nie definiuje precyzyjnie tej zdolności, lecz jedynie określa jej funkcjonalność i cel. Jest to typowe wymaganie niepełne, które musi być uszczegółowione na poziomie krajowym, jeśli będzie wymagane.

Należy zauważyć, że wymaganie sztucznej inercji nie jest jedynym „specjalnym” wymaganiem skierowanym do źródeł niekonwencjonalnych (RES). ENTSOE, autor projektu NC RfG, proponując wymagania wziął pod uwagę wciąż wzrastający udział źródeł niekonwencjonalnych, a w perspektywie 10–20 lat dominującą rolę tych źródeł w pokryciu zapotrzebowania na energię elektryczną. W perspektywie 2025 r. przewiduje się [3], że 8 krajów osiągnie indeks penetracji (RES Load Penetration Index) na poziomie 100%, a 22 kraje osiągną poziom tego indeksu pow. 50%. Skutkować to mogłoby w określonych godzinach doby brakiem dostępności środków technicznych do regulacji parametrów pracy systemu, które dotychczas były pozyskiwane z dużych jednostek konwencjonalnych przyłączonych do sieci wysokich i najwyższych napięć, drastycznie małą inercją systemu oraz brakiem mocy zwarciowej. Inną kwestią, ale nie mniej

krytyczną, jest to, że pewne technologie konwerterowe HVDC w „słabym” systemie po prostu nie będą mogły w takich warunkach prawidłowo pracować. Typowym tego typu przykładem są układy konwerterowe typu LCC oparte na układach tyrystorowych (tzw. ang. *current sourced converter*), które wykorzystują napięcie sieciowe do komutacji – zniekształcone napięcie sieciowe może doprowadzić do błędów w komutacji i całkowitego blokowania tych układów. Z powyższych powodów w NC RfG znalazła się pewna grupa wymagań specjalnych dla źródeł niekonwencjonalnych, które zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3

Wymagania specjalne dla źródeł niekonwencjonalnych zdefiniowane w NC RfG

Typ JW / Wymaganie	A	B	C	D
FRT		X	X	X
Fast fault current injection ^{*)}		X	X	X
Active power recovery		X	X	X

^{*)} wymaganie opcjonalne

Spośród wymagań wykazanych w tabeli 3 jedynie FRT, czyli zdolność farmy wiatrowej i PV do utrzymania się w sieci podczas zwarcia, można uznać za standardowe wymaganie, które dotychczas jest określone także w IRIESP oraz *Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej* (IRIESD). NC RfG w swoich wymaganiach idzie krok dalej. Nie wymaga „tylko” przetrwania zwarcia, ale również aktywnego udziału w dostarczeniu szybkiego prądu do wykrycia zwarcia, podtrzymywania napięcia podczas zwarcia oraz zapewnienia szybkiej odbudowy mocy czynnej po ustąpieniu zwarcia w celu zapewnienia stabilności częstotliwościowej, co jest szczególnie ważne w przypadku małych systemów. Dodatkowo należy podkreślić, że źródła odnawialne nie zostały wykluczone z posiadania zdolności do udziału w regulacji pierwotnej i wtórnej częstotliwości – w tym zakresie wymaga się od nich takich samych właściwości jak od konwencjonalnych jednostek wytwórczych.

Procedura pozwolenia na użytkowanie na potrzeby przyłączenia

Celem wymienionej w NC RfG procedury pozwolenia na użytkowanie na potrzeby przyłączenia jest wykazanie przez właściciela JW właściwemu operatorowi systemu, że JW spełnia wszystkie określone dla niej wymagania techniczne zawarte w NC RfG. Procedura jest zróżnicowana w zależności od typu JW (typ A–D). Szczegółowe wymagania i zasady postępowania zostaną opracowane i upublicznione przez OSP i OSD.

W ramach realizacji procedury pozwolenia na użytkowanie, zgodnie z NC RfG, dla JW typu B, C właściwy operator systemu otrzymuje od właściciela JW m.in.:

- dokument poświadczenia zgodności określający aktualny stan JW w zakresie zgodności z wymaganiami,
- sprawozdanie z testów zgodności,
- modele symulacyjne,
- analizy pokazujące osiągi JW w stanie ustalonym i dynamicznym.

Na podstawie wymienionych oraz innych określonych przez właściwego operatora systemu dokumentów wydawane jest właścicielowi JW ostateczne pozwolenie na użytkowanie.

Dla JW typu D procedura pozwolenia na użytkowanie jest bardziej złożona i zawiera następujące etapy:

- pozwolenie na podanie napięcia,
- tymczasowe pozwolenie na użytkowanie,
- ostateczne pozwolenie na użytkowanie.

Pozwolenie na podanie napięcia

NC RfG [1] w art. 2 pkt. 63 definiuje pozwolenie na podanie napięcia następująco:

„*pozwolenie na podanie napięcia*” (EON) oznacza *pozwolenie wydawane przez właściwego operatora systemu dla właściciela zakładu wytwarzania energii, właściciela instalacji odbiorczej, operatora systemu dystrybucyjnego lub właściciela systemu HVDC przed podaniem napięcia na jego sieć wewnętrzną.*

Obecnie stosowana praktyka, wynikająca z aktualnych standardowych zapisów umowy o przyłączenie JW do sieci, nie stoi w sprzeczności z zapisami NC RfG w zakresie wymogu uzyskania pozwolenia na podanie napięcia. Jednym z załączników wymienionej umowy jest dokument pt. *Zgłoszenie gotowości do przyjęcia napięcia*, który potwierdza wypełnienie wymagań organizacyjnych i uzyskanie zdolności technicznej JW do bezpiecznego podania napięcia na sieć wewnętrzną przyłączanego podmiotu.

Przyszłe szczegółowe wymagania w zakresie procedury EON zostaną opracowane przez OSP i OSD.

W procesie przyłączenia JW do KSE zaangażowane są firmy eksperckie, których zadaniem jest opracowywanie szczegółowych programów testów, nadzór nad ich realizacją oraz sporządzenie raportów.

Celem prób jest wykazanie zgodności wykonania urządzeń JW z wymaganiami umowy o przyłączenie i zapisami IRiESP.

Obecnie przyjęty schemat wykonywania testów umownie obejmuje dwie grupy:

- testy odbiorowe do wykonania przed pierwszą synchronizacją JW z KSE,
- testy odbiorowe do wykonania przed przekazaniem JW do eksploatacji.

W zakres testów odbiorowych do wykonania przed pierwszą synchronizacją JW z KSE w praktyce wchodzi:

- a) próby funkcjonalne wszystkich obwodów wyłączających pomiędzy generatorem JW a systemem sieci Operatora, obejmujące:
 - próby funkcjonalne obwodów wyłączających oraz obwodów sterowania, blokad i sygnalizacji w układzie wyprowadzenia mocy;
 - próby funkcjonalne powiązań obwodów wyłączających oraz obwodów sterowania, blokad i sygnalizacji w relacji wyprowadzenia mocy JW w elektrowni -> pole bloku w stacji oraz w relacji odwrotnej;
- b) weryfikacja nastaw zabezpieczeń elektrycznych JW, obejmująca:
 - próby wykonywane na postoju JW z użyciem wymuszałnika prądów i napięć.

Testy wymienione w punktach a) i b) muszą być wykonane przed podaniem napięcia na sieć wewnętrzną, ich realizacja jest niezbędnym elementem wymaganym do uzyskania pozwolenia na podanie napięcia.

Po podaniu napięcia w zakres dalszych testów do wykonania przed pierwszą synchronizacją JW z KSE wchodzi:

- c) sprawdzenie zgodności faz napięcia pomiędzy transformatorem blokowym a siecią Operatora,
- d) załączenie i nastawienie statyczne automatycznego regulatora napięcia generatora,
- e) sprawdzenie wybranych funkcji regulacji i zabezpieczeń regulatora turbiny JW,
- f) próby elektryczne turbozespołu prądem i napięciem pierwotnym, obejmujące:
 - próby zabezpieczeń elektrycznych: próby prądowe, próby ziemnozwarciowe, próby napięciowe,
 - próby biegu jałowego i zwarcia znamionowego generatora,
 - próby regulatora napięcia z generatorem pracującym bez obciążenia (bieg jałowy), obejmujące m.in.: próby wzbudzenia generatora, sprawdzenie zakresu i stabilności regulacji napięcia, próby przełączania z regulacji automatycznej na ręczną,
 - próby synchronizacyjne zakończone pierwszą synchronizacją JW z KSE.

Tymczasowe pozwolenie na użytkowanie

Pozwolenie uprawnia właściciela JW, po przyłączeniu do sieci, do wytwarzania energii przez określony czas, maksymalnie do 24 miesięcy.

Wydawane jest ono przez właściwego operatora systemu po otrzymaniu od właściciela JW m.in.:

- dokumentu poświadczenia zgodności określającego aktualny stan JW w zakresie zgodności z wymaganiami,
- modeli symulacyjnych,
- analiz pokazujących osiągi JW w stanie ustalonym i dynamicznym,
- szczegółowych informacji nt. planowanych testów zgodności.

Na tym etapie w zakresie obiektowych testów JW realizowane są:

- próby zabezpieczeń elektrycznych JW pod obciążeniem,
- próby regulatora napięcia JW pod obciążeniem, obejmujące m.in.: sprawdzenie: ograniczników (prądów stojana i wirnika, kąta mocy), działania stabilizatora systemowego PSS, generacji i zrzutu znamionowej mocy biernej, statyzmu automatycznej regulacji napięcia,
- pozostałe wymagane testy właściwe dla danego typu JW, niezbędne do wykazania zgodności z wymaganiami NC RfG.

Ostateczne pozwolenie na użytkowanie

Wydawane jest właścicielowi JW po usunięciu wszystkich niezgodności wykazanych (ewentualnie) na etapie tymczasowego pozwolenia na użytkowanie, przeprowadzeniu wymaganych testów zgodności, aktualizacji przekazanych danych technicznych, analiz, dostarczeniu walidowanych, opartych na rzeczywistych wynikach pomiarowych, modeli symulacyjnych.

Zapewnienie zgodności

Oprócz wymagań technicznych zawartych w NC RfG, odnoszących się do klasyfikowanych JW typu A–D, kodeks sieciowy przedstawia również zakres działań, które w odniesieniu do nich należy zrealizować w celu potwierdzenia zapewnienia zgodności z wymaganiami. Działania te obejmują m.in. przeprowadzenie rzeczywistych obiektowych testów zgodności JW, jak również wykonanie badań symulacyjnych (symulacji zgodności) na podstawie zwalidowanych modeli.

Założeniem NC RfG jest, aby eksploatowana JW spełniała postawione wymagania w trakcie całego okresu swojej pracy, stąd właściwy operator systemu (OSP/OSD) po pierwszych wykonanych testach na etapie uzyskiwania pozwolenia na użytkowanie ma prawo przeprowadzać symulacje zgodności i testy okresowo lub zdarzeniowo, po wystąpieniu zakłócenia. Ponadto OSP/OSD musi być informowany przez właściciela JW o planowanych modernizacjach JW, które mogą mieć wpływ na spełnienie obowiązujących wymagań, co w sposób bezpośredni implikuje wykonanie testów sprawdzających. Testy sprawdzające muszą być oparte na zatwierdzonych przez OSP/OSD harmonogramach i procedurach.

W odniesieniu do symulacji zgodności właściciel JW przedstawia OSP/OSD sprawozdanie z wyników symulacji w zakresie wymaganych modeli, które zostały zwalidowane na podstawie uzyskanych wyników prób obiektowych.

Obiektowe testy zgodności

Zapisy NC RfG w części dotyczącej zapewnienia zgodności zawierają zestawienie wymaganych testów odbiorowych dla synchronicznych JW oraz lądowych i morskich parków energii. Zestawienie wymaganych testów w odniesieniu do synchronicznych JW podano w tabeli 4.

Tabela 4

Testy odbiorowe dla synchronicznych JW wymagane na podstawie zapisów NC RfG

Wyszczególnienie	Test odbiorowy
LFSM-O	TAK
LFSM-U	TAK
FSM	TAK
Regulacja odbudowy częstotliwości	TAK
Zdolność do rozruchu autonomicznego	TAK
Zdolność do pracy na potrzeby własne	TAK
Zdolność do generacji mocy biernej	TAK

W ramach artykułu przypomniano wymagania NC RfG dla wybranych wymienionych automatyk oraz opisano istotne cechy obecnie stosowanej krajowej praktyki odbiorowej w tym zakresie.

Automatyka FSM i regulacja odbudowy częstotliwości

Zgodnie z postanowieniami NC RfG obowiązek posiadania automatyki FSM (regulacja pierwotna) został nałożony na JW typu C i D (moc osiągalna 50 MW i powyżej oraz punkt przyłączenia do napięcia 110 kV i powyżej).

Pewne działanie regulacji pierwotnej w normalnych warunkach pracy systemu elektroenergetycznego (SE) jest bardzo istotne ze względu na konieczność stałego bilansowania wytwarzania i odbiorów. Stąd też odpowiedź regulacji pierwotnej musi być na bieżąco monitorowana i okresowo sprawdzana poprzez przeprowadzanie obiektowych testów zgodności. Okresowe sprawdzanie działania może być powiązane z zakończeniem istotnego remontu JW wynikającego z potrzeb jej bieżącej eksploatacji, jak również może wynikać z wykonanej modernizacji.

Wymagania dla regulacji pierwotnej zawarte w NC RfG nie odbiegają istotnie od obecnych regulacji zawartych w IRIESP. Różnice sprowadzają się do zapewnienia większej zmienności nastawialnego statyzmu regulacji 2–10% (IRiESP: 2–8%), dopuszczenia większej nieczułości regulacji pierwotnej $|\Delta f|$: 10–30 mHz (IRiESP: $|\Delta f| < 10$ mHz) oraz wprowadzenia granicznego opóźnienia odpowiedzi do 2 s. Podstawowa właściwość dynamiczna, tj. zapewnienie pełnej odpowiedzi regulacji pierwotnej do 30 s, pozostaje bez zmian. Wobec powyższego bez przeszkód może być stosowana dotychczasowa krajowa metodyka obiektowych testów regulacji pierwotnej zawarta w akceptowanym przez OSP programie prób. Przedstawiony w nim sposób badania odpowiedzi regulacji pierwotnej jest sumą wieloletnich doświadczeń i w razie konieczności na bieżąco podlega uzupełnieniu, zgodnie z oczekiwaniami OSP.

Działanie regulacji pierwotnej sprawdzane jest w całym zakresie regulacji od poziomu minimum technicznego do mocy osiągalnej, co odpowiada zaleceniom zawartymi w NC RfG. Oprócz samodzielnego badania odpowiedzi regulacji pierwotnej kontrolowana jest również łączna reakcja mocy czynnej bloku podczas współdziałania regulacji pierwotnej z regulacją wtórną i/lub trójną (regulacją odbudowy częstotliwości).

Zgromadzony materiał dokumentujący przebieg prób w postaci zarejestrowanych przebiegów głównych parametrów pracy JW, podejmowanych działaniach symulacyjnych i regulacyjnych, powinien być wykorzystany do zwalidowania budowanych/użytych modeli symulacyjnych.

Zdolność do udziału w regulacji LFSM

Znaczenie regulacji LFSM nie ulega najmniejszej wątpliwości, lecz skuteczność jej oddziaływania na pracę systemu elektroenergetycznego (SE) zależy od solidarnego (w całym obszarze synchronicznym) w niej udziału wszystkich pracujących JW, które ze względu na swoje bieżące punkty pracy i aktualne ograniczenia są zdolne do zmiany mocy.

Wymagania dotyczące automatyki LFSM są nowymi wymaganiami wprowadzonymi zapisami NC RfG. Definiują one wielkość odpowiedzi mocy JW w stanie ustalonym w przypadku wystąpienia w systemie znacznych odchyłek częstotliwości. Wartość odpowiedzi uzależniono od parametrów statycznych, tj. ustawionej strefy martwej i statyzmu. Nie określono w NC RfG dynamicznego charakteru odpowiedzi z wyjątkiem konieczności reakcji w czasie nieprzekraczającym 2 s.

Zawarte w NC RfG wymagania dotyczące testowania zachowania JW w regulacji LFSM odnoszą się do weryfikacji parametrów statycznych oraz sprawdzenia przebiegu zmiany mocy w odpowiedzi na skokową zmianę częstotliwości o wielkość co najmniej $\pm 10\% P_{os}$ w stanie ustalonym.

Biorąc pod uwagę obowiązujące w KSE kryteria identyfikacji przejścia JW do pracy wyspowej, ($\pm 1,3$ Hz, 1 s) oraz kryteria aktywacji LFSM (0,2–0,5 Hz) jest oczywiste, że działanie regulacji LFSM w postaci zaproponowanej zapisami NC RfG zachodzi po zadziałaniu regulacji pierwotnej FSM, a przed podziałem samoistnym systemu na wyspy sieciowe i przefazowaniem JW do trybu pracy wyspowej. Ponieważ działanie regulacji LFSM powinno być stabilne i wykonalne, to zwłaszcza zachowanie UAR ciepłych JW powinno zostać dokładnie zdefiniowane dla obu przypadków wzrostu i spadku częstotliwości. Może to skutkować modyfikacją istniejących algorytmów regulacji. Wskazane jest, aby przed podjęciem wprowadzania zmian obiektowych proponowane rozwiązania zostały przebadane na modelach.

Dokładny sposób weryfikacji działania regulacji LFSM powinien być przedmiotem nowo opracowanej procedury odbiorowo-kontrolnej. Zgromadzony materiał dokumentujący przebieg prób w postaci zarejestrowanych przebiegów głównych parametrów pracy JW i podejmowanych działań regulacyjnych powinien być wykorzystany do zwalidowania budowanych/używanych modeli symulacyjnych.

Zdolność do zrzutów obciążenia do pracy na potrzeby własne (PPW)

Zgodnie z NC RfG automatyka opanowująca zrzuty mocy do poziomu mocy potrzeb własnych została określona dla jednostek wytwórczych typu C i D, tj. dla jednostek wytwórczych o mocy 50 MW i powyżej oraz wszystkich przyłączonych do napięcia 110 kV i powyżej, niezależnie od ich technologii, przy czym zdolność ta jest wymagana wyłącznie od jednostek wytwórczych, których czas resynchronizacji po ich odłączeniu od sieci przekracza 15 min.

Identyfikacja stanu wyłączników w torze wyprowadzenia mocy może być wykorzystywana do określenia stanu pracy na potrzeby własne jako dodatkowa informacja, ale nie jako jedyna identyfikująca ten stan pracy. Zatem w świetle zapisów NC RfG jednostka wytwórcza musi być dostosowana do przejścia do PPW zarówno z identyfikacją stanu łączników w torze wyprowadzenia mocy, jak i bez identyfikacji, jeśli elektrycznie stan pracy PPW wystąpi.

Jednostka wytwórcza powinna być zdolna do przejścia do PPW z każdego dopuszczalnego punktu pracy. Po przejściu do pracy na potrzeby własne jednostka wytwórcza powinna być zdolna do ciągłej pracy w tym stanie, niezależnie od sposobu przyłączenia urządzeń potrzeb własnych i ogólnych do sieci zewnętrznej. Minimalny czas pracy PPW nie został określony w NC RfG i będzie określany na poziomie krajowym przez właściwego operatora systemu w koordynacji z OSP, przy uwzględnieniu technologii jednostki wytwórczej.

Zdolność JW do zrzutu mocy z dowolnego poziomu obciążenia z przejściem do pracy PPW jest bardzo istotna zarówno z punktu widzenia właściciela JW, jak również właściwego operatora systemu (OSP/OSD). Dla właściciela JW oczywistą korzyścią jest zapewnienie pewności zasilania urządzeń potrzeb własnych i zminimalizowanie ryzyka ich możliwego uszkodzenia wywołanego utratą zasilania, jak również uniknięcie dodatkowych kosztów rzeczowych na wypadek nieudanego zrzutu mocy. Korzyścią OSP/OSD jest możliwość jak najszybszego ponownego połączenia JW do SE, gdy tylko pozwolą na to bieżące warunki sieciowe.

Z technicznego punktu widzenia identyfikacja zrzutu PPW nie może być oparta jedynie na stanie wyłączników w układzie wyprowadzenia mocy JW. W każdym przypadku układy automatycznej regulacji muszą zapewnić, aby zmiany parametrów JW nie wykroczyły poza progi działania zabezpieczeń technicznych i elektrycznych skutkujących jej awaryjnym odstawieniem. Szczególne znaczenie ma tu szybkie działanie regulatora turbiny, zapobiegające nadmiernemu wzrostowi prędkości obrotowej i ograniczające ryzyko zadziałania wytrząsku turbiny.

Rozpoznanie przejścia do pracy PPW na podstawie stanu położenia łączników daje możliwość natychmiastowej reakcji na powstałe zakłócenie. Jest niejednokrotnie wykorzystywane do wyprzedzającego szybkiego zamykania zaworów regulacyjnych turbiny, załączenia regulacji prędkości obrotowej PI, otwierania stacji obejściowych turbiny, jak również redukcji ilości paliwa. Wszystkie te działania przyczyniają się do poprawy opanowania zakłócenia i ustabilizowania pracy JW w stanie PPW.

Brak informacji o faktycznym przejściu do stanu PPW skutkuje pewnym opóźnieniem reakcji i zazwyczaj prowadzi do przejściowo większych odchyłek regulowanych parametrów. Przebieg stanu nieustalonego w dużej mierze zależy wówczas od przyjętych rozwiązań technicznych, np. sposobu rozwiązania działania regulacji pierwotnej (odpowiedź ograniczona/nieograniczona), stosowania w regulatorach turbin ograniczników szybkości zmiany prędkości obrotowej, dodatkowych statycznych regulatorów zabezpieczeniowych prędkości. Ponadto korzystne są również zaimplementowane algorytmy wykrywające zrzut obciążenia z działaniem na redukcję ilości paliwa i szybkie otwieranie stacji obejściowych turbiny. Zrzuty obciążenia JW do poziomu PPW bez identyfikacji położenia łączników prowadzą zazwyczaj do przejścia przystosowanych JW w tryb pracy wyspowej z regulatorem prędkości obrotowej typu P.

W dotychczasowej praktyce, zgodnie z zapisami IRiESP, JW podlegają obowiązkowej procedurze odbiorczej zrzutów mocy do pracy PPW, jeżeli ich moc osiągalna jest większa od 100 MW. Testy te inicjowane są wyłączeniem wyłączników blokowych, a więc identyfikacja zrzutu mocy odbywa się na podstawie stanu położenia łączników. Zgodnie z procedurą należy wykonać trzy zrzuty mocy.

Bardzo istotnym wymogiem obecnym w IRiESP, a nieokreślonym w NC RfG, jest warunek powstrzymania się operatora bloku od interwencji przez okres 3 minut, bezpośrednio po zrzucie. W tym czasie tylko prawidłowe działanie układów automatycznej regulacji powinno opanować skutki dużego zakłócenia w pracy JW. Limitującym końcową ocenę prób jest wynik zrzutu z pełnego obciążenia z następującym po nim czasem pracy z obciążeniem PPW nie krótszym niż 120 minut oraz zakończona pomyślnie resynchronizacja JW z KSE. Pozostałe wymagane dwa zrzuty mogą zostać zrealizowane z obciążenia zawartego w przedziale od minimum technicznego do mocy osiągalnej i po każdym z nich czas pracy PPW nie może być krótszy niż 15 minut. Podobnie jak poprzednio koniecznym warunkiem zaliczenia testu jest udana synchronizacja JW z KSE. Ostatecznie JW zostanie uznana za zdolną do awaryjnego przechodzenia do pracy PPW, jeżeli dwa z trzech zrealizowanych zrzutów, w tym jeden z pełnego obciążenia, zakończą się wynikiem pozytywnym. Takie podejście, tj. wykazanie powtarzalności udanych zrzutów mocy dzięki pewnemu działaniu automatyki, pokazuje rzeczywistą zdolność JW do awaryjnego przejścia do pracy PPW.

Nowym wymaganiem NC RfG, niewystępującym w IRIESP, jest wykonanie rzutu mocy z poziomu mocy osiągalnej, przy znamionowej mocy biernej.

Wobec powyższego, po wprowadzeniu nowego wymogu rzutu mocy z poziomu mocy osiągalnej przy znamionowej mocy biernej, obecnie stosowana w KSE procedura odbiorowa rzutów mocy do pracy PPW z identyfikacją stanu położenia łączników w torze wyprowadzenia mocy powinna zostać utrzymana w odniesieniu do nowych JW typu C i D, istniejących modernizowanych, a także do okresowego stosowania.

Zdolność do pracy wyspowej

Zgodnie z NC RfG zdolność do pracy wyspowej jest określona dla jednostek typu C i D, tj. dla jednostek wytwórczych o mocy 50 MW i powyżej oraz wszystkich przyłączonych do napięcia 110 kV i powyżej, niezależnie od ich technologii, przy czym decyzja o konieczności dostosowania danej jednostki do tego wymagania będzie podejmowana przez właściwego operatora systemu w koordynacji z OSP.

Jednostka wytwórcza dedykowana do pracy wyspowej powinna posiadać zdolność do pracy w zakresie zmienności napięcia (0,85–1,15 lub 1,10 U_n) i częstotliwości (47,5–51,5 Hz), przy czym jest to standardowo wymagany postanowieniami NC RfG obszar pracy jednostki wytwórczej, niezależnie czy dana jednostka decyzją operatora ma posiadać zdolność do pracy wyspowej, czy też nie.

Zdolność JW do pracy wyspowej to umiejętność uczestnictwa w regulacji napięcia i częstotliwości w systemie elastycznym, w którym zakres zmian obu wielkości istotnie odbiega od tych występujących w normalnych warunkach pracy dużych SE. Przystosowanie do pracy wyspowej należy rozpatrywać sumarycznie, tj. jako umiejętność nagłego przejścia do pracy wyspowej po rozpadzie dużego SE na z reguły nieznaną i początkowo niezbilansowane obszary sieciowe, jak również zdolność do bilansowania obszaru wyspowego w trakcie jego rozbudowy. Możliwe jest, że podczas awarii systemowej JW doświadczy kolejno obu tych etapów lub tylko drugiego z nich. Jeżeli z przyczyn niezależnych od JW nie było możliwe utrzymanie zasilania awaryjnie wyodrębnionego obszaru sieciowego i częstotliwość/napięcie przekroczy dozwolone granice zmian, to w uzgodnieniu z operatorem systemu, dla zapewnienia bezpieczeństwa pracy, JW powinna zostać automatycznie odłączona od sieci i przejść do pracy PPW. Z tego stanu, po synchronizacji z istniejącym obszarem wyspowym lub też od podstaw po podaniu napięcia na szyny najbliższej rozdzielni sieciowej, JW może dalej uczestniczyć w odbudowie zasilania systemu. W szczególnie niekorzystnych warunkach, jeżeli przejście do pracy PPW będzie nieudane, dalszy udział JW w odbudowie zasilania systemu będzie możliwy dopiero po jej uruchomieniu i synchronizacji z obszarem wyspowym.

Mając powyższe na uwadze stosowana krajowa procedura odbiorowa umownie składa się z dwóch części. Celem pierwszej z nich, realizowanej w trakcie pracy JW równoległe z KSE, jest głównie potwierdzenie zdolności badanej JW do bilansowania układu wyspowego. Sprawdzane jest przystosowanie JW do skokowych zmian obciążenia $\dots \pm 10\%$. Ponieważ zadanie odbudowy zasilania systemu, po wcześniejszym użyciu samostartujących hy-

drozespołów w elektrowniach wodnych, będzie przede wszystkim spoczywało na ciepłych JW, to aby był możliwy taki przyrost obciążenia i jego utrzymanie, bloki muszą zostać do tego odpowiednio przystosowane. Służą temu wypracowane rozwiązania techniczne [5, 6] z zapewnieniem większego obciążenia kotła ponad bieżące zapotrzebowanie turbiny. Realizowany test pozwala zatem właściwie ocenić kompleksowe przystosowanie bloku do zmiennego obciążenia, jakie zachodzi w warunkach pracy wyspowej.

Druga część prób rozpoczyna się testem opanowania rzutu obciążenia bez identyfikacji położenia łączników w torze wyprowadzenia mocy. W trakcie rzutu do obciążenia potrzeb własnych następuje przekroczenie dopuszczalnego poziomu odchyłki częstotliwości (+1,3 Hz, 1 s), co przy zamkniętych wyłącznikach generatorowym i blokowym identyfikuje potrzebę przejścia bloku do trybu pracy wyspowej. Dochodzi wówczas do przełączenia regulacji mocy na proporcjonalną regulację prędkości obrotowej/częstotliwości i prowadzenia wybranych UAR bloku zgodnie z założeniami działania w warunkach wyspowych.

Po opanowaniu rzutu mocy i stabilizacji w pełni elastycznym systemie możliwe jest zbadanie odporności urządzeń potrzeb własnych bloku do pracy w nieznamionowych warunkach zasilania: napięcia (0,8–1,05 U_n) i częstotliwości (48–52 Hz). Sprawdzeniu podlega również zdolność do podania napięcia na wydzielone szyny najbliższej rozdzielni sieciowej. Podanie napięcia może być wykonane po ręcznym załączeniu wyłącznika blokowego przez operatora lub po automatycznym załączeniu przez synchronizator działający w trybie „system bez napięcia”. Preferowanym rozwiązaniem jest użycie synchronizatora, ponieważ przed załączeniem wyłącznika bloku sprawdza on obecność napięcia na szynach rozdzielni, co w drugim przypadku musi być wykonane przez operatora.

Szczególnie wartościowe są wyniki rzeczywistych prób systemowych uruchomienia JW przystosowanej do pracy wyspowej przy zasilaniu jej potrzeb własnych ze źródła startowego (układu równoległe pracujących hydrozespołów utworzonego po samostarcie elektrowni wodnej lub ciepłej JW pracującej z obciążeniem potrzeb własnych), zakończone synchronizacją z układem wydzielonym.

Próba pozwala ocenić przystosowanie JW do synchronizacji z niewielkim obszarem wyspowym, zdolność do pracy równoległej z innymi JW oraz zachowanie w procesie regulacji częstotliwości i napięcia.

Obecna krajowa praktyka odbiorowo-kontrolna pozwala we właściwy sposób ocenić przystosowanie JW do udziału w pracy wyspowej. Regularność sprawdzeń jest kluczowym elementem w procesie stałego zapewnienia zgodności z wymaganiami.

Zgromadzony materiał dokumentujący przebieg prób w postaci zarejestrowanych przebiegów głównych parametrów pracy JW i podejmowanych działań regulacyjnych powinien być wykorzystany do zwalidowania budowanych/używanych modeli symulacyjnych.

Zdolność do samostartu

Zgodnie z NC RfG zdolność do samostartu jest określona dla jednostek typu C i D, tj. dla jednostek wytwórczych o mocy 50 MW i powyżej oraz wszystkich przyłączonych do napięcia 110 kV i powyżej, niezależnie od ich technologii, ale to wymaga-

nie jest bezwarunkowo obligatoryjne. W przypadku gdy OSP uzna, że bezpieczeństwo systemu jest zagrożone wskutek braku środków do jego odbudowy, ma prawo do wystosowania zapytania dotyczącego dostosowania danej jednostki wytwórczej do samostartu, a wytwórca (domyślnie, bo *explicite* nie zostało to określone w NC RfG) jest zobowiązany przedstawić wycenę takiego dostosowania do samostartu.

Zgodnie z zapisami NC RfG jednostka wytwórcza musi być zdolna do uruchomienia w warunkach braku zasilania z zewnętrznych źródeł w czasie określonym przez właściwego operatora systemu w koordynacji z OSP.

W ramach zdolności do samostartu jednostka wytwórcza powinna być zdolna do:

- przyjmowania skokowych zmian obciążeń;
- regulacji częstotliwości zarówno w przypadku jej wzrostu, jak i obniżenia w całym zakresie mocy czynnej pomiędzy mocą minimalną i maksymalną, łącznie z poziomem potrzeb własnych;
- równoległej pracy z innymi jednostkami na wyspie;
- automatycznej regulacji napięcia podczas całego procesu odbudowy zasilania, w szczególności przy przyłączaniu kolejnych odbiorów, które skutkować mogą spadkami napięcia;
- synchronizacji z innym systemem/częścią systemu w zakresie zmienności w punkcie przyłączenia napięcia (0,85–1,15 lub 1,10 Un) i częstotliwości (47,5–51,5 Hz), przy czym jest to standardowo wymagany postanowieniami NC RfG obszar pracy jednostki wytwórczej, niezależnie czy dana jednostka decyzją operatora ma posiadać zdolność do pracy wyspowej, czy też nie.

Każdy z operatorów systemu przesyłowego w swoim obszarze regulacyjnym musi mieć JW, które posiadają zdolność do samostartu. Są one niezbędne do rozpoczęcia odbudowy SE po awarii blackout. W sposób naturalny takimi JW są hydrogeneratory w elektrowniach wodnych, a także przystosowane do tego turbozespoły gazowe.

Aby JW posiadała zdolność do samo startu, elektrownia/elektrociepłownia musi posiadać zainstalowany agregat Diesla (lub agregat gazowy) o dostatecznie dużej mocy, wystarczającej do zasilania potrzeb własnych uruchamianej JW. Na zakończenie uruchomienia podawane jest napięcie z generatora na wydzielone (w stanie beznapięciowym) szyny przyelektrownianej rozdzielni. Powszechną praktyką jest przejście przez JW zasilania potrzeb własnych i odstawienie agregatu rozruchowego. Przełączenie zasilania potrzeb własnych może być realizowane ręcznie przez operatora (z przerwą beznapięciową), jak również automatycznie (bezprzerwowo) po zsynchronizowaniu uruchamianej JW z agregatem rozruchowym i następnie odstawieniu agregatu. Proces przełączania zasilania może być wykonywany zarówno przed, jak i po podaniu napięcia na szyny rozdzielni.

Z punktu widzenia operatora systemu istotne jest, aby czas od wydania polecenia rozruchu do momentu gotowości do podania napięcia na szyny rozdzielni nie przekroczył założonej wartości. Obecnie w praktyce krajowej przyjmuje się 15 minut dla hydrozespołów oraz indywidualnie określoną wielkość dla turbozespołów gazowych (wartość ta nie przekracza 60 minut).

Realizowane testy nie ograniczają się do uruchomienia pojedynczej JW, ale obejmują również uruchamianie kolejnych i ich synchronizację z już pracującymi. Prowadzi to do tworzenia

wielomaszynowego układu wydzielonego z równolegle pracującymi JW sumarycznie obciążonymi niewielką mocą, wynikającą z zapotrzebowania ich potrzeb własnych. Taki wielomaszynowy układ musi pracować stabilnie z zachowaniem zdolności do regulacji napięcia i częstotliwości. Skuteczna zmiana częstotliwości i napięcia realizowana jest wówczas z wykorzystaniem grupowych nastawników obu wielkości. Kilka równolegle pracujących generatorów jest niezbędnych do kompensacji mocy biernej generowanej podczas tworzenia toru rozruchowego (dołączanie kolejnych odcinków wydzielonych linii przesyłowych), jeżeli mają być one wykorzystane do uruchamiania innej JW w oddalonej elektrowni na etapie odbudowy zasilania KSE. Dzięki równolegle pracującym generatorom możliwe jest również uruchomienie dużych napędów urządzeń potrzeb własnych startującej JW, zawycząj ciepłej.

Obecna krajowa praktyka odbiorowo-kontrolna w drobiazgowy sposób zapewnia sprawdzenie wszystkich funkcjonalności wymaganych zapisami NC RfG w stosunku do JW zdolnych do samostartu oraz udziału w odbudowie zasilania KSE. Faktyczne potwierdzenie działania JW jest realizowane dwukrotnie w ciągu roku – w ramach prób na terenie elektrowni/elektrociepłowni, a także dla większości JW raz na kilka lat podczas prób systemowych uruchomienia innych JW w oddalonych elektrowniach. Regularność sprawdzeń jest kluczowym elementem w procesie stałego zapewnienia zgodności z wymaganiami.

Zgromadzony materiał dokumentujący przebieg prób w postaci zarejestrowanych przebiegów głównych parametrów pracy JW i podejmowanych działaniach regulacyjnych powinien być wykorzystany do zwalidowania budowanych/używanych modeli symulacyjnych.

Podsumowanie

Zawarte w kodeksie sieciowym NC RfG techniczne i organizacyjne wymagania zdefiniowane dla nowych JW (z możliwością ich zastosowania dla istniejących) w zakresie ich przyłączenia do sieci oraz sposoby weryfikacji wymagań stanowią bazę odniesienia, na podstawie której należy zweryfikować dotychczasową krajową praktykę postępowania w tym zakresie. Przeważająca większość wymagań technicznych NC RfG nie jest nowymi wymaganiami, stąd też w KSE na przestrzeni lat wypracowano szereg procedur ich weryfikacji, które nadal mogą być stosowane. Dla nowych wymagań konieczne będzie opracowanie nowych procedur. Pełny obraz obowiązującej praktyki odbiorowej JW wyłoni się po dwuletnim okresie przejściowym, tj. implementacji przez OSP i OSD kodeksu sieciowego NC RfG na poziomie krajowym.

PIŚMIENNICTWO

- [1] *Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/631 z dnia 14 kwietnia 2016 r. ustanawiające kodeks sieci dotyczący wymogów w zakresie przyłączenia jednostek wytwórczych do sieci*, Dz. Urz. UE L112/1.
- [2] *Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Przesyłowej*, Polskie Sieci Elektroenergetyczne, wersja 2.0 z 15 grudnia 2011 z późniejszymi kartami aktualizacji.

- [3] *ENTSO-E's Ten Year Network Development Plan (TYNDP)*, ENTSOE, 2015, https://www.entsoe.eu/Documents/SDC%20documents/SOAF/150630_SOAF_2015_publication_wcover.pdf [dostęp:14.03.2016].
- [4] Ierna R., Zhu J., Urdal H., Roscoe A., Yu M., et al.: *Effects of VSM Converter Control on Penetration Limits of Non-Synchronous Generation in the GB Power System*, 15th Wind Integration Workshop, Vienna 2016, p. 8.
- [5] Kielian R., Lipiński M., Ziaja E.: *Doświadczenia IASE w rozwiązywaniu problemów technicznych towarzyszące dostosowaniu układów regulacji bloków energetycznych do pracy w systemie elastycznym (pracy wyspowej)*, „Energetyka”, Zeszyt tematyczny nr XVII „Blackout a Krajowy System Elektroenergetyczny – Rola dużych jednostek wytwórczych w realizacji planów obrony i odbudowy KSE”, 2008.
- [6] Bielaczyc A., Lasota S.: *Doświadczenia Elektrowni Kozienice S.A. przy wdrażaniu usługi systemowej w zakresie gotowości do odbudowy zasilania KSE*, „Energetyka”, Zeszyt tematyczny nr XVII „Blackout a Krajowy System Elektroenergetyczny – Rola

dużych jednostek wytwórczych w realizacji planów obrony i odbudowy KSE”, 2008.

- [7] Jansen K., Pfeiffer R., Rychlak J.: *European Network Codes for Grid Connection*, 2016 CIGRÉ USNC International Colloquium Evolution of Power System Planning to Support Connection of Generation, Distributed Resources and Alternative Technologies, <http://www.cigre.org> [dostęp: 14.03.2016].
- [8] *Wnioski z analiz prognostycznych na potrzeby Polityki energetycznej Polski do 2050 roku*, Załącznik 2 do *Polityki energetycznej Polski do 2050 roku*, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2015, <http://bip.me.gov.pl/node/24670> [dostęp:14.03.2016].
- [9] *Technical Report on ENTSO-E Network Code: Requirements for Generators*, raport końcowy z 12 listopada 2013, DNV KEMA Energy and Sustainability, https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/KEMA_Final%20Report_RfG%20NC.pdf [dostęp: 14.03.2016].



Energoelektronika.pl

WORTAL



- nowości z branży
- porady specjalistów
- przegląd prasy branżowej
- katalogi firm i producentów
- opisy urzędzeń i podzespołów
- kalendarium ważnych wydarzeń
- słownik techniczny angielsko-polski i polsko-angielski

WORTAL BRANŻOWY
www.energoelektronika.pl

Seminaria
Techniczne

- 26.01.2017 - Kielce - edycja 49
23.02.2017 - Olsztyn - edycja 50
23.03.2017 - Katowice  - edycja VII
20.04.2017 - Piła - edycja 51
16.05.2017 - Rzeszów - edycja 52
13.06.2017 - Elbląg - edycja 53
21.09.2017 - Siedlce - edycja 54
24-25.10.2017 - Wrocław (2 dni)  - edycja VIII
23.11.2017 - Kraków - edycja 55
06.12.2017 - Zielona Góra - edycja 56

PRAKTYCZNE SZKOLENIA
Programowanie sterowników
PLC Simens S7-1200



Energoelektronika.pl tel. (+48) 22 70 35 290/291, fax (+48) 22 70 35 101
marketing@energoelektronika.pl, www.energoelektronika.pl

DRUKOWANY
BIULETYN BRANŻOWY



NEWSLETTER
(11.000 ODBIORCÓW)

