



Jacek MALKO*

Studium przypadku: Europa – generacja, przesył, dystrybucja

STRESZCZENIE. Sektor energii elektrycznej krajów europejskich znajduje się w fazie głębokich przemian i musi stawić czoło wyzwaniom, obejmującym zrównoważenie i niezawodność dostaw energii oraz wdrożenie działań integracyjnych w ramach wewnętrznego rynku, obejmującego 28 krajów UE i podlegającego procesom liberalizacji. Starzejący się majątek trwały, wymagający bądź wycofania, bądź też gruntownej modernizacji całej infrastruktury w obszarach generacji, przesyłu i dystrybucji, jest również objęty niezbędnymi działaniami w skali paneuropejskiej. W istocie bezpieczna, zrównoważona, dostępna i osiągalna energia elektryczna jest warunkiem rozwoju współczesnych społeczeństw, realizacji aspiracji obywateli oraz konkurencyjności ich przemysłów. Dla spełnienia założeń europejskiej polityki energetycznej i klimatycznej system elektroenergetyczny musi podlegać procesowi szybkich i radykalnych transformacji, szczególnie w zakresie technologii, wykorzystujących zasoby odnawialne. W artykule – opierając się na specjalnej europejskiej edycji czasopisma IEEE Power&Energy – przedstawiono wielość opinii i wniosków, zaprezentowany w pięciu artykułach przewodnich tego magazynu.

SŁOWA KLUCZOWE: generacja, przesył, dystrybucja, rozwój, przemiany, Europa

Wprowadzenie

Niedawna edycja czasopisma stowarzyszenia Power & Energy Society – IEEE Power & Energy Magazine (marzec/kwiecień 2014) stanowi w istocie przegląd problemów energetyki

* Dr hab. inż., em. prof. zw. – Politechnika Wroclawska; e-mail: jacek.malko@pwr.wroc.pl

europiejskiej, a *cover story* (Europe Lights the Way) wyraźnie sygnalizuje europocentryczny punkt widzenia. Editorial [1] autorstwa M. Olkena (*A view from Europe – generation transmission & distribution*) przypomina genezę tego specjalnego numeru P&E Magazine: otóż na zgromadzeniu ogólnym Power & Energy Society (San Diego, 2012) zgłoszono i przyjęto propozycję opublikowania czwartego przeglądu zagadnień europejskiego systemu: od zestawienia obecnych problemów, przedstawienia koncepcji europejskiego *supergridu* po sprecyzowanie optymalnej struktury źródeł i alternatyw polityki energetycznej [27]. Promotorem publikacji P&E Magazine był profesor Instytutu Technologicznego w Grenoble – N. Hadjsaid, który swój i współpracowników punkt widzenia streścił w artykule podsumowującym *Guest editorial* [2].

1. Widok z Europy [1]

Redaktor P&E Magazine w artykule redakcyjnym przekazuje czytelnikom kilka istotnych informacji o obecnym stanie europejskiej elektroenergetyki. Ścieżki ewolucji wytyczyły ambitne cele, sformułowane w dokumentach, przyjętych przez kraje członkowskie UE i określonych czytelnym skrótem 3 × 20 do 2020. Regulacje europejskie dotyczą 500 milionów odbiorców i rocznej produkcji energii elektrycznej 3000 TWh. Struktura źródeł oparta jest na wykorzystaniu paliw kopalnych, energii wodnej i jądrowej, a coraz bardziej znaczącą rolę odgrywają technologie wiatrowe i solarne. Sieć przesyłowa obejmuje około 300 000 km linii napowietrznych i kablowych, zaś sieć dystrybucyjna – około 5 000 000 km. Technologie inteligentne wchodzi w fazę projektów demonstracyjnych, obejmując pełny łańcuch przemian i nowych jakościowo rozwiązań. Plan rozbudowy krytycznych łączy europejskich oparty jest na dziesięcioletniej projekcji planu Stowarzyszenia Europejskich Operatorów (ENTSO-E) oraz Komisji Europejskiej: w 2013 r. ogłoszono zestaw uzgodnień – „Projekty Wspólnego Zainteresowania”, ukierunkowany na wzmocnienie sieci przesyłowych i udrażniający około 100 „wąskich gardeł” (w tym 40 interkonektorów). Integracja zasobów odnawialnych (OZE) wymaga również zlikwidowania barier w dostępie do sieci i możliwości wyprowadzenia mocy od wytwórców rozproszonych.

2. Europejski system elektroenergetyczny na ścieżce modernizacji [2]

Konieczność skoordynowania projektów B+R wraz z harmonogramem realizacyjnym od początku XXI wieku zyskała poparcie interesariuszy, uczestników wewnętrznego rynku europejskiego. Doświadczenia płynące z kolejnych europejskich programów sprzyjają inicjatywom

w rodzaju Smart Grids European Technology Platform for Electricity Networks, której dziełem było np. opracowanie dla 2007 r. agendy badań strategicznych, zaktualizowanej w 2012 r. z horyzontem roku 2035. Wspólne działania, przyspieszające rozwój i rozpowszechnienie technologii niskowęglowych w Europie rozpoczęto w 2007 r. planem Strategic Energy Technologies (SET plan), uzupełnionym w 2010 r. szeregiem inicjatyw w przemyśle, ze szczególną rolą inicjatywy europejskich sieci elektroenergetycznych (CEEGI), której celem jest koordynacja w zakresie planowania badań, rozwoju, instalacji demonstracyjnych oraz rozpowszechnienia zmodernizowanych sieci w Europie. EEGI przygotowuje mapy drogowe i plany wdrożeń odpowiadające potrzebom sektora w zakresie koordynacji działań operatorów sieci przesyłowych i dystrybucyjnych, producentów wyposażenia, regulatorów i przedstawicieli władz. Mapa drogowa wskazuje potrzeby i ścieżki modernizowania sieci europejskich, łącznie z wdrażaniem inteligencji w eksploatacji infrastruktury dla wyprowadzenia mocy z nowych i starych źródeł wytwórczych w sposób bezpieczny i ekonomiczny. Osiągnięcia w tym obszarze, uzyskane przez indywidualnych graczy na rynku, wskazały drogę do korzystnych rozwiązań, np. w dziedzinie inteligentnego opomiarowania i automatyzacji dystrybucji. Na poziomie europejskim uzgodniono, że do 2020 r. inteligentne liczniki znajdą się w 80% gospodarstw domowych i proces wymiany rozpoczął się już w wielu krajach (np. Szwecja, Finlandia, Francja, Włochy...). Obecnie wiele wysiłków ukierunkowanych jest na rozpowszechnienie demonstracyjnych rozwiązań wielkoskalowych oraz projektów, obejmujących inteligentne współdziałanie odbiorcy w ramach reagowania strony popytowej (*Demand Response*) oraz wprowadzanie inteligencji rozproszonej w istniejącej sieci. Z perspektywy sieci przesyłowych rozważa się rozwój farm wiatrowych morskich z wykorzystaniem efektu skali i nowych koncepcji efektywnego zintegrowania tych źródeł z podstawową siecią europejską. Zmierza to do idei supersieci (*supergrid*) oraz wykorzystywania koncepcji sieci stałoprądowych i mieszanych sieci DC/AC.

Rozwój sieci inteligentnych w Europie jest zjawiskiem o znaczącej dynamice; obejmuje wielką liczbę projektów demonstracyjnych we wszystkich krajach i cały łańcuch procesów – od generacji, poprzez przesył, dystrybucję i interakcje użytkownika, przy czym celem jest rozpowszechnienie technologii niskowęglowych w istniejącej infrastrukturze sieciowej, od skali lokalnej do supersieci. W wielu przypadkach projekty te współpracują z powstającymi koncepcjami *smart cities*, integrującymi inteligentne sieci elektryczne, inteligentne budynki, inteligentny transport, przedsiębiorstwa wielousługowe (*multiutility*) oraz – czasami – zarządzanie wodą i odpadami. Dojrzeła koncepcja masowego rozwoju pojazdów elektrycznych klasy *plug-in*, co może mieć skutki zarówno w kategoriach nowych możliwości jak i nowych problemów.

3. Ku zielonej energetyce [3]

Pierwszy artykuł z serii rozważań problemowych poświęcony jest zasadniczo ewolucji europejskich sieci przesyłowych z punktu widzenia operatorów (TSOs) oraz analizie skutków

ekspansji OZE dla pracy struktury sieciowej. System przesyłowy musi podjąć cztery podstawowe wyzwania dla osiągnięcia sukcesu w procesie transformacji. Są to:

- ✧ stworzenie przesłanek dla rozwoju energetyki o znaczącym udziale OZE,
- ✧ inteligentne zarządzanie obciążeniem dla uzyskania warunków elastyczności odbiorców,
- ✧ rozwój i dostosowanie infrastruktury sieciowej dla wsparcia współpracy zróżnicowanych obszarów systemu,
- ✧ rozwój inteligentnych sieci przesyłowych, umożliwiający rozpowszechnienie nowych usług celem zwiększenia elastyczności pracy systemu i jej optymalizacji.

Komentarz do tych tez jest następujący:

- ✧ **dynamika OZE:** na poziomie polityki unijnej celem jest nadanie priorytetu wykorzystaniu dostępnych zasobów odnawialnych, wzrost roli energetyki wiatrowej lądowej i morskiej w basenie Morza Północnego i Bałtyku, zwiększenie produkcji energii elektrycznej w technologiach solarnych na południu Europy, wykorzystywanie rodzimych zasobów biomasy i hydroenergetyki oraz – w dalszej perspektywie czasowej – sięgnięcie do zasobów geotermalnych i oceanicznych (marenergetyka);
- ✧ **zarządzanie obciążeniem:** złożony proces bilansowania strony podażowej i popytowej jest stale aktualny w kontekście istniejącej jak i przyszłościowej struktury podsystemu wytwórczego. Zmienność (intermittency) wielu źródeł odnawialnych wymaga podwyższenia elastyczności systemu, a w szczególności procesu użytkowania energii elektrycznej;
- ✧ **infrastruktura sieciowa,** umożliwiająca współpracę obszarów o zróżnicowanej charakterystyce: europejska integracja zmierza do tworzenia na bazie polityk lokalnych i narodowych zrównoważonego systemu, zdolnego do kompensowania regionalnych niebilansowań obszarowych. Przepływy transgraniczne szybko wzrastają wraz z otwarciem rynków energii i ekspansją OZE, co wymaga znacznego zwiększenia zdolności przesyłowych sieci;
- ✧ **sieci inteligentne:** architektura oprogramowania rynkowego umożliwia optymalne wykorzystanie infrastruktury sieciowej, wykorzystując mechanizmy elastyczności, zapewniając płynność uczestnikom gry rynkowej oraz optymalność transakcji importowo-eksportowych za pośrednictwem interkonektorów.

Zasadniczym wnioskiem artykułów jest rozwinięta teza, że rozwój sieci przesyłowych jest podstawowym warunkiem przejścia do niskowęglowej (zielonej) ekonomiki europejskiej. Projekt paneuropejskiej infrastruktury sieciowej winien być realizowany w sześciu krokach:

- ✧ opracowanie zestawu wyjściowych scenariuszy, poddanego weryfikacji w ramach konsorcjum interesariuszy. Scenariusze winny formułować wymagania odnośnie struktury mocy wytwórczych, umożliwiającej zarówno zbilansowanie systemu i zapewnienie rezerwy mocy jak i ocenę możliwości technologii magazynowania energii;
- ✧ scenariusze winny umożliwić konstruowanie opcji architektury sieci w ramach procedur optymalizacji zgodnie z zasadami organizacji ENTSO-E;
- ✧ wyniki winny być zaprezentowane i przedyskutowane w ramach pełnego łańcucha wartości z udziałem interesariuszy europejskich z określeniem zasadniczych czynników sprawczych i potencjalnych barier dla proponowanych opcji architektury sieciowej;
- ✧ wychodząc z informacji, zawartej w dziesięcioletnim planie rozwoju sieci do 2020 r. (ENTSO-E Ten Year Network Development Plan 2012) przedstawione będzie modułarne

- podejście w postaci portfolio planów rozwojowych, zaś dla lat 2020–2050 ocenione będą optymalne nakłady inwestycyjne;
- ✧ studium rozwoju przedstawi również opcje planu rozbudowy sieci z analizą potencjalnych „wąskich gardeł”, planowania technicznego, procedur eksploatacji i zarządzania oraz możliwych luk w procesie dostaw energii z uwzględnieniem problematyki ochrony środowiska i akceptacji społecznej;
 - ✧ w ostatniej fazie analizowane będą aspekty zarządzania i regulacji, prowadzące do zbioru propozycji poddanych ocenie przez władze regulacyjne.
Celem proponowanych działań jest:
 - ✧ zapewnienie dostaw bezpiecznej i dostępnej energii elektrycznej po akceptowalnych kosztach,
 - ✧ wytwarzanie dostatecznej mocy i energii dla zaspokojenia nowych potrzeb konsumentów,
 - ✧ przesyłanie i dystrybucja energii elektrycznej w sposób zapewniający ochronę środowiska.

4. Ewolucja sieci przesyłowych i studium przypadku [4]

Rozważania o infrastrukturze przesyłowej dobrze uzupełnia studium przypadku: niemiecki plan transformacji sektora energii, znany i opisywany w literaturze przedmiotu jako *Energiewende* [4]. Specyfiką Niemiec jest wysoki udział źródeł bazujących na zasobach odnawialnych w strukturze mocy wytwórczych (około 35%) w landach północnych i wschodnich), co stwarza istotne problemy w bilansowaniu źródeł OZE i ciepłych konwencjonalnych dla zapewnienia bezpieczeństwa zasilania. Co więcej, możliwości przesyłu na osi północ-południe są ograniczone, co w przypadku jednoczesnej niewielkiej produkcji źródeł wiatrowych oraz niewielkiego zapotrzebowania na północy kraju i równocześnie przy dużym zapotrzebowaniu na południu i ograniczonej produkcji w tym obszarze wymaga transferów, których wartość jest ograniczona przepustowością sieci przesyłowych. Problemy operatora sieci przesyłowych są potęgowane przez mnogość partnerów na rynku oraz przez ewolucje procesów, realizowanych na tym rynku. Złagodzenie (aż do eliminacji) tych kłopotów wymaga uruchomienia w trybie pilnym czterech następujących działań:

- ✧ zwiększenia możliwie szybkiego zdolności przesyłowych, także na drodze polepszenia procedur administracyjnych,
- ✧ nawiązania ściślejszej kooperacji operatorów sieci przesyłowych (OSP) i dystrybucyjnych (OSD),
- ✧ zwiększenia inwestycji w konwencjonalnych technologiach wytwarzania,
- ✧ sterowania całkowitymi kosztami energii wraz z racjonalną alokacją kosztów sieciowych.

Stąd też wynikają kluczowe czynniki dla *Energiewende*: szybki rozwój źródeł odnawialnych musi być lepiej skoordynowany z wyraźnie opóźnionym rozwojem infrastruktury sieciowej. Oznacza to przyspieszenie inwestycji, ściślej związanych z przewidywaną ekspansją OZE, gdyż cały system elektroenergetyczny musi być zdolny do pokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną i to w sposób niezawodny. Jeżeli skutkiem działań pospiesznych i doraźnych będą coraz częstsze przypadki awarii (w tym katastrofalnych), to publiczna akceptacja dla procesu

reformowania elektroenergetyki zostanie narażona na szwank. Trudno też oczekiwać akceptacji dla poważnego zwiększenia cen energii. Dlatego niezbędna jest otwarta i transparentna debata, prowadzona bez względu na to, jak znaczące będą koszty i korzyści odczuwalne z punktu widzenia wielkoskalowych projektów w zakresie wytwarzania. Położenie Niemiec w sercu Europy wymusza harmonizację działań na poziomie europejskim. Przykładowo, polityka wsparcia OZE wymaga skoordynowania rozbudowy interkonektorów, tworzenia mechanizmów zarządzania zdolnościami wytwórczymi oraz wybiegających w przyszłość procedur bezpieczeństwa systemu. Oczekiwany sukces procesu transformacji energetycznej, prowadzący w nieodległej perspektywie czasowej do imponującego wzrostu OZE sprawia, że dzisiejsze Niemcy znalazły się na rozdrożu i muszą przygotować cały system do fazy następnej – rozwoju zrównoważonego, opartego na zdrowej polityce ochrony klimatu oraz dalszego, dobrze zarządzanego rozwoju opartego na zasobach odnawialnych.

5. Ewolucja europejskiej infrastruktury przesyłowej [5]

Trzeci artykuł problemowy skupia się na wyzwaniach bezpieczeństwa, które stają przed przyszłą europejską siecią przesyłową. Unowocześniona i zdolna do działań interoperacyjnych infrastruktura jest niezbędna do rozwoju wymiany transgranicznej oraz integracji hurtowych rynków energii elektrycznej dla zapewnienia wszystkim odbiorcom bezpieczeństwa dostaw i umożliwienia dostępu do zdywersyfikowania źródeł – np. wykorzystujących technologie wiatrowe i solarne. Przewidywana produkcja w OZE oraz lokalizacja tych źródeł wraz z potencjalnymi połączeniami do sąsiadujących sieci elektroenergetycznych, określają strukturalne i eksploatacyjne charakterystyki infrastruktury europejskiej i stąd mają znaczący wpływ na jej zachowanie, zwłaszcza w sytuacjach krytycznych.

Artykuł analizuje bieżące i przewidywane wrażliwości sieci europejskich na warunki pracy zakłóconej, skupiając uwagę na czterech zagrożeniach: ryzyka naturalne, zagrożenie wypadkowe, przypadki losowe (w tym czynnik ludzki) oraz sytuacje awaryjne, wynikające ze zmienności i współzależności pomiędzy systemem elektroenergetycznym i innymi sektorami infrastrukturalnymi. Wnioskiem, wynikającym z tych rozważań, jest konieczność stworzenia ponadnarodowej strategii europejskiej polityki energetycznej i celowość opracowania inicjatyw politycznych UE, zmierzających do akceptowalnych długoterminowych rozwiązań w warunkach pracy normalnej i zakłóconej systemu elektroenergetycznego. Wśród wielu zasadniczych wyzwań, przed którymi staje sieć paneuropejska bacznej uwagi wymagają następujące:

- ✧ **Publiczna akceptacja i przyzwolenie:** dynamika rozwoju sieci przesyłowych napotyka na przeszkody natury środowiskowej i społecznej, zwłaszcza akceptacja obiektów infrastruktury elektroenergetycznej jest przedmiotem troski, gdyż utrzymuje się sprzeciw władz i społeczności lokalnych dla budowy nowych linii.
- ✧ **Integracja technologii OZE, nieplanowane przepływy oraz rynki mocy zainstalowanych:** postępujący proces liberalizacji oraz silna dynamika rozwoju OZE – nie połączona z odpowiednim i realizowanym na czas rozwojem infrastruktury sieciowej – prowadzą do coraz

bardziej odczuwalnych oraz nieplanowanych wymian mocy pomiędzy obszarami systemu elektroenergetycznego poprzez infrastruktury przygraniczne, przy narastającym problemie wystarczalności mocy zainstalowanej w generacji i sieciach największych napięć.

- ❖ **Opcje technologiczne i skoordynowana współpraca urzędzeń inteligentnych:** coraz bardziej rozwijane są zaawansowane technologie – inne niż konwencjonalne – infrastruktury przesyłowych sieci przemiennoprądowych, a znaczne zwiększenie elastyczności systemu następuje przy stosowaniu układów konwencjonalnych DC/AC/DC... oraz układów przesuwania faz i FACTS, przy czym znaczące usprawnienia eksploatacji następuje za sprawą inteligentnego współdziałania „twardych” technologii energetycznych i „miękkich” technologii informatyczno-komunikacyjnych (ICT).
- ❖ **Ekspansja transgraniczna i otoczenie regulacyjne:** w skali globalnej obserwowane jest planowanie rozwoju infrastruktury sieciowej, przekraczającej granice państw i kontynentów; publikowane są wstępne studia wykonalności łączy Europa–Azja, realizowane są linie Europa–Afryka, istnieje jednak pilna konieczność przezwyciężenia istniejących barier regulacyjnych i rynkowych poprzez wspólne i skoordynowane zasady dostępu do sieci, alokacji zasobów, zarządzania ograniczeniami oraz kompensacji w obszarach zarządzanych przez operatorów sieci przesyłowych, łącznie z optymalizacją rezerwy mocy i zdolności magazynowania.
- ❖ **Supersieci przesyłowe i inteligentne sieci dystrybucyjne:** operatorzy sieci przesyłowych i dystrybucyjnych wprowadzają strategie systematycznego zarządzania problemami współpracy, wynikającymi z rozwoju inteligentnych sieci dystrybucyjnych, zwłaszcza w nowych warunkach znacznego udziału w systemie źródeł o pracy nieciągłej (*intermittent*); konieczny jest dalszy rozwój infrastruktury sieciowej nie tylko w perspektywie niezbędnych zdolności przesyłowych, ale też przy wprowadzaniu zaawansowanych struktur ICT, zaś sieci i rynki muszą dostosować się do koegzystencji generacji scentralizowanej i zdecentralizowanej.

6. Przyszłość europejskich sieci dystrybucyjnych [6]

Czwarty z artykułów problemowych opisuje stan sieci dystrybucyjnych w Europie oraz możliwe ścieżki ewolucyjne w kategoriach architektur, usług systemowych oraz środowiska regulacyjnego. Oczekuje się, że największe zmiany dotkną podsektor dystrybucji, a operatorzy (OSD) muszą działać w nowych warunkach uprawnień i odpowiedzialności. Są to:

- ❖ szybki rozwój generacji rozproszonej, współpracującej z sieciami dystrybucyjnymi,
- ❖ konieczność wykorzystania potencjału metod zarządzania stroną popytową dla sprostania wzrastającej fluktuacji procesu wytwarzania na skutek rozwoju źródeł w rodzaju wiatrowych i solarnych,
- ❖ pojawienie się nowej klasy odbiorów mobilnych – samochodów elektrycznych,
- ❖ przewidywany rozwój technologii magazynowania zdecentralizowanego, połączonego z siecią dystrybucyjną.

Lokalne systemy dystrybucyjne stają się coraz bardziej złożone, gdy częściej występuje ograniczenie w procesach ich planowania i eksploatacji. Nie zwalnia to operatorów (OSD) od zarządzania sieciami w sposób bezpieczny i zapewniający wysoką jakość i ekonomikę dostarczanej odbiorcom energii. Artykuł [6] formułuje kilka zasadniczych pytań:

- ❖ Czy konieczna jest zmiana architektury systemu?
- ❖ Jakie rodzaje usług systemowych niezbędne są na poziomie dystrybucji i jak winny być one dostarczone?
- ❖ Jak systemy dystrybucyjne mogą świadczyć usługi na rzecz systemu przesyłowego?
- ❖ Jak należy rozwinąć otoczenie regulacyjne?

Przedstawiono specyficzne cechy europejskiego systemu elektroenergetycznego, jak zintegrowany rynek wewnętrzny, szybki rozwój źródeł, bazujących na zasobach odnawialnych (OZE) oraz rozdzielanie (*unbundling*) segmentów sektora energii oraz konsekwencje dla przyszłościowego podsystemu dystrybucyjnego.

Istotną uwagę poświęcono problemem inteligentnej regulacji (*Smart Regulation*). Autorzy wychodzą od obserwacji, że tylko niewielu europejskich operatorów systemu dystrybucyjnego posiada silne i odpowiednie zachęty do inwestowania w sieci inteligentne. Regulacje, którym podlegają OSD, muszą większą uwagę poświęcić raczej ogólnym korzyściom długoterminowym, przypisanym inwestycjom na poziomie dystrybucji, niż wyodrębnionym krótkoterminowym i optymalizowanym kosztom, przy czym niezbędne jest uruchomienie bodźców, zachęcających do innowacyjności i wyrażających się wydatkami na badania, rozwój i projekty demonstracyjne (RD&D) z wykorzystaniem nowych technologii i nowej technologii bilansowania ryzyka i korzyści. Taka regulacja winna skupiać się na następujących celach:

- ❖ nagradzanie i zachęcanie do wydatków inwestycyjnych (*capex*) dla sieci inteligentnych: dla inwestycji *smart grid* zasadniczym warunkiem jest uczciwa stopa zysku, ale jej wartość dla różnych krajów może się zmieniać; dla modeli regulacji o zróżnicowanym czasie liczenia kosztów konieczna jest odpowiednia kompensacja dla inwestycji wyprzedzających (łącznie z opomiarowaniem smart). Regulatorzy narodowi muszą uczestniczyć w procesie identyfikacji roli i odpowiedzialności w otoczeniu *smart gridowym*;
- ❖ ochrona stabilności działań regulacyjnych – obok stabilnego systemu regulacji użytecznym instrumentem zapewniania stabilności może być regulacyjna mapa drogowa (*regulatory roadmap*) – której przykładem mogą być rozwiązania fińskie, obowiązujące do 2020 roku.

Konkluzja przytoczonych w artykule rozważań brzmi następująco: *Zastosowanie sieci inteligentnych jest kluczowe dla przejścia do gospodarki niskowęglowej, a OSD jest zasadniczym graczem w tym procesie. Daleko idące zmiany – można je nawet oceniać jako rewolucyjne – w systemie elektroenergetycznym w istocie już nadeszły; konstruowanie i rozpowszechnienie sieci inteligentnych jest nie tyle opcją, ale niezbędnym wyborem. Jeżeli tego nie zrobimy lub zrobimy zbyt wolno, to napotkamy na poważne problemy (...) Sieci inteligentne mają zdolność pozytywnego wpływania na cały łańcuch wartości, ale model rynku musi być dookreślony. Bez względu na preferowany model OSD odegra rolę kluczową jako gracz na rynku. (...) Dobrze zorganizowane aktywne zarządzanie systemem dystrybucyjnym uczyni możliwym ograniczenie potrzeb inwestycyjnych dla zintegrowania w systemie OZE i stacji ładowania samochodów elektrycznych oraz da gwarancję bezpieczeństwa i jakości zasilania [6].*

7. Obecne cechy energetyki europejskiej oraz alternatywy polityczne do roku 2030 i dalej [7]

Artykuł [7] przedstawia rozważania o możliwych europejskich inicjatywach politycznych oraz wymaganych innowacjach w tym zakresie. Godzien przypomnienia jest fakt, że perspektywa 2020 roku (dla której formułowane były założenia polityki 3 × 20 do 2020) jest perspektywą nieodległą dla sektora, w którym dominują inwestycje długookresowe zarówno w podsektorze wytwarzania jak i w infrastrukturze sieciowej. Stąd wynikają inicjatywy, dla których horyzontem jest rok 2050 (Mapa drogowa do 2050 r. [8]). Uzupełnieniem obrazu jest opublikowana ostatnio Zielona Księga [9], zachęcająca do dyskusji w gronie krajów członkowskich – interesariuszy – na temat optymalnej polityki w bliższej perspektywie 2030 roku, dla którego realne jest utworzenie nowego i spójnego otoczenia regulacyjnego do końca następczej kadencji komisji unijnych.

Polityka energetyczna UE jest obecnie kształtowana przez pięć zasadniczych czynników sprawczych:

- ❖ dekarbonizacja,
- ❖ samowystarczalność energetyczna i dywersyfikacja paliw,
- ❖ rozwój technologii i innowacyjności,
- ❖ tworzenie wewnętrznego rynku energii i uczciwa konkurencja,
- ❖ dostępność energii dla przemysłu europejskiego.

Wzorzec trójkatny, opisany dotychczas przez wierzchołki: bezpieczeństwo dostaw, konkurencyjność i rozwój zrównoważony, ewoluje do postaci pięciokąta, realizowanego przez zdefiniowane wyżej cele: od dekarbonizacji po dostępność energii.

Dla uzyskania pożądanego przejścia w horyzoncie 2050 roku (z celem pośrednim dla 2030 roku) konieczne są efektywne narzędzia polityczne, zapewniające inwestorowi osiągnięcie celu dekarbonizacji w najlepszy sposób, przy akceptowalnych kosztach i z wykorzystaniem zasad rynkowych. Scenariusze dla roku 2030 oparte są na pięciu założeniach.

1. Przewidywane modyfikacje regulacji emisyjnych (*European Emissions Trading Scheme* – ETS) doprowadzić powinny do sytuacji, zapewniającej ceny bliskie 20–30 Euro/tCO₂ pod koniec trzeciej fazy (2020). Obecnie sygnał cenowy ETS nie zachęca do rozwoju technologii niskowęglowych. Brak dostatecznych środków nie powoduje samoczynnie przemieszczenia preferencji inwestycyjnych w obszar energetyki wielkoskalowej – nuklearnej lub węglowej z wychwytywaniem i magazynowaniem dwutlenku węgla (CCS).
2. Koszty technologii OZE i krzywe uczenia sprawiają, że lądowa energetyka wiatrowa, fotowoltaika i technologie spalania biomasy osiągną konkurencyjność kosztową w przedziale czasowym 2020–2030.
3. Energetyka wiatrowa morska nie będzie konkurencyjna kosztowo przed rokiem 2030, a ETS nie jest dobrym narzędziem wsparcia dla tej technologii.
4. Technologie CCS w fazie demonstracyjnej będą dostępne do 2020 r., lecz przy mniejszej ich liczbie. Komercyjnych rozwiązań można zatem oczekiwać około roku 2020.

5. Nowe inwestycje w energetyce jądrowej będą oczekiwane w drugiej części dekady 2020 z wykorzystaniem nowej generacji reaktorów III+, tj. zawierającej ewolucyjne udoskonalenia w konstrukcji, np. polepszona technologia cyklu paliwowego, systemu bezpieczeństwa pasywnego, czy też rozwiązania standardowe dla ograniczenia kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych.

Na podstawie przedstawionych założeń skonstruowano sześć scenariuszy, z których każdy wykorzystuje bądź pojedynczy instrument polityki, bądź ich większą liczbę (do 3).

- ✧ Scenariusz 1 – CO₂-Only – idea europejskiej dekarbonizacji polega wyłącznie na schemacie ETS.
- ✧ Scenariusz 2 – CO₂+NER 300: odmiana scenariusza 1 oraz mechanizmu innowacyjnych technologii OZE.
- ✧ Scenariusz 3 – CO₂+NER300+EU RES: jak scenariusz 2 z uwzględnieniem silnego rozwoju technologii OZE i zmniejszenia roli mechanizmów rynku.
- ✧ Scenariusz 4 – RES Super Schemes 2030: powrót do dyrektywy OZE z wysokim priorytetem rozwoju OZE aż do samowystarczalności energetycznej.
- ✧ Scenariusz 5 – CO₂ Tax+NER300+EU RES: wariant scenariusza 3, zastępujący mechanizm ETS jednorodnym podatkiem węglowym dla wszystkich nośników. Wyjściowym scenariuszem (scenariusz 0) jest najbardziej zachowawczy, kontynuujący obecną sytuację sektora („3 × 20 do 2020”).

Dyskusja tych scenariuszy prowadzi do eliminacji dwóch najbardziej skrajnych i wykluczenia scenariusza zerowego. Za najlepsze uznano scenariusze 2 i 3; obydwie zapewniają efektywną i osiągniętą w przewidywanym czasie dekarbonizację oraz przyspieszony rozwój technologii wytwórczych, nie tylko klasy OZE. Stwierdzono, że wszystkie instrumenty polityki dekarbonizacji UE cechują się swoistymi zaletami i wadami, a wybór jest decyzją wybitnie polityczną. Jednak decydenci powinni dążyć do optymalnej kombinacji najlepszych narzędzi dla uzyskania najbardziej zrównoważonego celu dekarbonizacji do 2050 roku. Takie podejście zakłada również przemyślaną i odpowiedzialną transformację sektora energii w perspektywie 2030 roku.

Post Scriptum

Wydarzenia polityczne, które nastąpiły już po opublikowaniu zeszytu marcowo/kwietniowego IEEE Power & Energy Magazine raz jeszcze skupiły uwagę na uwarunkowaniach energetycznych Europy. Rząd RP przedstawił plan utworzenia europejskiej unii energetycznej (EUE), zapoczątkowując nową fazę debaty o unijnych celach, bowiem *konflikt za naszą wschodnią granicą pokazuje z wyjątkową ostrością, jak strategicznym wyzwaniem stała się energia dla Polski i Europy* [10]. EUE winna opierać się na sześciu filarach:

- ✧ solidarności gazowej na wypadek przerwania dostaw gazu,
- ✧ zwiększenia finansowania ze środków europejskich instalacji, które umożliwiają solidarność energetyczną,
- ✧ wspólnych zakupach energii, tak by Europa stała się możliwie jednorodnym, wielkim zamawiającym,

- ✧ rehabilitacji węgla, tak by Europa uznała węgiel za pełnoprawne źródło energii,
- ✧ gazie łupkowym, z rozszerzeniem „klubu poszukiwaczy” o inne kraje,
- ✧ radykalnej dywersyfikacji dostaw energii i gazu, w tym możliwości importu gazu skroplonego m.in. z USA.

Literatura

- [1] OLKIEN, M. 2014. From the Editor: A view from Europe (...) IEEE Power & Energy Mag. Vol. 12, Nr 2.
- [2] HADJSAID, N. i SABONNADIÈRE, J.C. 2014. European electric system – driving its modernization. IEEE Power & Energy Mag. Vol. 12, Nr 2.
- [3] HENRY, S., PANCIATICI, P. i PARISOT, A. 2014. Going Green. IEEE Power & Energy Mag. Vol. 12, Nr 2.
- [4] FEIX, O. 2014. Shifting Currents, IEEE Power & Energy, Mag. Vol. 12, nr 12.
- [5] BOMPARD, E., et al. 2014. It’s a Bird, It’s a Plane, It’s a ... Supergrid! IEEE Power&Energy Mag. Vol. 12, Nr 2.
- [6] MALLETT, P. et al.: 2014. Power to the People, IEEE Power&Energy Mag. Vol. 12, Nr 2.
- [7] LORUBIO, G. i SCHLOSSER, P. 2014. Euro Mix. IEEE Power&Energy Mag. Vol. 12, Nr 2.
- [8] European Commission (2011, Dec): Energy roadmap 2050 (Online) <http://eurlex.europa.eu>
- [9] European Commission (2013): Green paper (Online) <http://eurlex.europa.eu>
- [10] <http://m.biznes.pl/tusk-o-unii-energetycznej-solidarnosc-gazowa-rehab>

Jacek MALKO

Generation, Transmission, and Distribution Case Study: Europe

Abstract

The special edition of IEEE Power and Energy Magazine (March/April 2014) is devoted to the unprecedented revolution in the European power sector, which is facing tremendous changes and challenges in improving its sustainability and the security of supply, including implementing the integration of the internal, E-28 energy market and its liberalization. Aging assets in need of decommissioning and upgrading the entire electrical power infrastructure (generation, transmission, and distribution) is also a considerable concern across the European energy landscape. Indeed, secure, sustainable, available, and affordable energy is fundamental to modern societies and to the wellbeing of citizens, in addition to industrial competitiveness.

The European power system serves more than 500 million people – distributed over a large territory – with an annual consumption of over 3,000 TWh. The corresponding generation portfolio is still primarily

composed of traditional plants using fossil, hydroelectric, and nuclear energy sources. Renewable energies are undergoing accelerated development with a significant share/penetration of wind energy. Total installed wind power in Europe was 106 GW at the end 2012, of which about 5 GW were from offshore sources. For solar photovoltaic (PV) energy, the installed capacity in the EU at the end of 2012 was close to 70 GW, representing about 68% of the world's installed PV capacity. The transmission and distribution infrastructure investments (for renewal and expansion including the accommodation of renewable energy sources and distributed generation) are expected to represent several hundreds of billions of euros by 2030. The current high-voltage transmission grid is made up of approximately 300,000 km of overhead lines and cables. It has historically been developed on a national basis, with a limited number of interconnections at the boundaries of neighboring countries initially built for security support via small energy exchanges, and not intended to support the open market. The recent opening and expansion of cross-border markets has drastically changed this situation, leading to a fast and continuous increase in cross-border exchanges and emphasizing the need for new infrastructure enabling better European market integration.

Distribution grids at medium and low voltages cover about 5 million km of lines and cables, and are managed by about 5,000 distribution operators in all EU countries. In Europe, a large fraction of the PV and wind generation is connected at the distribution level, and this requires a major shift in the operation of distribution networks. To fulfil European climate and energy policies, the electrical system is experiencing a period of rapid and radical evolution focused on the development of renewable energies. The EU power grid can be a facilitator of the development of this new renewable portfolio through the harmonization of different energy sources and consumption patterns as well as through economies of scale; but it is facing major challenges in planning, developing, and deploying the appropriate technological solutions to respond to the political objectives and support the goal of a decarbonized and sustainable economy.

KEY WORDS: generation, transmission, distribution, development, transformation, Europe