



Jacek MALKO\*

## Europa widziana z Ameryki Case study: elektroenergetyka

**STRESZCZENIE.** Pierwszy tegoroczny numer czasopisma Power&Energy Magazine, organu Stowarzyszenia Elektroenergetyków Amerykańskich (PES IEEE) niemal w całości poświęcony jest problemom elektroenergetyki europejskiej w aspekcie zadań badawczo-rozwojowych (B&R). W szczególności przedstawiono wyniki badań i wdrożeń w obszarach: 1) współpracy operatorów sieci przesyłowych i dystrybucyjnych, 2) holistycznego podejścia do europejskich badań i innowacyjności, 3) projektu paneuropejskiej autostrady elektroenergetycznej, 4) koordynacji i regulacji przesyłu i dystrybucji, 5) ograniczeń sieciowych i tendencji eksploatacji systemu w pobliżu wartości granicznych jego parametrów, 6) wielkoskalowych projektów demonstracyjnych integracji OZE oraz 7) projektów demonstracyjnych dla europejskich sieci dystrybucyjnych.

**SŁOWA KLUCZOWE:** wytwarzanie, przesył, dystrybucja, badania, rozwój, transformacja, Europa

### Wprowadzenie

Po raz drugi w odstępie niespełna 10. miesięcy czołowe w skali światowej czasopismo branżowe sektora energii elektrycznej – *IEEE Power & Energy Magazine* poświęca „artykuł okładkowy” (*cover story*) i większość treści problemom energetyki europejskiej. Pierwszy zeszyt specjalny dwumiesięcznika (datowany na marzec/kwiecień 2014 r.) nosił znamieny tytuł *Europe lights the Way*. Europocentryczne spojrzenie na globalne problemy rozwoju sektora sygnalizuje

---

\* Prof. dr hab. inż – Politechnika Wroclawska, Instytut Elektroenergetyki, Wrocław.

artykuł redakcyjny (*editorial*), zatytułowany Widok z Europy (Olkien 2014), zawierający istotne informacje, uporządkowane i rozwinięte w sześciu artykułach tematycznych, omawiających:

- ✧ zadania i problemy modernizacji elektroenergetyki w Unii Europejskiej (Hadjsaid i Sabonadiere 2014),
- ✧ ewolucję infrastruktury sieciowej w warunkach ekspansji technologii, wykorzystujących paliwa odnawialne (OZE) (Henry i in. 2014),
- ✧ niemiecki projekt *energiewende* jako studium przypadku implementowania nowej strategii rozwoju (Fixe 2014),
- ✧ problemy bezpieczeństwa infrastruktury interoperacyjnej (Bompard i in. 2014),
- ✧ kierunki rozwoju sieci dystrybucyjnych (Millet i in. 2014), oraz
- ✧ aktualne koncepcje rozwoju sektora wraz z praktycznymi alternatywami do roku 2030 i dalej (Lorubio i Schlosser 2014).

Próby uogólnienia cząstkowych tematów tych artykułów zaprezentowano w nawiązaniu do realiów krajowych w referacie (Malko 2014), na dorocznej XXVIII Konferencji z cyklu „Zagadnienia surowców energetycznych i energii w gospodarce krajowej” Zakopane, październik 2014 (Malko 2014). Ścieżki ewolucji wytyczyły ambitne cele, sformułowane w dokumentach, przyjętych przez kraje członkowskie UE i określonych czytelnym skrótem „3x20 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 wchodzą w fazę projektów demonstracyjnych, obejmując pełny łańcuch przemian i nowych jakościowo rozwiązań. Plan rozbudowy krytycznych łącz 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 (sektor prosumencki). Sektor energii przechodzi (nie tylko zresztą w Europie) proces głębokich zmian w dążeniu do pełnej integracji narodowych rynków energii. W skali UE widoczne jest dążenie do stanowienia celów, nadających impuls w tworzeniu gospodarki niskowęglowej o wysokiej efektywności. Stawką w tej europejskiej grze jest kwota 80 mld Euro niezbędnego wsparcia finansowanego z budżetu unijnego.

Drugi zeszyt specjalny P&EM, zatytułowany jest jako Mapa drogowa do roku 2020 w zakresie badań i rozwoju (A Road Map to 2020 – European R&D). Referat wprowadzający (*editorial*) M. Olkena (Olken 2014) otwiera serię artykułów tematycznych, prezentujących stan, kierunki ewolucji i perspektywy europejskich działań w zakresie R&D, mających na celu osiągnięcie standardów, wyznaczonych przez UE. Wprowadzeniem do tej tematyki jest artykuł redakcyjny zaproszony (*Guest Editorial*) Ch. Ivanova z Europejskiego Stowarzyszenia Operatorów (European Network Transmission System Operators for Electricity ENTSO-E) (Ivanov 2015). Poszczególne artykuły prezentują zagadnienia następujące:

- ✧ struktury usieciowione – (*Mesh-Up*) – współpraca ENTSO-E oraz narodowych europejskich operatorów przesyłu w zakresie eksploatacji, planowania oraz badań i rozwoju (Verseille i Staschus 2015),
- ✧ wzrost organiczny (*organic growth*) – w kierunku całościowego podejścia do europejskich badań i innowacyjności (Vu Van i in. 2015),

- ✧ korytarze mocy (*the corridors of power*) – paneuropejski system autostrad elektrycznych do roku 2050 (Sanchis i in. 2015).
- ✧ linie konwergencji (*lines of convergence*) – badania i rozwój w obszarze przesyłu i dystrybucji – koordynacja i regulacja (Ferrante i in. 2015),
- ✧ dochodzenie do wartości granicznych (*pushing the limits*) – zwalczanie ograniczeń sieciowych i ograniczenia inercyjności (Winter 2015),
- ✧ wielkoskalowe projekty demonstracyjne integracji OZE: (*the proof is in the putting*) – rozwiązania dla realiów systemowych (Lorenzo i in. 2015),
- ✧ wykaż to! (*show me!*) – wielkoskalowe projekty demonstracyjne dla europejskich sieci dystrybucyjnych (Varela i in. 2015).

## 1. ENTSO-E

Pierwszy z artykułów tematycznych (Verseille i Staschus 2015) przywołuje historię rozwoju europejskiego systemu energii elektrycznej ze szczególnym uwzględnieniem form współpracy narodowych operatorów sieci przesyłowych (TSOs). Szybki rozwój i ewolucja elektroenergetyki europejskiej stwarzają znaczne problemy z opanowaniem towarzyszącym im wyzwaniom. Utworzenie organizacyjnej formy współpracy operatorów sieci przesyłowych w zakresie energii elektrycznej (ENTSO-E) w 2008 r. umożliwiło zintensyfikowanie współpracy operatorów narodowych. Wynikające ze zobowiązań prawnych zadania operatorów (wzmocnione silną wolą ich współdziałania) stworzyły podstawę utworzenia europejskiego wewnętrznego rynku energii elektrycznej. Związki, łączące koncepcje sieci inteligentnych (*smart*) z otoczką legislacyjną i kodeksem sieciowym (instrukcją ruchu i eksploatacji sieci) – przy nadaniu im charakteru regulacji europejskich – są szczególnie istotne: opracowane przez ENTSO-E dokumenty (kodeks sieci, dziesięcioletni plan rozbudowy sieci, „mapa drogowa” badań i rozwoju) torują drogę do ogólnoeuropejskiego procesu o cechach skoordynowania (łącznie z konsultacjami z instytucjami normalizacyjnymi). Godne uwagi jest to, że silne związki kooperacyjne operatorów przesyłu i dystrybucji (TSOs, DSOs) już istnieją i będą wzmocnione w przyszłości. ENTSO-E zidentyfikował pewne zasadnicze zadania, warunkujące realizację projektów z zakresie R&D. Są to:

- ✧ architektura sieci – nowe metody i narzędzia oceny opcji rozwojowych sieci,
- ✧ technologie energetyczne – zaawansowane rozwiązania techniczne, zintegrowane z systemem elektroenergetycznym,
- ✧ eksploatacja sieci – nowe metody i narzędzia, wspomagające planowanie eksploatacji i rozwoju systemu w horyzontach od wielolecia po czas rzeczywisty,
- ✧ integracja rozwoju i eksploatacji sieci z uwzględnieniem efektywności technicznej i ekonomicznej,
- ✧ konstrukcja rynku, uwzględniająca skutki znaczącego udziału technologii wytwórczych o generacji nieciągłej (*intermittent*),
- ✧ zarządzanie majątkiem w nowym podejściu, uwzględniającym technologie modernizacji i rozbudowy składników majątkowych,
- ✧ integracja udziału operatorów (TSOs i DSOs) w celu zarządzania generacją rozproszoną i rynkami bilansującymi.

Zmiany, zachodzące ze znaczną intensywnością w przemyśle elektrotechnicznym oraz wyzwania integracyjne wymagają jeszcze bardziej ścisłej współpracy operatorów w warunkach tworzącego się największego w skali globalnej rynku. Nie poprzestając na dostosowaniu własnych narodowych lub regionalnych systemów i narzędzi operacyjnych dla sprostania celom energetycznym i klimatycznym, niezbędne jest zapewnienie, że zasady i infrastruktura ogólnoeuropejskich narzędzi operacyjnych będą do dyspozycji w skali UE. Aczkolwiek operatorzy sieci przesyłowych zawsze ściśle współpracowali ze sobą, to zasadniczy zwrot w regułach funkcjonowania podsektora wytwarzania i skali integracji osiągnął nienotowany w dotychczasowej praktyce poziom. ENTSO-E stwarza ramy dla nowego stopnia ścisłej kooperacji.

## 2. Technologie

Kolejny artykuł, nawiązujący do idei rozwoju organicznego (Vu Van i in. 2015), opisuje specyficzne wyzwania, przed którymi stoją operatorzy systemu. Przedstawia on pewne środki, pozwalające na podjęcie tych wyzwań. Konieczna jest innowacyjność, osiągalna w całej Europie, a jej działanie obejmuje całe spektrum – od planowania rozwoju sieci po integrację nowych technologii w sieci, nową konstrukcję rynku energii, udoskonalone techniki zarządzania majątkiem oraz ściślejszą współpracę uczestników rynku. Zasadnicza część tego zadania została już zrealizowana w ramach Europejskiej Inicjatywy Sieci Elektroenergetycznych (EEGI) w fazie sporządzania mapy drogowej badań i innowacyjności. Mapa ta prezentuje działania, nieodzowne dla pozyskania nowej wiedzy wraz ze wspieraniem realizacji zadań politycznych. Europejska Agenda 2035 Badań Strategicznych (EU R&D Strategic Research Agenda) skupia się na badaniach w obszarze technologii, niezbędnych dla dalszego rozwoju systemu elektroenergetycznego w przedziale lat 2020–2035 i dalszych. Wyzwania, wynikające z coraz większego udziału w *energy mix* technologii OZE na niskich i wysokich poziomach napięć sieciowych, niezbędnych dla uzyskania dekarbonizacji łańcucha wartości w wytwarzaniu energii elektrycznej, wymagają innowacyjnego podejścia ze strony DSOs i TSOs w skali całej Europy. Innowacyjność musi obejmować zakres od planowania rozwoju i eksploatacji sieci, zdolnych do zintegrowania nowych technologii, nowych konstrukcji rynków, udoskonalonych technik zarządzania składnikami majątkowymi oraz ściślejszej współpracy DSOs i TSOs. Niezbędne jest szybkie zaimplementowanie takich form działań z obszaru R&D, które mają zdolność do zapewnienia dostarczenia przez europejskie sieci elektroenergetyczne efektywnie i bezprzerwowo mocy elastycznych w celu zintegrowania pracy sieci przy akceptowalnych przez użytkowników kosztach.

## 3. Korytarze mocy

Trzeci artykuł z przedstawionego cyklu (Sanchis i in. 2015) prezentuje projekt „autostrady energetycznej” *e-Highway 2050*, wykorzystującej metody i narzędzia wsparcia planowania

systemu łączy elektrycznych o wysokiej przepustowości na podstawie różnych scenariuszy rozwoju systemu elektroenergetycznego, łącznie z opcjami paneuropejskiej architektury sieciowej z uwzględnieniem korzyści, kosztów i ryzyk dla rozpatrywanych wariantów. Ostatecznych rezultatów projektu oczekuje się w 2015 r. i mają one przesądzać o tym, które łączy elektryczne winny być rozwijane w perspektywie dekarbonizacji *energy mix* do roku 2050. Projekt specyfikuje wiele oczekiwanych wyzwań, a jego zakres obejmuje działania od definiowania scenariuszy i opisu modeli, które mają być wykorzystane do symulowania systemu elektroenergetycznego, aż po przedstawienie analizy dla uzyskania optymalnej architektury sieci, niezbędnej dla osiągnięcia korzyści społecznych i ekonomicznych.

## 4. Linie konwergencji

Artykuł czwarty (Ferrante i in. 2015) komentuje rolę badań i rozwoju (R&D) z punktu widzenia operatorów przesyłu i dystrybucji. Ważne jest stwierdzenie, że działania R&D, prowadzone przez operatorów sieci, nie są związane wyłącznie z rozwojem technologicznym, ale wynikają też z rozwoju systemu, optymalizacji oraz zarządzania majątkiem, metod eksploatacji systemu, architekturą rynku i technologiami wykorzystywanymi przez system. Czołowa rola odgrywana przez operatorów sieci w zakresie R&D jest nieodzowna dla integracji nowych technologii i innowacji, związanych z planowaniem i eksploatacją systemu elektroenergetycznego. Kluczowym zadaniem jest stworzenie warunków, w których operatorzy mogą wykorzystywać innowacyjne rozwiązania, wykazujące swe zalety w środowisku wielu uczestników rynku. Aspekt interoperacyjności jest szczególnie ważny dla zapewnienia bezpieczeństwa dostaw przy spełnieniu celów politycznych i stawianiu czoła nowym wyzwaniom. Gdy operatorzy sieci są przedsiębiorstwami regulowanymi, to działalność operatorska uwypukla rolę działań operacyjnych w sieciach dystrybucyjnych i przesyłowych w ramach aktywności badawczo-rozwojowej. Aczkolwiek większość przedsiębiorstw uznaje potrzebę testowania nowych rozwiązań dla optymalizacji procesów rozwoju i eksploatacji, to „mapa drogowa” R&D oraz plany wdrożeń nie mogą być zrealizowane zgodnie z założonym planem, jeśli nie istnieją skuteczne mechanizmy wsparcia finansowego. Co więcej, należy mieć świadomość, iż niezbędny jest minimalny czas dla efektywnego zbudowania przez operatora sieci zasobów, mogących uczestniczyć w projektach R&D. Przykładowo: musi być dokonana rekrutacja i wyszkolenie personelu technicznego zdolnego do realizacji przyjętych celów, a działania R&D muszą być zintegrowane z różnymi działaniami biznesowymi w celu osiągnięcia wzajemnego porozumienia. Gdy badane są lub wdrażane rozwiązania innowacyjne, również elementem kluczowym jest wsparcie zarządcze. Obecnie w wielu krajach, wydatki operatorów sieci przesyłowych na R&D wynoszą poniżej 1% ich obrotów rocznych, co jest kwotą znacząco mniejszą od wartości przewidzianej w europejskiej strategii lizbońskiej na 2020 rok, zakładającej cel na poziomie 3%. Tak więc intensywne dyskusje na wszelkich szczeblach decyzyjnych – od przedsiębiorstw zarządzających po instytucje regulacyjne, państwa członkowskie i Komisję Europejską – są niezbędne dla znaczącej poprawy wspierania działań badawczo-rozwojowych przez operatorów sieci z wykorzystaniem mechanizmów regulacyjnych lub wsparcia finansowego przez inne strony. Istnieje jednak głęboki rozdźwięk pomiędzy ambicjami UE w zakresie europejskich sieci elektroenergetycznych a realiami sieci

skali narodowej oraz finansowaniem R&D, mającym przygotować system do wyzwań przyszłości. Nadając konsumentom i korzyściom społecznym bezwzględny priorytet należy dążyć do odpowiedniego wsparcia działań R&D w zakresie regulacji oraz łączenia własnych środków operatorów sieci z narodowymi i unijnymi funduszami dla zapewnienia impulsów rozwojowych w sposób transparentny i efektywny kosztowo. Ten proces ma również zapewnić wystarczalność pokrycia potrzeb w zakresie inwestycji, związanych z działaniami badawczymi. Istnieje dziś sporo inicjatyw europejskich, mogących uczestniczyć w osiągnięciu założonych celów, jednak wymagana jest bardziej intensywna forma współpracy na poziomach UE i narodowych.

## 5. Wartości graniczne

Piąty z pakietu artykułów (Winter i in. 2015) przedstawia wyniki w zakresie niezmiennie interesującym korporację zawodową elektroenergetyki. Rozwiązanie innowacyjnych projektów skupia się na metodologii planowania rozwoju i eksploatacji systemu, a w szczególności prezentuje osiągnięcia w pracach, zmierzających do wzrostu wykorzystania linii napowietrznych w celu zmniejszenia ograniczeń ich zdolności przesyłowych. Istniejące projekty w rodzaju Tesla i Umbrella zmierzają do opracowania innowacyjnych narzędzi dla przyszłego skoordynowanego i stabilnego funkcjonowania paneuropejskiego systemu elektroenergetycznego. Celem tych dwóch projektów jest stworzenie symulacyjnego instrumentarium, wspomagającego przyszłe skoordynowane zarządzanie europejską siecią przesyłową. Projekty są wzajemnie komplementarne i doprowadziły do wspólnych rekomendacji odnośnie do zasad eksploatacji, wspierających przyszłe skoordynowane zarządzanie ogólnoeuropejską siecią przesyłową. Dla operatora sieci zasadnicze jest posiadanie narzędzia, łączącego bieżące dane systemowe (pomiar i topologia) z systemem SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*), pozyskiwaniem bieżących danych meteorologicznych oraz analizą niezawodności w czasie rzeczywistym wraz z krótkoterminowymi prognozami rozplywów i prognozami warunków atmosferycznych. Projekt systemu oceny granicznych wartości operacyjnych SUMO rozwija metody oceny bezpieczeństwa, wykazując, iż otwarta platforma integracji i dobrze przemyślana architektura oraz zróżnicowane opcje dla klienta mogą być zintegrowane w użyteczne narzędzie zarządzania operacjami w sieci elektroenergetycznej. Metoda zwiększenia przepustowości napowietrznych linii elektroenergetycznych w zależności od warunków pogodowych w ich otoczeniu została zastosowana w Niemczech i Słowenii. Niemiecki system obciążania dynamicznego został wprowadzony do procedur operatorskich w obszarze TenneT, a odpowiednie korytarze przesyłowe północ-południe są elementem tego programu. Specjalnej uwagi wymaga zachowanie systemu w stanach pozakłóceniowych dla uniknięcia utraty stabilności w przypadku poważnych perturbacji. Przedstawiono środki przeciwdziałania w obszarze chronionym, narzędzia sterowania oraz działania w fazie sterowania awaryjnego. Wieloletnie doświadczenia eksploatacyjne wykazały zgodne z założeniami działanie proponowanych rozwiązań. Dla możliwie najbardziej efektywnego sterowania systemem niezbędny jest szerszy zakres informacji w czasie rzeczywistym, dotyczących zachowań inercyjnych. Możliwe środki do osiągnięcia tego celu badano w systemach Skandynawii; dotyczy to pomiarów zachowań jednostek wytwórczych w czasie rzeczywistym dla ograniczenia skutków przyszłych wartości

mocy wytwarzanej i zapotrzebowania dla bezwładności i częstotliwości. Niezbędna jest jednak kontynuacja prac R&D w szerszej perspektywie, zwłaszcza dla rozwinięcia do przypadku systemów o znaczącym udziale elementów IT. Projekt *Horizon 2020* ma być pomocny w rozwiązywaniu problemów, związanych ze zmianami charakterystyk regulacyjnych przyszłych systemów elektroenergetycznych.

## 6. Demonstracje wielkoskalowe

Kolejny (szósty z cyklu) artykuł (Lorenzo i in. 2015) skupia się na projektach demonstracyjnych dużej skali, ukierunkowanych na integrację źródeł, wykorzystujących zasoby odnawialne. Zaprezentowano projekty TWENTIES, BESTPATHS i IGREENGrid. Ostatnio przedstawione wyniki TWENTIES wykazały, że europejska infrastruktura elektroenergetyczna może być wykorzystana efektywniej niż to realizowane jest teraz. Elementami projektu są: prototypowy wyłącznik stałoprądowy, testowany z sukcesem oraz wniosek, że sterowanie rozplływami z wykorzystaniem transformatora – przesuwnika fazowego, wysokonapięciowego łącza prądu stałego oraz elastycznego systemu prądu przemiennego, może prowadzić do zmniejszenia ograniczeń sieciowych w sposób elastyczny. Projekt BESTPATH jest w pewnym stopniu oparty na doświadczeniach uzyskanych przy realizacji projektu TWENTIES: skupia się na problemach interoperacyjności oraz interakcji pomiędzy turbinami wiatrowymi oraz przekształtnikami. Inny projekt (IGREENGrid) ocenia zachowanie różnych rozwiązań na drodze zdefiniowania kluczowych wskaźników oraz analiz techniczno-ekonomicznych dla zbadania powtarzalności i skalowalności oraz metody najlepszych praktyk dla zintegrowania rozproszonej generacji OZE z siecią. Wielkoskalowe projekty demonstracyjne są niezbędne dla zamknięcia luki pomiędzy rozwiązaniami w fazie prototypowej a w pełni komercyjnymi. Co więcej, zezwalają one zainteresowanym przedsiębiorstwom (głównie przedsiębiorstwom sektora energii) na ograniczenie ryzyk przez modelowanie problemów technicznych, niemożliwych do zbadania w skali laboratoryjnej. Demonstracje wielkoskalowe mogą również angażować wielu (lub nawet wszystkich) aktorów łańcucha wartości. Są one nie tylko sposobem na zbadanie reakcji systemu na proponowane rozwiązania w warunkach zbliżonych do realiów systemowych, ale też pozwalają na zrozumienie złożoności uwarunkowań w fazie poprzedzającej masowe wdrożenia.

Ostatni z serii artykułów (Varela i in. 2015) rozwija relację na przykładzie jednego z projektów wielkoskalowych (GRID4EU), będącego narzędziem dla operatora dystrybucji. Projekt jest przeznaczony dla oceny najbardziej odpowiednich technologii smart grid w sieci dystrybucyjnej. Podkreślana jest niezbędność przeprowadzenia demonstracji wielkoskalowych w celu rozstrzygnięcia jednego z najpilniejszych problemów: integracji OZE w systemie elektroenergetycznym. GRID4EU jest narzędziem realizacji założeń europejskiej inicjatywy sieci elektroenergetycznych (EEGI). Opracowana w ramach tego projektu „mapa drogowa R&D” – *Smart Grid Road Map* – dla okresu 2013–2022 typuje 13 funkcjonalnych celów, zgrupowanych w pięć klastrów:

- ✧ integracja inteligentnych odbiorców,
- ✧ integracja OZE i nowe uwarunkowania,
- ✧ operacje sieciowe,

- ✧ planowanie sieci i zarządzanie majątkiem,
- ✧ architektura rynku.

Większość z 13 funkcjonalnych celów została zweryfikowana w projekcie GRID4EU i scalona w sześć podstawowych strumieni działań:

- ✧ aktywne zapotrzebowanie mocy lub partycypacja klienta,
- ✧ integracja OZE w sieci,
- ✧ magazynowanie energii,
- ✧ innowacyjne zarządzanie obciążeniem na poziomie średnich napięć,
- ✧ innowacyjne zarządzanie obciążeniem na poziomie niskich napięć,
- ✧ mikrosieci.

Projekt ten obejmuje szeroki wachlarz technologii i znaczącą liczbę eksperymentów demonstracyjnych, przeprowadzonych w Czechach, Francji, Niemczech, Włoszech, Hiszpanii i Szwecji. Stwarza to cenny zasób informacji referencyjnych dla rozwoju inteligentnych sieci dystrybucyjnych.

## Podsumowanie

Działania badawczo-rozwojowe są i zawsze pozostaną drogą poszukiwania ścieżki do rozwiązania dzisiejszych i przyszłych wyzwań. Nie istnieje pojęcie klęski R&D: wszystkie rezultaty mają swoją wartość i w późniejszym czasie są efektywne kosztowo nawet wówczas, gdy dla przeprowadzenia złożonego programu badań niezbędne są znaczące środki. Odpowiednie mechanizmy finansowania wraz z innowacyjnym myśleniem operatorów, zarządzających majątkiem sieciowym, są niezbędne dla spełnienia zamierzeń, sprecyzowanych w mapach drogowych R&D.

## Literatura

- OLKIEN, M. 2014. From the Editor A view from Europe (...) *IEEE Power & Energy Magazine* vol. 12, March/April.
- HADJISAID, N. i SABONNADIÈRE, J.C. 2014. European electric system – driving its modernization. *IEEE Power & Energy Mag.* vol. 12, nr 2, March/April.
- HENRY i in. 2014 – HENRY, S., PANCIATICI, P. i PARISOT, A. 2014. Going Green. *IEEE Power & Energy Mag.* vol. 12, nr 12, March/April.
- FEIX, O. 2014. Shifting Currents. *IEEE Power & Energy Mag.* vol. 12, nr 12, March/April.
- BOMPARD, E. 2014. et al: It's a Bird, It's a Plane, It's a Supergrid! *IEEE Power & Energy Mag.* vol. 12, nr 2, March/April.
- MALLET, P. i in. 2014. Power to the People. *IEEE Power & Energy Mag.* vol. 12, nr 2 March/April.
- LORUBIO, G. i SCHLOSSER, P. 2014. Euro Mix. *IEEE Power & Energy, Mag.* vol. 12, nr 2, March/April.
- MALKO, J. 2014. Studium przypadku – generacja, przesył, dystrybucja. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* t. 17, z. 3, Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.



- OLKEN, M. 2015. From the Editor – R&D efforts: Another look at Europe. *IEEE Power & Energy Mag.* vol. 13, nr 1, Jan/Febr.
- IVANOV, Ch. 2015. Guest Editorial – European R&D efforts. *IEEE Power & Energy Mag.* vol. 13, nr 1, Jan/Febr.
- VERSEILLE, J. i STASCHUS, K. 2015. The Mesh-Up. *IEEE Power & Energy Mag.* vol. 13, nr 1, Jan/Febr.
- Vu VAN, T. i in. 2015. Organic Growth. *IEEE Power & Energy Mag.* vol. 13, nr 1, Jan/Febr.
- SANCHIS, G. i in. 2015. The Corridors of Power. *IEEE Power & Energy Mag.* vol. 13, nr 1, Jan/Febr.
- FERRANTE i in. 2015 – FERRANTE, A., CONSTANTINESCU, N. i ABREU JACKSON, J. 2015. Lines of Convergence. *IEEE Power & Energy Mag.* vol. 13, Nr 1, Jan/Febr.
- WINTER, W. i in. 2015. Pushing the Limits. *IEEE Power & Energy Mag.* vol. 13, nr 1, Jan/Febr.
- LORENZO, M. i in. 2015. The Proof Is in the Putting. *IEEE Power & Energy Mag.* vol. 13, nr 1, Jan/Febr.
- VARELA, J. i in. 2015. Show Me! *IEEE Power & Mag.* vol. 13, nr 1. Jan/Febr.

Jacek MALKO

## Europe: View from America Case Study: Electric power system

### Abstract

The Special Issue of the IEEE Power and Energy Magazine (January/February 2015) is devoted to the unprecedented revolution of the European power sector which is facing tremendous changes and challenges to improve its sustainability and the security of supply as well as to implement the integration of the internal EU-28 energy market and its liberalization. Aging assets with the need for decommissioning and upgrading the entire electrical power infrastructure (generation, transmission, distribution and R&D activity) is also a considerable concern in the European energy landscape. Indeed, secure, sustainable, available, and affordable energy is fundamental to modern societies and to the well-being of citizens as well as for industry competitiveness. The European power system serves more than 500 million people distributed over a large territory, with an annual consumption of over 300 TWh. The corresponding generation portfolio is still composed primarily of traditional plants using fossil, hydroelectric and nuclear energies. The current high-voltage transmission grid is made 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 on the open market. The recent opening and expansion of cross – border markets has drastically modified this situation, leading to a fast and continuous increase in cross-border exchanges and emphasizing the need for a new infrastructure enabling a 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 the European climate and energy policies, the electrical system is in a period of very fast and radical evolution with a very high development of renewable energies

patterns as well as through economies of scale, but it is facing major challenges in planning, developing, and deploying the appropriate technology solutions to respond to the political objectives and support the convergence to a decarbonized and sustainable economy.

**KEYWORDS:** generation, transmission, distribution, development, transformation, Europe