

Anna LUDYNIA*

Ekonomiczne i techniczne aspekty innowacyjnej technologii sieci inteligentnych w procesie zmian działania systemów energetycznych

STRESZCZENIE. Artykuł ma na celu analizę ekonomicznych aspektów dotyczących wprowadzenia sieci *smart grids* do gospodarki jako innowacji technologicznej, która będzie służyć procesowi wzrostu ekonomicznego, utrzymania europejskiego bezpieczeństwa energetycznego oraz wspomagania ochrony środowiska naturalnego i klimatu.

Punktem wyjścia rozważań jest twierdzenie o niezbędnych zmianach w działaniu systemów zasilających w celu utrzymania bezpieczeństwa energetycznego w Europie, rozwoju gospodarczego oraz realizacji założeń pakietu klimatycznego.

Powyższy cel opracowania determinuje teza, że inteligentne sieci energetyczne gwarantują wzrost oszczędności energii i redukcję emisji CO₂, co podniesie bezpieczeństwo energetyczne Europy, pozwoli na realizację pakietu klimatycznego i zrealizuje potrzeby współczesnej gospodarki cyfrowej.

Artykuł obejmuje analizę polityki energetycznej w Europie wraz z najistotniejszymi czynnikami, które tę politykę kształtują, ponadto zajmuje się on rozważaniami nad istotą innowacyjnego rozwiązania inteligentnych sieci energetycznych i korzyściami jakie generuje w procesie implementacji do systemu energetycznego oraz analizą największych polskich projektów, które pozwalają na implementację innowacyjnych technologii energetycznych jakimi są inteligentne sieci i inteligentne liczniki.

Szczególną uwagę w poniższym opracowaniu zwracam także na niski poziom wiedzy w zakresie znajomości tematyki inteligentnych sieci wśród społeczeństwa europejskiego. Zebrane informacje znacząco wskazują na potrzebę edukacji ludzi w tym temacie z użyciem zro-

* Dr – Politechnika Łódzka, Łódź; e-mail: anna.ludynia@p.lodz.pl

zumiały terminów oraz za pomocą odpowiednich kanałów komunikacji. Proces ten umożliwi łatwiejszą i szybszą implementację innowacji energetycznych oraz wsparcie procesów ekologicznych w Europie.

Opracowanie zostało oparte na studiach literaturowych polskich i angielskich, bezpośrednich wywiadach ze specjalistami w zakresie tematyki *smart grids* oraz analizach danych statystycznych.

W zakończeniu opracowania znalazły się podstawowe spostrzeżenia i wnioski wynikające z przeprowadzonych rozważań.

SŁOWA KLUCZOWE: innowacja, technologia energetyczna, polityka energetyczna

Wprowadzenie

Problematyka działania inteligentnych systemów sieciowych (*smart grids*) w polskiej energetyce bardziej jest dotychczas przedmiotem rozważań i dyskusji niż zastosowania oraz zdecydowanych działań w tym zakresie, o czym świadczy poziom nakładów kapitałowych oraz liczba i stopień zaawansowania projektów.

Natomiast na świecie, a szczególnie w Stanach Zjednoczonych jest ona szerokim polem konwersacji jak i działań inwestycyjnych, które mają na celu dostosowanie systemu zasilania do potrzeb gospodarki cyfrowej.

Obecnie systemy energetyczne kolidują z wymaganiami techniki produkcyjnej, co generuje straty ekonomiczne dla gospodarki. Ponadto analiza działania obecnego systemu energetycznego wskazuje na brak oszczędności w gospodarowaniu ciągle malejącymi zasobami naturalnymi, których ceny systematycznie wzrastają, co w następstwie będzie wpływało na obniżenie konkurencyjności gospodarczej (Maciejewski 2011).

Inteligentne sieci energetyczne są innowacją dla systemu zasilania, która pozwoli na poprawę funkcjonowania gospodarowania jak i wzrost efektywności energetycznej.

Ponadto możliwości jakie generują w procesie zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju i ochrony klimatu świadczą, że powinny posiadać istotne wsparcie ze strony władz i zrozumienie w społeczeństwie co do konieczności ich implementacji.

1. Analiza potencjału innowacyjności *Smart Grid* w systemie elektroenergetycznym

W polityce energetycznej państw Unii Europejskiej obecnie najważniejsze miejsce zajmuje sektor produkcji energii elektrycznej, który m.in. wpływa na jakość życia społeczeństwa. Natomiast jednym z zasadniczych problemów rozwoju gospodarczego jest

sprostanie szybko rosnącemu zapotrzebowaniu na energię elektryczną, której wytwarzanie jest coraz droższe i wciąż szkodliwe dla środowiska.

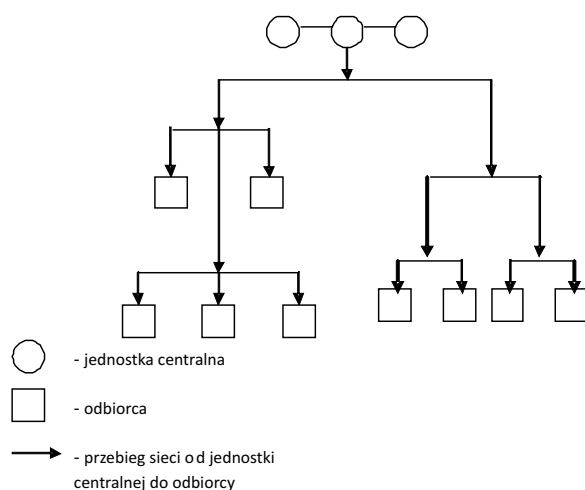
W związku z powyższym niezbędna jest rozbudowa mocy produkcyjnych, modernizacja starzejącej się infrastruktury energetycznej oraz infrastruktury przesyłowej. Wszystkie te elementy istotnie wpływają na system bezpieczeństwa energetycznego.

Rozwiązanie powyższych trudności wymaga zintensyfikowanych działań, które mogą być realizowane w formie tradycyjnej albo innowacyjnej.

Dotychczas stosowane rozwiązania klasyczne w zakresie budowy np. kolejnych bloków energetycznych, a także sieci energetycznych wymaga wysokich nakładów kapitałowych oraz długiego czasu trwania inwestycji. Dlatego konieczne jest, aby zmodernizować dotychczasowy system energetyczny poprzez wsparcie innowacyjnymi technologiami energetycznymi, które pozwolą efektywnie zarządzać zasobami energii oraz wprowadzić alternatywne źródła dla generacji energii elektrycznej.

Realizacja powyższych wyzwań wymaga sieci o elastycznej infrastrukturze, która będzie dostarczać energię dokładnie tam, gdzie istnieje zapotrzebowanie, a także będzie ona pozwalała lepiej planować wielkość produkcji i zużycia. Ponadto cechą charakterystyczną współczesnego świata jest cyfryzacja wielu sektorów gospodarczych jak i dziedzin życia społeczeństwa. W związku z czym dotychczasowe sieci elektroenergetyczne wymagają również szczególnych zmian i dostosowania się do cyfrowego otoczenia.

Dotychczasowe działanie systemów przesyłu energii polega na obsłudze dużych centrali energetycznych w systemie jednokierunkowym na zasadzie hierarchicznej, tj. od generatora energii elektrycznej poprzez sieć przesyłową i dystrybucyjną, aż do odbiorcy końcowego. Podstawową słabością takiej struktury jest zbyt długa droga przesyłu energii elektrycznej do odbiorcy końcowego, co powoduje liczne zagrożenia na trasie jej transportu (rys. 1).



Rys. 1. Schemat działania tradycyjnych sieci energetycznych
Źródło: Opracowanie własne

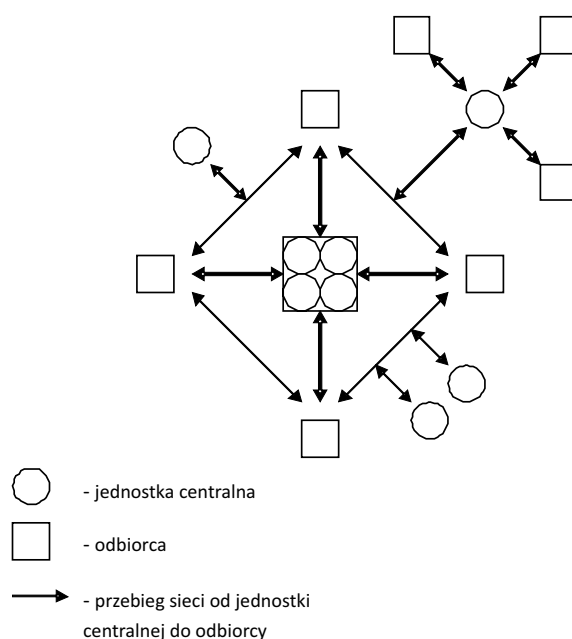
Fig. 1. Diagram of traditional energy networks

Ponadto należy zwrócić uwagę na fakt, że wszelkie zakłócenia w powyższym systemie powoduje niestabilność w zasilaniu czyli ciągłości parametrów jakościowych, co powoduje duże szkody ekonomiczne w procesach produkcyjnych przedsiębiorstw, które oparte są głównie na cyfryzacji, automatyce i komputeryzacji.

Współczesna gospodarka cyfrowa wymaga inteligentnych sieci, które będą spełniały następujące funkcje (zgodnie z ustaleniami Ministerstwa Energetyki USA z czerwca 2009 r.):

- 1) inteligentne sieci energetyczne będą optymalizowały wykorzystanie zasobów energetycznych oraz efektywności eksploatacyjnej,
- 2) wykorzystywały wszystkie rozwiązania technologiczne w zakresie generowania i magazynowania energii,
- 3) zapewniały jakość zasilania dla wszystkich potrzeb gospodarki cyfrowej,
- 4) przewidywały zakłócenia w pracy systemu i reagowały na nie w trybie samonaprawy,
- 5) posiadały odporność na ataki fizyczne i cybernetyczne oraz katastrofy naturalne,
- 6) umożliwiały czynne uczestnictwo odbiorców,
- 7) umożliwiały wprowadzanie nowych produktów, usług (Feliachi, red. 2011).

Aby zostały zrealizowane powyższe funkcje system energetyczny musi posiadać strukturę sieciową o dwukierunkowej komunikacji, na której będzie można dokonywać implementacji innowacyjnych technologii zwiększających efektywność ekonomiczną oraz techniczną sieci oraz prowadzić do decentralizacji systemu energetycznego (rys. 2 i tab. 1).



Rys. 2. Schemat działania inteligentnych sieci energetycznych
Źródło: Opracowanie własne

Fig. 2. Diagram of the Smart Grid function
Source: Own elaboration

TABELA 1. Charakterystyka porównawcza tradycyjnego systemu elektroenergetycznego z siecią inteligentną *Smart Grid*

TABLE 1. Comparative characteristics of a traditional power system and an intelligent Smart Grid network

	Sieć hierarchiczna (tradycyjna)	Sieć inteligentna
Sterowanie, kontrola, liczniki	elektromechaniczne	cyfrowe
Komunikacja, przepływ informacji	jednokierunkowe	dwukierunkowe
Generacja	scentralizowana	rozproszona
Architektura	hierarchiczna	sieciowa
Transparentność struktury	nieprzejrzysta	samomonitorowanie
Działania poawaryjne, awarie, <i>black-outy</i>	korygowane ręcznie	samonaprawialne
Kontrola / testowanie	ręczne	zdalne
Komunikacja z odbiorcą	ograniczone	wszechobejmujące
Szansa wyboru przez użytkownika	niewielka	wiele wyborów

Źródło: Malko J., „Dlaczego Sieci muszą być inteligentne?”, Wulkan 1(18) 2011.

Smart Grid nie jest celem samym w sobie, ale jest on odpowiedzią na poziomie technicznym i ekonomicznym wobec wyzwań przed jakimi znalazł się sektor elektroenergetyczny oraz gospodarka w Europie i na świecie. Pozwala on głównie na cyfrowy sposób sterowania i kontroli przesyłem energii elektrycznej na podstawie dwukierunkowej komunikacji. Czynniki inteligencji będą wprowadzane do sieci przez technologie cyfrowe. Inteligentne urządzenia będą monitorować i dokonywać pomiarów, zapewniać komunikację dwustronną pomiędzy urządzeniami cyfrowymi i ośrodkami sterowania oraz umożliwiać w zaawansowanych systemach sterowania automatyczne podejmowanie decyzji przez komputery. Sieci inteligentne będą wykorzystywać inteligentne urządzenia, dwustronną komunikację i zaawansowane systemy sterowania czego nie posiada dotychczasowy system przesyłu energii w sieci (Malko 2012). Ponadto *Smart Grid* umożliwia – w ramach sieciowej architektury – wprowadzenie generacji rozproszonej, co wprowadzi dodatkowe źródła energii w całym systemie energetycznym. Poprzez system automatyki i informatyki istnieje samomonitorowanie struktury sieciowej, w której funkcjonuje wszechobejmująca komunikacja z odbiorcą oraz wiele możliwości wyboru źródła zakupu energii elektrycznej poprzez cyfrowe liczniki jej poboru (tab. 1).

Plan wprowadzenia powyższego systemu elektroenergetycznego przyniesie wiele korzyści dla podmiotów energetycznych. Operatorzy sieci uzyskają usprawnienie zdolności monitoringu i sterowania siecią, co umożliwi im zapewnienie wyższego poziomu niezawodności systemu. Firmy dystrybucyjne uzyskają niższe straty dystrybucyjne, zmniejszy się konieczność realizacji wysokiego tempa nakładów inwestycyjnych oraz zostaną obniżone koszty utrzymania ruchu. Odbiorcy zyskają większy wpływ na swoje koszty zużycia energii,

w tym możliwość własnego wytwarzania energii, co wpłynie na obniżenie szczytowego zapotrzebowania. Jednocześnie powstaną korzyści jakościowe z bardziej niezawodnego i stabilnego zasilania odbiorców w energię. Ponadto środowisko odniesie korzyści w wyniku zmniejszenia emisji CO₂ i innych zanieczyszczeń, co związane jest m.in. z szybkim podłączeniem odnawialnych źródeł energii i całej rozproszonej generacji (Szczerbowski, Chomicz red. 2012) Według amerykańskiego instytutu badawczego EPRI (*Electric Power Research Institute*), inwestycje w rozwój technologii sieci inteligentnych i ich wdrożenie w USA będą stanowiły wielkość 165 mld \$, co w przyszłości wygeneruje przychody na poziomie od 638 do 802 mld \$ (Sedler 2011).

Poza wysokim potencjałem innowacyjnym technologii *smart grids* istnieje wiele innych przesłanek o charakterze ekonomicznym i środowiskowym, które również skłaniają do wprowadzenia inteligentnego systemu energetycznego.

Anomalie klimatyczne

W latach 2004–2010 miały miejsce w Polsce i Europie (np. Szwecja, Niemcy, Włochy, Norwegia) liczne wydarzenia katastroficzne, które doprowadziły do rozległych awarii sieciowych (*blackouty*), a których przyczyną były silne anomalie pogodowe. W wyniku lawiny wzrastającego napięcia, mimo sprawnych źródeł zasilania, wielu odbiorców zostało pozabawionych zasilania na kilka dni, co w konsekwencji doprowadziło do znaczących strat ekonomicznych. Ponadto proces przywracania dostarczania energii był skomplikowany i czasochłonny. Powyższe fakty potwierdzają, że historyczna dotychczasowa struktura systemów energetycznych nie spełnia już swoich zadań wobec zmian klimatycznych i wymagań ekonomicznych, jakie obecnie narastają. Szczególnego znaczenia nabiera brak informacji między operatorami a odbiorcami o stanie obciążenia systemu (Kowalak red. 2011).

Lepsze wykorzystanie potencjału generacji rozproszonej

Globalny popyt na energię bardzo szybko wzrasta w związku z rozwojem gospodarczym, rozwojem poziomu usług i jakości życia społeczeństwa. Szacuje się, że tempo wzrostu wynosi około 2,2% rocznie. Starzejąca się infrastruktura energetyczna zarówno w Polsce jak i Europie wymaga modernizacji i maksymalizacji efektywności przepływu energii.

Powyższe przesłanki wymagają zintensyfikowanych działań dla zwiększenia mocy produkcyjnych energii elektrycznej. Dlatego niezbędne jest, aby różne źródła generacji energii elektrycznej posiadały swój udział w zaspokajaniu potrzeb odbiorców. Istnieje ogromne zapotrzebowanie na to, by sieć energetyczna umożliwiała podłączanie się rozproszonych źródeł generacji szczególnie tych odnawialnych, które zapewniają mniejszą szkodliwość dla środowiska.

Przyspieszenie procesu liberalizacji sektora energetycznego

Inteligentne sieci energetyczne pozwolą na szeroki dostęp do informacji wszystkim jej odbiorcom i większy wybór między różnymi producentami energii elektrycznej. Możliwość uczestnictwa w systemie energetycznym wielu podmiotów pozwoli na rozwój procesu liberalizacji, co jest podstawą wzrostu konkurencyjności w sektorze energetycznym.

Dotychczasowy system elektroenergetyczny utrudnia implementację klimatycznych postanowień Unii Europejskiej

Obecny system energetyczny utrudnia podłączenie się źródeł energii odnawialnej, co wpływa negatywnie na poziom obniżania się wielkości wskaźnika emisji CO₂ oraz na wzrost produkcji energii ze źródeł alternatywnych.

Ponadto konsekwentny rozwój technologii rozproszonego magazynowania energii, a także związanych z nią nowych produktów i usług będzie koniecznością, która wymusi wprowadzenie zapotrzebowania na nowy, tzn. inteligentny system energetyczny.

Pojawienie się pojazdów elektrycznych w użytkowaniu społecznym będzie formą magazynowania energii, ale także będą one wymagały zwiększonego zapotrzebowania na pobór energii i dostosowania sieci do korzystania z tego typu produktów na rynku.

Możliwości wykorzystania zjawiska prosumpcji

Istotne znaczenie dla podniesienia mocy wytwórczych, a tym samym bezpieczeństwa energetycznego kraju jest wyposażenie wielu odbiorców w możliwości samodzielnego zaspokajania potrzeb energetycznych, a także generowania i sprzedawania energii do systemu elektroenergetycznego, co pozwoli na bardziej efektywne wykorzystanie dostępnych źródeł pierwotnych i wtórnych w każdym regionie. Realizacja zadań prosumenckich i płynących z niej korzyści nie będzie możliwa przy braku infrastruktury *Smart Grid*.

Rozwój nowych rynków inteligentnych urządzeń w gospodarce

Implementacja *Smart Meteringu* we współczesnych gospodarkach pozwoli na rozwój tzw. rynku inteligentnych urządzeń dla konsumenta oraz rynków oprogramowania i elektroniki. Przewiduje się, że rynek tego rodzaju dóbr wzrośnie globalnie z 3,06 mld w 2011 do 15,12 mld \$ w 2015 r. (Zpryme Research & Consulting 2010).

Wzrost aspektów edukacji społeczeństwa w procesie oszczędności energii

Innowacyjna sieć inteligentna pozwoli na edukację społeczeństwa i wzrost świadomości w procesie oszczędności energii za pomocą bodźców finansowych. Odbiorca energii miałby możliwość wyboru czasu jej używania wtedy kiedy jest ona najtańsza, co mógłby przeliczyć na konkretne oszczędności. Proces ten wzmocni konkurencyjność na rynku operatorów i umożliwi jego demonopolizację.

2. Zarys implementacji inteligentnej sieci w systemie energetycznym Europy

Funkcjonowanie zaawansowanej inteligentnej sieci energetycznej, która będzie efektywnie działała i spełniała potrzeby współczesnej gospodarki cyfrowej wymaga implementacji następujących elementów:

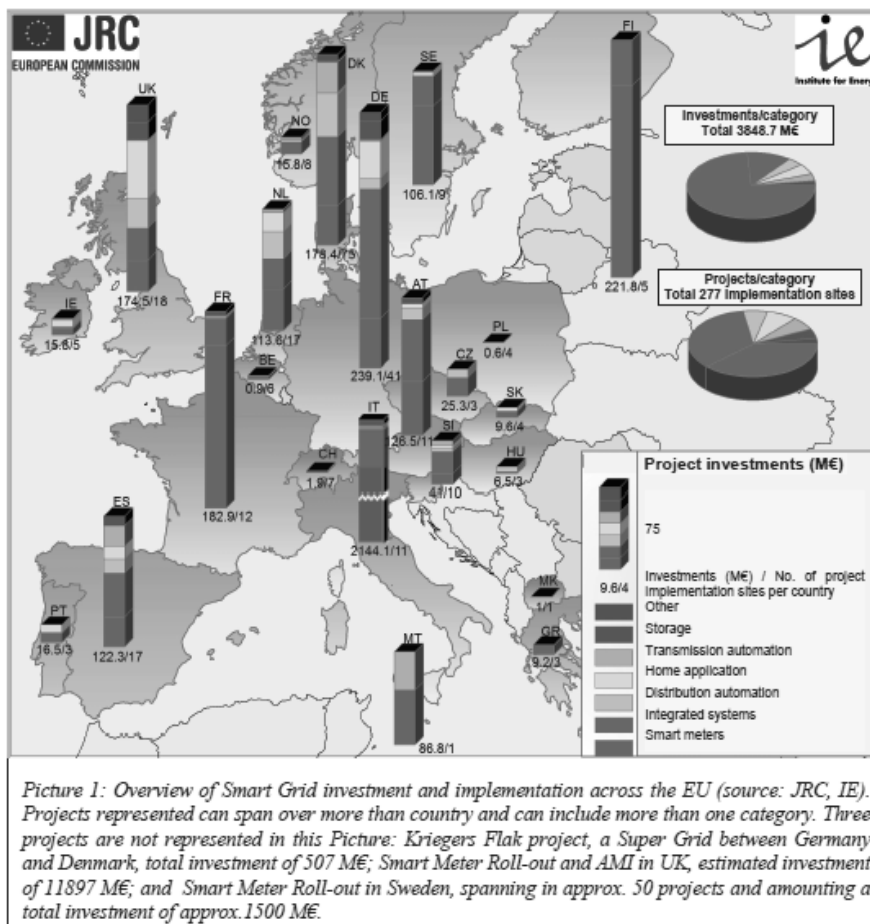
- 1) inteligentnych liczników i związanej z tym zaawansowanej infrastruktury,
- 2) automatycznej sieci przesyłowej i dystrybucyjnej,
- 3) aplikacji, obejmujących integrację całego systemu energetycznego,
- 4) aplikacji informatycznych dostosowanych do analizy zachowań klienta,
- 5) składowania energii.

Dotychczas każdy z powyższych elementów jest realizowany w różnym zakresie w ramach krajowych i międzynarodowych projektów, w które zaangażowane jest wiele państw Unii Europejskiej.

Zgodnie z danymi zawartymi w Komunikacie Komisji Europejskiej do Parlamentu Europejskiego z dn. 12 kwietnia 2011 r., oszacowano, że w krajach UE zostało zainwestowane w ostatnie dekadzie ponad 5,5 mld € w około 300 projektów mających na celu implementację inteligentnej sieci energetycznej. Dla porównania – w USA zainwestowano 8,1 mld \$, a w Chinach 7,3 mld \$ (Communication EC 2011).

Unia Europejska jest ciągle w początkowym stadium implementacji inteligentnych sieci szczególnie jeśli weźmie się pod uwagę, że do 2020 r. są planowane inwestycje na poziomie 56 mld €.

Jak wynika z rysunku 3, liderem w inwestycjach dotyczących inteligentnych liczników (*Smart Meters*) są Włochy, głównie dzięki narodowemu projektowi „Telegestore”, gdzie funkcjonujący obecnie system mierników realizuje głównie zadania polegające na redukcji tzw. strat nietechnicznych (np. kradzieże). Znaczące wartości inwestycji w smartmeteringu w Europie dotyczą także Francji, Szwecji i Finlandii. Rysunek 3 obrazuje również jakie są rozpiętości nakładów na inwestycje w budowę sieci inteligentnej w całej Europie. Istnieje znacząca różnica między krajami Europy Środkowo-Wschodniej a krajami Europy Zachodniej. Niewielkie nakłady na inteligentną sieć energetyczną w Europie Środkowo-



Rys. 3. Przegląd inwestycji w inteligentne opomiarowanie w Europie

Źródło: European Commission, „Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Smart Grids: from innovation to deployment”

Fig. 3. Overview of investments in smart metering in Europe

-Wschodniej z pewnością będą opóźniały budowę zintegrowanej nowoczesnej europejskiej sieci energetycznej i działania na rzecz efektywności zarządzania energią.

Podstawowymi oczekiwaniami w stosunku do już zrealizowanych inwestycji w powyższych krajach to przede wszystkim:

- ✧ obniżenie kosztów przedsiębiorstw energetycznych z tytułu kradzieży energii na sieci,
- ✧ możliwość zdalnej aktywacji i dezaktywacji usług,
- ✧ zdolność szybszego wykrywania wycieku energii z sieci,
- ✧ lepsze zarządzanie trudnymi klientami (*bad payers*),
- ✧ w przyszłości możliwość realizowania dodatkowych zadań w celu zaopatrzenia konsumentów w tzw. podgląd dynamiki cenowej.

Dotychczas zainstalowane inteligentne liczniki pozwoliły konsumentom obniżyć zużycie energii do 10% (zgodnie z projektem Telegestore, Włochy), natomiast dużo większy wpływ mają inteligentne sieci na zmniejszenie emisji CO₂ tj. do 15%.

Aby sieć *Smart Grid* mogła w pełni funkcjonować niezbędne są jeszcze inwestycje w następujące elementy składowe:

- 1) bezpieczną integrację rozproszonych źródeł energii (DER) (tj. generacja rozproszona, składowanie energii, elektryczne samochody),
- 2) możliwość reakcji konsumenta na cenę (DR),
- 3) bezpieczną integrację źródeł odnawialnych z siecią (RES).

Projekty koncentrujące się na integracji rozproszonych źródeł energii oraz systemie kontaktu z klientem, tzn. odpowiednio DER i DR, są w ciągłej tendencji rozwojowej w Europie, a większość z nich jest głównie w fazie R&D oraz jako projekty demonstracyjne. Szybki rozwój tej fazy projektów jest możliwy w wyniku pełnej implementacji zaawansowanego systemu liczników. Projekty DR w coraz większym stopniu przekształcają się w fazę projektów demonstracyjnych w celu zwiększenia stopnia zaangażowania konsumentów w oszczędność energii i pozyskania ich zaufania, co jest istotnym elementem w procesie funkcjonowania całej inteligentnej sieci. Natomiast projekty dotyczące inwestycji inteligentnego opomiarowania (*Smart Meters*) znajdują się w fazie dojrzałej o czym świadczy, że już 32% znajduje się w fazie wdrożeniowej natomiast jedynie 8% tych projektów jest jeszcze w fazie R&D (tab. 2).

TABELA 2. Struktura poszczególnych faz projektów w celu implementacji inteligentnych sieci w Europie

TABLE 2. The structure of the various phases of projects to implement Smart Grids in Europe

Projekty	R&D	Projekty demonstracyjne	Wdrożenie
DR	29%	71%	0%
DER	33%	67%	0%
RES	56%	44%	0%
Smart Meters	8%	60%	32%

Źródło: Smart Grids Project In Europe, European Commission, Institute for Energy, 2011

Zaawansowana inteligentna sieć energetyczna koresponduje także z problematyką tworzenia sieci *Super Grid* w Europie i na świecie.

Sieć *Super Grid* jest interpretowana jako system, który ma umożliwić wielkoskalową i zrównoważoną produkcję energii oraz jej przesył do oddalonych miejsc jej konsumpcji przy założeniu wykorzystania inteligentnych systemów przesyłowych. Podstawowym założeniem tej koncepcji jest poprawa funkcjonowania rynków energii. Wymienia się trzy powody stworzenia idei *Super Grid*:

- ✧ **po pierwsze:** przyszła polityka energetyczna Europy musi być zgodna z wymaganiami efektywności energetycznej,

- ✧ **po drugie:** sieć musi opierać się głównie na źródłach energii, które są lokalne, bezpieczne, zrównoważone, czyste i konkurencyjne i mogą jednocześnie nadawać Europie konkurencyjną przewagę na arenie międzynarodowej,
- ✧ **po trzecie:** sieć powinna czerpać z podstawowych idei związanych z powstaniem Unii Europejskiej – solidarności między państwami członkowskimi i wspólnym działaniu na arenie globalnej.

Koncepcja *Super Grid* w Europie ma zatem na celu nie tylko zintegrowanie inteligentnych sieci energetycznych państw członkowskich, ale także połączenie tą siecią instalacji wykorzystywanych do produkcji energii ze źródeł odnawialnych – w tym głównie morskich farm wiatrowych (Claus, Retzmann, Sörangr, Uecker 2008).

3. Zarys implementacji polskich projektów w inteligentne sieci

Wobec zobowiązań międzynarodowych Polski w dziedzinie ochrony klimatu, a także wobec potrzeby wprowadzenia na rynkach energetycznych większej konkurencji, sektor energetyczny wymaga podjęcia wielu działań.

W polskiej strukturze źródeł wytwarzania energii elektrycznej dominują głównie paliwa wysokoemisyjne, ponadto istnieje nieadekwatna i przestarzała infrastruktura przesyłowa. Wzrost gospodarczy wymusza zwiększone zapotrzebowanie na energię, co w przyszłości doprowadzi do deficytu mocy w systemie, a w konsekwencji do przerw w zasilaniu.

W związku z powyższym, podjęcie przez Polskę inicjatywy *smart grid* wydaje się oczywiste i zrozumiałe, mimo że w porównaniu do innych państw Unii Europejskiej, Polska znajduje się na samym początku procesu wdrażania, tj. na poziomie 1,7% planowanych nakładów.

Ze względu na analizę bilansu energetycznego państwa, wdrożenie *smart grid* jest pożądane, ale i tak nie zastąpi inwestycji w nowe moce wytwórcze i infrastrukturę przesyłową, które dotychczas są niewystarczające.

Oszczędność energii z pewnością zostanie uzyskana poprzez: rozwój kogeneracji, podwyższenie efektywności wytwarzania energii, przesyłu i jej konsumpcji, zmianę paliwa energetycznego lub w wyniku odzysku ciepła odpadowego, a także dzięki wdrożeniu sieci inteligentnych. Wszystkie powyższe metody mają znaczący wpływ na oszczędność zużycia energii pierwotnej, ale także na potencjalną redukcję emisji CO₂ (Brown, McLeavey-Reville 2011).

Mimo początkowej fazy implementacji inteligentnych sieci w porównaniu do krajów Unii Europejskiej, w Polsce zostały już zainicjowane trzy główne projekty prowadzone przez największych operatorów przesyłowych (tab. 3). Mają one na celu wprowadzenie inteligentnych liczników oraz związanej z nimi zaawansowanej infrastruktury energetycznej, a także stworzenia podstaw dla integracji całego systemu w procesie budowy przyszłej inteligentnej sieci elektroenergetycznej.

TABELA 3. Polskie projekty w procesie implementacji *smart grid* na sieciach energetycznych

TABLE 3. Polish projects in the process of implementing the smart grid

Nazwa projektu	Organizator	Opis projektu	Czas realizacji
AMI	ENERGA-OPERATOR SA (PL)	projekt skoncentrowany jest na wzroście efektywności operacyjnej i ułatwieniu zarządzania siecią. Obejmuje zdalne zarządzanie systemem mierników i analizę danych obliczeniowych. Ponadto dotyczy aktywizacji klientów w procesie efektywności energetycznej i wdrożeniu systemu działania generacji rozproszonej	2010–2017
Wprowadzenie programu awaryjnego w ramach systemu DSR	PSE Operator S.A. (PL)	głównym celem projektu pilotażowego jest nabycie praktycznych doświadczeń w systemie awaryjnego funkcjonowania programu DSR (systemu generacji rozproszonej) w ramach sieci inteligentnej	2011–2012
Liczniki przetwarzania danych a koncepcja centralnego repozytorium	PSE Operator S.A. (PL)	celem projektu jest przygotowanie analizy strat i zysków smartmeteringu w Polsce oraz wprowadzenia organizacyjno-prawnych ram dla przetwarzania danych w systemie inteligentnego opomiarowania oraz budowy koncepcji centralnego repozytorium	2010–2011

Źródło: European Commission, Institute for Energy, “Smart Grid Projects In Europe: lessons learned and current developments, 2011

Największym i najbardziej zaawansowanym projektem w Polsce, dotyczącym wprowadzenia rozwiązań *smart metering* na dużą skalę jest program prowadzony przez Energe Operator SA, dystrybutora energii z Grupy Energa, „Wdrożenie systemu AMI (*Advanced Metering Infrastructure* – inteligentne opomiarowanie)”. Przedstawiciele Energi Operator twierdzą, że inteligentne mierniki stanowią podstawę inteligentnych sieci, o czym świadczy także ogólnoeuropejska tendencja w konstrukcji *smart grid*. Do końca I kwartału 2012 r. firma zaplanowała instalację 100 tys. liczników typu *smart* w Kaliszu, Drawsku Pomorskim i na Helu. Półwysep Helski dodatkowo został wybrany przez Energe jako miejsce pierwszego w Polsce pilotażowego projektu inteligentnej sieci. Testowane są tam również możliwości popularyzowania generacji rozproszonej (czyli produkcji energii w małych źródłach, np. z przydomowych paneli słonecznych, czy rolniczych biogazowni). Energa zakłada, że urządzenia zainstalowane przy pilotażu zostaną na swoich miejscach już na stałe i staną się elementem planowanej na przyszłość infrastruktury. Do 2017 r. gdańska firma energetyczna zamierza wymienić urządzenia pomiarowe u wszystkich swoich odbiorców, których jest niemal 3 mln. Łączny koszt projektu jest szacowany na ponad 1 mld zł.

Projekty pilotażowe na mniejszą skalę niż Energa przygotowuje największa w branży firma PSE Operator SA oraz katowicki Tauron, Vattenfall i poznańska Enea. Celem tych projektów będzie ocena efektywności oraz wysokości kosztów wprowadzenia i użytkowania dostępnych technologii.

4. Społeczne aspekty procesu wdrażania inteligentnych sieci energetycznych

Mimo licznych projektów, jakie są realizowane na całym świecie, w krajach europejskich oraz w Polsce, ważna jest także wiedza społeczeństwa na temat inteligentnych sieci, co jest warunkiem powodzenia całości zamierzenia w sferze podwyższenia efektywności wykorzystania istniejącego potencjału energetycznego i ochrony klimatu.

Wyniki badań przedstawione w „2011 IBM *Global Utility Consumer Survey*” wykazały m.in., że wielu konsumentów na świecie nie rozumie, co składa się na cenę energii i nie dostrzega korzyści płynących z zastosowania nowych technologii.

Badanie IBM, którego celem była analiza potrzeb odbiorców energii, objęło 10 tys. osób w 15 krajach na całym świecie, w tym w Polsce. Wykazało ono jaką wiedzę odbiorcy energii dysponują, a jakiej potrzebują, by zredukować zużycie prądu i czerpać korzyści z inteligentnej energii. Ponad 60 proc. Europejczyków nie zna znaczenia terminów, takich jak inteligentne sieci oraz inteligentne liczniki.

Podobnie jest w Polsce, gdzie temat inteligentnych sieci energetycznych jest niemal nieznanym. Aż 76 proc. polskich respondentów nie wie, czym są inteligentne sieci, zaś znajomość terminu „inteligentny licznik” znajduje się znacznie poniżej średniej światowej. Natomiast Polacy mimo to deklarują, że dobrze wiedzą, za co płacą – tj. 61 proc. respondentów – a jednocześnie 54 proc. zapytanych osób nie orientuje się, czy ich dostawca oferuje energię ze źródeł ekologicznych.

Badanie wykazało także ścisły związek pomiędzy wiedzą odbiorców a oczekiwaniami zmian i akceptacją nowych inicjatyw energetycznych. 61 proc. respondentów, dysponujących ugruntowaną wiedzą o energii i jej cenach, pozytywnie ocenia plany tworzenia inteligentnych sieci i inteligentnych liczników. Wśród osób z niewielką wiedzą na ten temat, pozytywnie ocenia te plany jedynie 43 proc. osób.

Istnieje znaczny postęp w dziedzinie nowych technologii oszczędzania energii. Jednocześnie wielu odbiorców nie rozumie ofert nowych produktów inteligentnych ani korzyści jakie z nich płyną. Powyższe badanie wskazuje potrzebę edukacji z użyciem zrozumiałych terminów oraz za pomocą odpowiednich kanałów komunikacji. Ludzie chcą oszczędzać, trzeba im tylko pokazać jak można to robić. Postrzeganie, oczekiwanie i działanie odbiorców energii zmieniło się na przestrzeni ostatnich czterech lat. Pomimo wysiłków energetyków i całego przemysłu, aby stworzyć narzędzia oszczędzania energii przyjazne odbiorcom, wielu z nich nadal nie ma informacji lub odpowiedniej motywacji, by dokonywać lepszych wyborów energii.

Podsumowanie

Powyższe opracowanie jest wynikiem analiz statystyczno-ekonomicznych, bezpośrednich wywiadów i studiów literaturowych w zakresie innowacyjnych technologii w procesie dostarczania energii elektrycznej i efektywności jej wykorzystania w gospodarce.

Inteligentne sieci energetyczne są innowacją, która wśród różnych technologii ma znaczące miejsce w procesie oszczędności energii i redukcji emisji CO₂. Ponadto idea architektury i systemu działania takich sieci energetycznych pozwala na wsparcie bezpieczeństwa energetycznego, jest bardziej dostosowana do działania i potrzeb współczesnej gospodarki cyfrowej oraz powoduje przyspieszenie tempa liberalizacji sektora energetycznego.

W związku z powyższym powstało wiele projektów w Europie, ale również i kilka w Polsce, które etapami wprowadzają założenia inteligentnych sieci energetycznych do rzeczywistości gospodarczej.

Analiza projektów energetycznych w Europie daje podstawy do stwierdzenia, że zostały uruchomione potężne nakłady inwestycyjne ukierunkowane na implementację inteligentnych liczników wraz z zaawansowaną strukturą przesyłową, co zgodnie z wynikami projektu Telegestore we Włoszech powoduje oszczędności energii na poziomie do 10%, a także posiada wpływ na obniżenie emisji dwutlenku węgla do 15%.

W procesie implementacji inteligentnych sieci energetycznych w pełnym zakresie, istotne są również inwestycje w technologie dotyczące integracji rozproszonych źródeł energii, integracji źródeł odnawialnych oraz technologii *Demande Responce*, umożliwiające klientowi aktywne uczestnictwo w systemach energetycznych.

Wszystkie powyższe technologie, które doprowadzą do powstania inteligentnych sieci energetycznych w Europie będą wspierać nie tylko bezpieczeństwo energetyczne i podwyższą efektywność energetyczną, ale także wpłyną na wzrost gospodarczy. Jednak mimo powyższych rozważań należy również zauważyć, że sukces całego przedsięwzięcia jest także uzależniony od świadomości społecznej i od wiedzy każdego z uczestników systemu energetycznego, co pozwoli na zwiększenie korzyści tak ekonomicznych jak i społecznych ze szczególnym odniesieniem do ochrony klimatu i środowiska naturalnego.

Powyższe rozważania oparte są na analizie danych liczbowych oraz badaniach literaturowych, które całkowicie potwierdzają przyjętą na wstępie hipotezę, że systemy *smart grids* zagwarantują wzrost oszczędności energii i redukcję emisji CO₂. Utrzyma to bezpieczeństwo energetyczne, pozwoli na realizację pakietu klimatycznego i zaspokoi potrzeby gospodarki cyfrowej.

Literatura

- BROWN M., McLEAVEY-REVILLE C., 2011 – Driving a resource efficiency Power Generation Sector in Europe. Delta Energy & Environment.
- EU Energy Trends to 2030 – update 2009, European Commission, 2010.
- EU Energy and Transport in Figures", European Commission, Statistical Pocketbook, 2010.

- Eurostat, "Energy, transport and environment indicators 2011".
- European Commission, „Communication from the Commission to the European Parliament, The Council, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Smart Grids: from innovation to deployment.” Brussels, 12.4.2011.
- European Commission, Institute for Energy, “Smart Grid Projects In Europe: lessons learned and current developments, 2011.
- FELIACHI A., SAYMANSKY J., CHOUDHRY M., SNECKENBERGER J., 2011 – Are all smart grids equal? Journal of Electrical Systems.
- KOWALAK T., 2011 – Implikacje technologii sieci inteligentnych (*smart meters*) – inteligentne liczniki i inteligentne sieci – dla bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej. Monografie Politechniki Łódzkiej.
- MACIEJEWSKI Z., 2011 – Stan krajowego systemu energetycznego. Polityka Energetyczna z. 2.
- MALKO J. 2011 – Dlaczego sieci muszą być inteligentne? Wulkan, 1(18).
- MALKO J., 2012 – Smart Grids w świetle dokumentu CIGRE. Energia dla Przemysłu.
- SEDLER B. – Inteligentne sieci energetyczne – jako warunek dla rozwoju zielonej energii. Fundacja Naukowo-Techniczna Gdańsk, www.sedler.pl
- SZCZERBOWSKI R., CHOMICZ W. (red.), 2012 – Generacja rozproszona oraz sieci Smart Grid w budownictwie przemysłowym niskoenergetycznym. Polityka Energetyczna.
- CLAUS M., RETZMANN D., SÖRANGR D., UECKER K., 2008 – Solutions for Smart and Super Grids with HVDC and FACTS. CEPSEI, Macau.
- Zpryme Research & Consulting „Smart Grid Insights: Smart Appliances”, 2010.

Anna LUDYNIA

Economic and technical aspects of innovative technology of intelligent network in the process of power system changes

Abstract

This study analyzes the economic aspects of smart grid networks as a technological innovation which will aid in the process of economic growth, the maintenance of European energy security, and the issues of environmental protection and climate change.

The starting point for discussion is the assertion of necessary changes in the energy network in order to maintain Europe's energy security, economic development, and achievement of the climate package.

The main argument is that smart grids provide energy savings and reductions in CO₂ emissions, and will increase the energy security of Europe and allow for the implementation of the climate package while satisfying the needs of today's digital economy.

The article consists of three parts. The first is an analysis of energy policy in Europe highlighting the most significant factors. The second part deals with discussion on the essence of innovative smart grid solutions and the benefits of electricity generated in the implementation process of the power

system. The third part is devoted to analysis of the largest Polish projects revolving around smart grid and smart meter technology.

Particular attention is drawn to the low level of knowledge in European society about the subject of smart grids. Surveys indicate a significant need to educate people on this topic via understandable communication channels. This process will enable easier and faster implementation of energy innovation and support for ecological processes in Europe.

The study was prepared based on existing Polish and English research, direct interviews with experts in the field of smart grids, and analysis of statistical data.

KEY WORDS: innovation, energy technology, energy policy