

SMART GRID – PRZYSZŁOŚĆ ENERGETYKI. ASPEKTY WYBRANE

S. Bielecki¹

1. Instytut Techniki Ciepłej, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Politechnika Warszawska, Warszawa

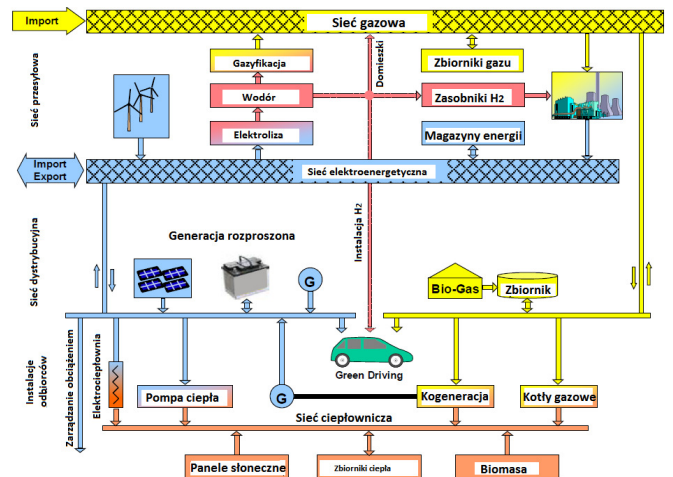
STRESZCZENIE

Artykuł porusza problematykę dotyczącą przyszłościowej struktury energetyki, mianowicie inteligentnych sieci energetycznych (tzw. SmartGrid). Konieczność wdrażania tego typu rozwiązań w Europie wynika z prowadzonej polityki Unii Europejskiej i temu celowi służy realizacja projektów badawczych oraz wdrożeniowych z zakresu nowoczesnej energetyki. W artykule omówiono podstawowe elementy, składające się na sieci SmartGrid, poruszono kwestie związane z funkcjonowaniem odbiorcy w tego typu strukturze oraz pojawienia się nowego rynku usług energetycznych.

WPROWADZENIE

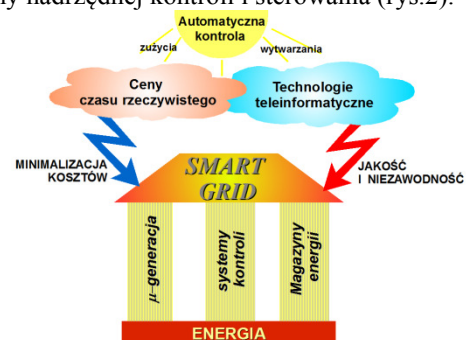
Podanie ścisłej definicji „Inteligentnej Sieci Energetycznej” (ang. Smart Grid, SG) nie jest łatwe, gdyż pojęcie to obejmuje zagadnienia zarówno stricte techniczne jak i poza techniczne (ekonomiczne, prawne i społeczne). Określenie „SmartGrid” już zdążyło zakorzenić się we współczesnej energetyce. Wspólną częścią różnych definicji SmartGrid jest stwierdzenie, że chodzi o sieć, która jest różna od tej, jaka była budowana przed masowym wdrożeniem środków łączności i systemów komputerowych [Babiś A., 2013]. Obecne podejście do tej problematyki sprawia, iż to pojęcie jest traktowane bardziej w kategoriach marketingowych [Skoczkowski T., 2015].

SmartGrid to współdziałanie wielu technologii energetycznych (rys.1). Można uznać, że SG stanowi sieć elektroenergetyczna, która potrafi harmonijnie integrować zachowania i działania wszystkich przyłączonych do niej użytkowników. Europejska grupa zadaniowa ds. inteligentnych sieci definiuje inteligentne sieci, jako sieci elektroenergetyczne, które są w stanie efektywnie integrować zachowanie i działanie wszystkich przyłączonych do nich użytkowników – wytwórców, konsumentów i użytkowników będących zarówno wytwórcami, jak i konsumentami (prosumentów) – w celu stworzenia oszczędnego pod względem gospodarczym i zgodnego z zasadami zrównoważonego rozwoju systemu energetycznego, charakteryzującego się niskim poziomem strat oraz wysoką jakością dostarczanej energii i bezpieczeństwem dostaw (http://ec.europa.eu/energy/gas_electricity/smartgrids/doc/expert_group1.pdf).



Rys.1. Struktura powiązanych sieci paliwowo-energetycznych, składających się na strukturę SmartGrid. Źródło: energyresearch.at

Tak więc SmartGrid to współdziałanie ekonomiki i technologii. Z jednej strony zależy nam na jak najniższych kosztach wytwarzania i użytkowania energii, z drugiej strony – na dostarczaniu energii o jak najlepszej jakości i z jak najwyższą niezawodnością. Temu celowi może służyć dynamiczny system kształtowania cen za energię (nawet w czasie rzeczywistym), a do tego jest potrzebna odpowiednia infrastruktura oparta na nowoczesnej technologii teleinformatycznej. Całość powinna być nadzorowana przez układy automatycznej kontroli wytwarzania i poboru energii. Po stronie technologii energetycznych do filarów SmartGrid można zaliczyć m.in. małe źródła energii w instalacjach prosumenckich (mikrogeneracja), układy magazynowania energii oraz systemy nadrzędnej kontroli i sterowania (rys.2).



Rys.2. Idea struktur energetycznych typu SmartGrid

KLUCZOWE ELEMENTY SMART GRID

Automatyzacja procesów przetwarzania oraz użytkowania energii (w tym sterowanie i kontrola zużycia energii) z powodzeniem są wykorzystywane od dłuższego czasu w instalacjach przemysłowych (automatyka procesów wytwórczych). Osiągnięcia z tej dziedziny oraz technologie sterowania stopniowo zaczęły przenikać również do instalacji elektrycznych w budynkach. W ten sposób narodziła się tzw. automatyka budynkowa i idea inteligentnych instalacji elektrycznych. Inteligencja w tym przypadku jest rozumiana jako zdolność do automatycznej i właściwej reakcji instalacji na zmieniające się czynniki zewnętrzne i wewnętrzne. Na podstawie informacji z czujników (sensorów) inteligentna instalacja elektryczna w oparciu o odpowiednie algorytmy może dokonać pożądaných przełączeń odbiorników poprzez elementy wykonawcze (aktory). Pierwotnym celem automatyki budynkowej było zapewnienie komfortu użytkownikom obiektu, z czasem zauważono jednak, że algorytmy sterujące mogą być wzbogacone o aspekt dotyczący racjonalizacji zużycia energii. Automatyka budynkowa może więc być środkiem poprawy efektywności energetycznej budynku [Bielecki S., 2013].

Skoro inteligentna instalacja steruje odbiornikami energii w budynku, nic nie stoi na przeszkodzie, aby do tej struktury zostały włączone własne źródła energii i całość była zarządzana w sposób zintegrowany. Instalacja elektryczna budynku przekształca się wówczas w strukturę prosumencką [Bielecki S., 2014]. Użytkownicy mogą zmieniać algorytmy sterujące, zależnie od własnych preferencji, co więcej mogą również upoważnić do wprowadzania takich zmian (zdalnie) np. dostawcę energii, stając się w ten sposób uczestnikiem na rynku usług systemowych, np. poprzez udział w bilansowaniu systemu elektroenergetycznego.

Odpowiednio zarządzany budynek z własnymi źródłami energii może stać się samowystarczalną (autonomiczną) mikrosiecią elektroenergetyczną, współpracującą na zasadzie dobrowolności z systemem elektroenergetycznym i realizującą podstawowe zadania jakie stawia się przed strukturami SmartGrid.

Wobec powyższego, SmartGrid jako elastyczna mikrosieć, jest pewnym uogólnieniem inteligentnych instalacji elektrycznych wynikającym z jej prosumenckiego charakteru (rys.3.).

Rozwój sieci typu SmartGrid wymaga od strony technologii energetycznych rozpowszechnienia się szeregu komponentów, których charakterystykę przedstawiono poniżej [Bielecki S., 2014].

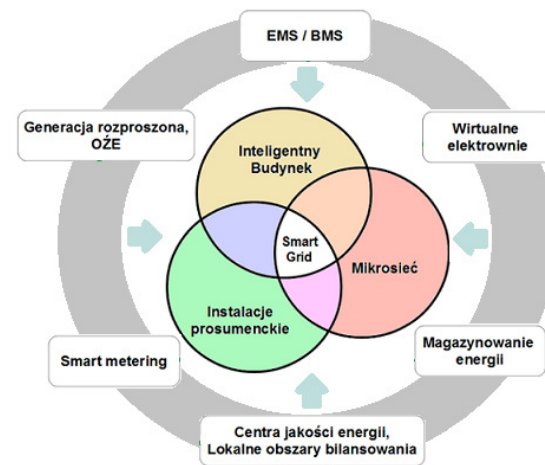
Generacja rozproszona (Distributed Generation)

Jednym z efektów wdrożenia SmartGrid ma być zwiększenie penetracji źródeł odnawialnych (OZE). Do sieci prosumenckich predestynowane są niewielkie jednostki generacyjne, składające się na tzw. generację rozproszoną. W zależności od kraju, różnie przyjmuje

się wartość graniczną mocy źródła zaliczanego do tej kategorii (np. Wielka Brytania - 100 MW, USA - 50 MW, Polska - 5 MW, Szwecja - 1,5 MW). Cechą jednostek rozproszonych wg CIGRE jest niezależność od scentralizowanego planowania rozwoju systemu. W podstawowej definicji podkreśla się konieczność pracy tych jednostek w sieci dystrybucyjnej lub instalacji odbiorcy. Można spotkać się też z określeniem „generacja rozsiana” (*dispersed generation*), w odniesieniu do źródeł autonomicznych.

Do najpopularniejszych źródeł rozproszonych wykorzystujących energię odnawialną należą układy fotowoltaiczne. Krajowe publikacje pokazują możliwości ich zastosowania w instalacjach autonomicznych [Porada Z., 2010] oraz domowych [Mazur M., 2012], w tym jako elementy układu zasilania gwarantowanego [Biskupski J., 2012].

Cechą niekorzystną generacji rozproszonej jest jej praktyczna nieprzewidywalność, co przekłada się na obiektywne trudności we współpracy indywidualnych jednostek z operatorami sieci dystrybucyjnych oraz utrudnia uczestnictwo na konkurencyjnym rynku energii. Problemy te może złagodzić pośrednik – zarządca tzw. wirtualnej elektrowni.



Rys.3. Kluczowe elementy tworzące strukturę SmartGrid (Bielecki S., 2014, *Prosument...*)

Wirtualne elektrownie

Wirtualne elektrownie (VPP – Virtual Power Plant) to dobrowolne połączenia wielu jednostek generacji rozproszonej w organizację sieciową, kontrolowaną przez lokalny, zdecentralizowany system zarządzania. Jest to więc obiekt informatyczny, zdalnie sterowany, łączący różne źródła (wiatrowe, biogazowe, fotowolticzne itd.) oraz zasobniki energii [Filipowicz M., 2004], [Szczerbowski R., 2011], [Kucęba R., 2012]. Struktura taka może realizować usługi na rzecz systemu elektroenergetycznego we współpracy z jego operatorem, również zadania regulacji napięć i mocy, ponadto może brać udział w planowaniu dobowym. Podstawowym środkiem realizacji bilansowania systemu jest sterowanie wielkością wyprowadzanej mocy. Prosumenci, współtworzący wirtualną elektrownię, mogą w

zależności od sygnałów sterujących, zmieniać wielkość wymiany energii z siecią, poprzez regulację wydajności własnych źródeł bądź zmieniając wielkość własnego poboru. Zadania te są już realizowane przez specjalistyczne firmy, oferujące usługi agregatorów energetycznych i reprezentujące zagregowanych właścicieli drobnych jednostek wytwórczych na rynku energii. Niezbędne w tej strukturze jest właściwy nadzór i zdalna koordynacja pracą poszczególnych jednostek, która jest możliwa poprzez odpowiednie zarządzanie informacjami pomiarowymi.

Smart Metering

Inteligentny system pomiarowy (smart metering) czyli system informatyczny, sprzyjający obserwowalności sieci w odpowiednim horyzoncie czasowym składa się z liczników energii, systemów telekomunikacyjnych oraz inteligentnych algorytmów informacyjnych, prognostycznych i decyzyjnych. Pierwotnie był utożsamiany jedynie z zdalnym odczytem (AMR – Automatic Meter Reading), wyższa forma tej technologii (AMM – Automatic Meter Management) miała umożliwiać zarządzanie danymi w celu ich przetwarzania i prowadzenia rozliczeń. Sformułowanie koncepcji wymagań technicznych i organizacyjnych dla systemów pomiarowych w kontekście realizacji celów stawianych przed sieciami Smart Grid sprawiło, że obecnie rozwija się idea zaawansowanej infrastruktury pomiarowej (AMI – Advanced Metering Infrastructure), tj. sprzętu i oprogramowania, umożliwiających szybki dostęp do danych pomiarowych. Dwukierunkowe informacje z systemu AMI mogą być wykorzystywane do bieżącego sterowania poziomem użytkowania energii, potrzebny jest więc kolejny system zarządzający energią w inteligentnej sieci.

Systemy zarządzania energią

Systemy EMS/BMS (Energy/Building Management System) są podstawowym elementem inteligentnej instalacji budynkowej. Korzenie systemów EMS tkwią w automatyzacji procesów przemysłowych. Zadaniem tych systemów jest monitorowanie pracy, regulowanie, informowanie i prognozowanie [Bielecki S., 2013]. System zarządzania energią, dysponujący aktualnymi i historycznymi informacjami pomiarowymi może, w oparciu o zaprogramowane algorytmy, sterować urządzeniami, źródłami oraz odbiorami w mikrosieci, stając się nadrzędnym układem kontroli energii elektrycznej [Bielecki S., 2014], pełniącym również rolę tzw. „lustra energetycznego”. Ostatecznym efektem jego działania powinna być optymalizacja i racjonalizacja użytkowania energii, w tym także jej kosztów.

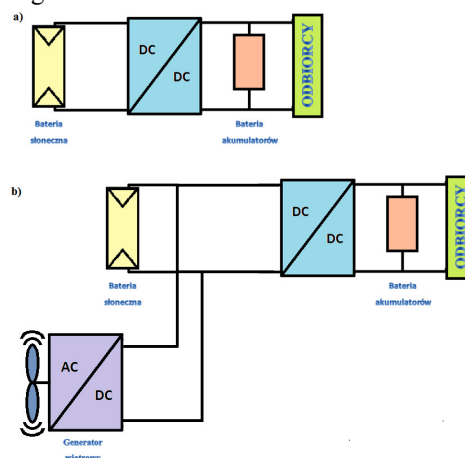
Zarządzanie energią może odbywać się na poziomie pojedynczej instalacji poprzez systemy BMS/EMS oraz na większym obszarze poprzez system fizycznie agregujący więcej instalacji prosumenckich i tworzący wewnętrznie bilansujący się obszar, umożliwiający

utrzymanie odpowiedniego poziomu jakości energii elektrycznej.

Centra jakości energii i lokalne obszary bilansowania

Różnorodność źródeł o odmiennych parametrach technicznych, nierównomiernej produkcji, zależnej od czynników zewnętrznych, może powodować zaburzenia napięcia w sieci, do której takie źródła są przyłączone. Z drugiej strony, odbiory można podzielić na grupy, w zależności od ich wrażliwości na jakość zasilania. Biorąc pod uwagę ewolucję systemów energetycznych oraz rozwój techniki mikroprocesorowej, informatycznej oraz energoelektroniki, postuluje się tworzenie centrów sterowania jakością energii w sieciach rozdzielczych lub w instalacjach odbiorczych [Witek B., www.klaster3x20.pl]. Takie układy mogą, wykorzystując m.in. łączniki tyrystorowe, urządzenia typu FACTS/CUPS, dokonywać kompensacji mocy biernej i asymetrii napięć, poprawiać profile napięcia oraz eliminować wyższe harmoniczne, zapewniać efektywne zasilanie odbiorów stałoprądowych oraz odpowiednią niezawodność zasilania.

Sieć posiadająca własne centrum sterowania jakością energii może tworzyć logicznie wydzielone obszary, w których realizowane będzie równoważenie zapotrzebowania z wytwarzaniem energii, a to w celu zapewnienia bezpieczeństwa dostaw i efektywności wykorzystania energii [Wrocławski M., 2012]. Struktury takie powinny być przygotowane do pracy wyspowej oraz synchronizacji z siecią, realizując usługi systemowe w zakresie odbudowy systemu elektroenergetycznego po znaczącej awarii. Z uwagi na efektywność wytwarzania, dostarczania i pobierania energii elektrycznej, obszary odbiorcze mogą być pokrywane zarówno sieciami prądu przemiennego AC, jak i wydzielonymi sieciami prądu stałego DC. Elementem dodatkowo poprawiającym jakość oraz niezawodność dostarczania energii na wyznaczonym obszarze będą w przyszłości układy magazynowania energii.



Rys.4. Schemat jednostki generacyjnej – elektrowni słonecznej (a) i układu hybrydowego (b) z baterią akumulatorów [Bednarczyk P., 2014].

Magazyny energii

Niestabilność pracy źródeł odnawialnych może być ograniczana poprzez układy zasobników energii, które mogą dodatkowo pomagać w utrzymaniu odpowiedniego profilu napięcia (ograniczanie zapadów), także stanowić środek realizacji usług systemowych (np. rezerwa mocy). Technologie magazynowania polegają na zamianie energii elektrycznej na inny rodzaj energii (np. kinetyczną – koło zamachowe; chemiczną – akumulatory, ogniwa paliwowe, produkcja wodoru; potencjalną – elektrownie szczytowo-pompowe, sprężone powietrze) lub na gromadzeniu energii w polu elektrycznym (superkondensatory) czy magnetycznym, (nadprzewodzące cewki). Magazyny energii powinny być tworzone zarówno w małej skali, tj. na poziomie odbiorcy (instalacje domowe), jak i średniej skali – w sieci dystrybucyjnej, także w dużej skali – w sieci przesyłowej. Układy zasobników energii poprawiają funkcjonalność jednostek generacyjnych, opartych na technologii OZE oraz układów hybrydowych (rys.4).

Znaczącą rolę w magazynowaniu energii mogą odegrać również pojazdy elektryczne (Electric Vehicle, EV). Potencjał EV może być ogromny biorąc pod uwagę, że moc zainstalowana w silnikach pojazdów zarejestrowanych w Polsce przekracza ponad 20-krotnie moc zainstalowaną w krajowym systemie elektroenergetycznym. Dystrybutor energii może wykorzystywać akumulatory parkujących pojazdów do magazynowania nadmiarowej energii. Planowane jest umieszczanie stacji ładowania i rozładowania pojazdów jako moduł instalacji inteligentnego budynku, obejmujący również systemy płatności.

ODBIORCA W SMART GRID

Spodziewane korzyści wynikające z wdrożenia struktur typu SmartGrid można w szczególności rozpatrywać na poziomie społecznym, odbiorcy końcowego i całego sektora energetycznego [Skoczkowski T., 2015]. Obserwując proces budowy SG z punktu widzenia odbiorcy końcowego można zauważyć:

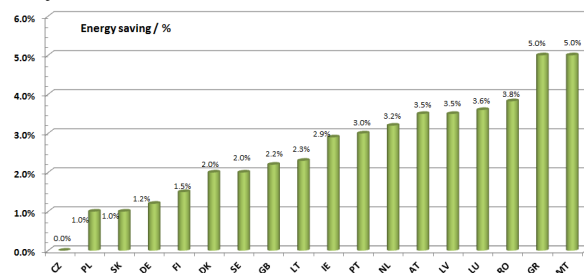
- rosnącą złożoność techniczną, przerastającą możliwość zrozumienia przez przeciętnego odbiorcę;
- grupowanie różnych usług i technologii oraz różnych interesariuszy – wytwarzanie scentralizowane, przesył, dystrybucja, operatorzy rynku, dostawcy usług, odbiorcy końcowi;
- bardzo dużą liczbę interesariuszy, reprezentujących różne, często sprzeczne interesy, pojawienie się nowych graczy (np. prosumentów, operatorów pojazdów elektrycznych) oraz przenikanie się rynkowych interesów sektora energetycznego i telekomunikacyjnego;
- nowo powstające i złożone powiązania bilateralne pomiędzy interesariuszami, nie do końca określone przez istniejące prawo i regulacje.

Odbiorca w SG jest również podmiotem „inteligentnym”, oczekującym na indywidualnie dobrane, elastyczne rozwiązania taryfowe, informacje na temat kosztów źródeł energii, wiedzę na temat możliwości poprawienia efektywności użytkowania energii oraz szansę aktywnego udziału w produkcji energii.

Mechanizmem wykorzystującym infrastrukturę AMI, pozwalającym na aktywizację odbiorców i ich uczestnictwo w zarządzaniu energią w ramach SmartGrid są programy reakcji strony popytowej DSR (Demand Side Response). Wpływ na skuteczność wdrożonych programów DSR mają takie czynniki, jak [Billewicz K., 2012]:

- ilość energii pobieranej na mieszkańca kraju,
- ceny energii,
- zamożność społeczeństwa (udział kosztów energii w budżetach gospodarstw domowych),
- wiek i efektywność energetyczna urządzeń,
- przeznaczenie odbiorów,
- klimat i położenie geograficzne,
- wiek odbiorców i mentalność (przyzwyczajenia) społeczne.

Oszacowanie oszczędności energii, jaki mogą być osiągnięte w wyniku wdrożenia i wykorzystania inteligentnego opomiarowania, w krajach UE pokazano na rys.5.



Testy w ramach programów pilotażowych pokazują gotowość obniżenia konsumpcji energii w szczycie zapotrzebowania o kilkanaście procent. Zwrócić należy jednak w tym miejscu uwagę na konieczność edukacji odbiorców, gdyż ze społecznego punktu widzenia nie jest bez różnicy, które z własnych odbiorników będą wyłączane przez odbiorców w celu redukcji własnego obciążenia [Billewicz K., 2012]. Chodzi tu mianowicie o problem ustalenia priorytetów użytkowania urządzeń. Ograniczenia nie powinny powodować znaczących niedogodności dla użytkowników oraz powinny uwzględniać potrzeby społeczne. Nieodpowiedni wybór urządzeń z uwagi na konieczności ich użytkowania w danym czasie może być szkodliwe społecznie i przyczyniać się do dodatkowych strat gospodarczych.

Obecnie, za główny bodziec do ograniczenia poboru energii przez odbiorcę jest uważany bodziec ekonomiczny. Badania przeprowadzone przez GfK Polonia dla PTPiREE [Matusiak M., 2014] na ogólnokrajowej, reprezentatywnej próbie blisko tysiąca Polaków w wieku ponad 25 lat wskazują, że polski odbiorca skłonny jest do ograniczenia do minimum zużycia energii elektrycznej przez 2 godziny między

godziną 18:00 a 20:00 przez 5 razy w ciągu miesiąca (tj. 120 godzin w roku), gdyby za to mógł uzyskać bonifikatę w wysokości:

- 100 PLN w ciągu roku – 21 % respondentów,
- 2,5 PLN za każde wyłączenie – 11 %,
- 1,5 PLN za każde wyłączenie – 2 %,
- 1 PLN za każdą godzinę „bez prądu” – 8%,
- 10 PLN miesięcznie – 20 %,
- 5 PLN miesięcznie – 2 %,
- 37 % respondentów w ogóle nie jest skłonnych do ograniczeń.

Ankietowani ocenili również priorytety w zakresie korzystania z usług przedsiębiorstw elektroenergetycznych - za najważniejszy element uznali wolne tempo wzrostu kosztów energii elektrycznej (73%), jakość energii – brak zapadów napięcia oraz szybkie usuwanie awarii (po 70%), najmniej istotny okazała się możliwość dostępu do dwóch (wielu) taryf – 48%. Świadczy to o tym, że polski odbiorca wymaga przede wszystkim niezawodnego dostarczenia energii elektrycznej o zadowalającej jakości po jak najniższej cenie i raczej nie jest zainteresowany zmianami w użytkowaniu energii (generalny brak akceptacji dla bonifikat za dobrowolne ograniczenia w poborze).

PODMIOTY NA RYNKU ENERGII I NOWE USŁUGI

SG ma m.in. umożliwić integrację małych źródeł wytwórczych z siecią elektroenergetyczną. W takiej strukturze energia może być wytwarzana praktycznie w miejscu jej zużycia, wówczas odbiorca staje się prosumentem. Wprowadzenie pojęcia „prosument” przypisuje się A. Tofflerowi, który w 1980 r. w książce p.t. „Trzecia fala” określił proces zacierania się kompetencji wytwarzania i konsumowania w wyniku indywidualnie podejmowanej aktywności odbiorców dóbr. Idea prosumenctwa w odniesieniu do elektroenergetyki pojawiła się jednak wcześniej – w 1972 r., kiedy to para filozof i inżynier - H.M. McLuhan oraz H.J. Barrington Nevitt ogłosili tezę, iż postępujący rozwój technologii energetycznych pozwoli w najbliższej przyszłości odbiorcy energii stać się również jej wytwórcą.

Współcześnie, prosumenckie podejście do użytkowania energii elektrycznej zmienia paradygmat funkcjonowania obecnych systemów elektroenergetycznych. Z rozwojem SmartGrid pojawią się nowe nisze biznesowe dla nowego rodzaju usług energetycznych. Usługi te mogą być realizowane przez innowacyjne małe firmy. Do katalogu wspomnianych usług można zaliczyć [Tworóg J., www.kigeit.org.pl], [Bielecki S., 2014]:

- obrót energią,
- techniczną realizację usług związanych z aktywizacją prosumentów na rynku energii,

- bilansowanie systemu elektroenergetycznego i/lub sieci lokalnej, w tym wykorzystanie magazynów energii i samochodów elektrycznych,
- dostarczanie informacji potrzebnych konsumentowi (prosumentowi) do podejmowania decyzji o uczestniczeniu w rynku energii,
- informowanie o pochodzeniu dostarczanej energii,
- dołączanie/odłączanie mikroźródła prosumenta od sieci dystrybucyjnej,
- automatyczne zarządzanie obciążeniem sieci konsumenta,
- wykorzystanie danych meteo do zarządzania działaniem źródeł i odbiorników energii,
- mobilny billing – rozliczanie konsumenta niezależnie od miejsca poboru energii,
- optymalizację kosztów korzystania z energii i mediów z wykorzystaniem dynamicznie zmiennych danych taryfowych,
- dostosowanie urządzeń użytkownika do stanu sieci energetycznej w sytuacjach awaryjnych i nadzwyczajnych – powszechny system przeciwdziałający blackout’om,
- integrację usług dostawy ciepła, energii i wody na poziomie metrologicznym i rozliczeniowym,
- zarządzanie systemem mikroźródeł z konfiguracji elektrowni wirtualnej realizowanej i zarządzanej za pośrednictwem transmisji danych w tzw. technologii „Internet of Things” (Internet rzeczy),
- usługi doradcze, a nawet inwestycyjne (np. współfinansowanie urządzeń sterowalnych).

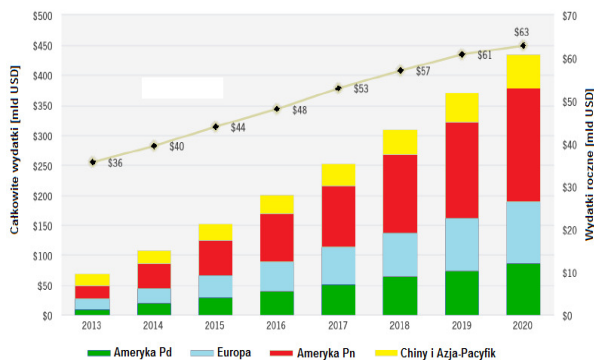
Rozwój SmartGrid spowoduje zróżnicowanie oraz pojawienie się wielu różnych rodzajów uczestników rynku energii, mianowicie uczestnikami rynku będą w szczególności:

- odbiorcy, przy czym pojawi się ich nowa kategoria – odbiorcy mobilni, chcący użytkować energię niezależnie od miejsca i tak też za nią być rozliczani;
- prosumenci, pobierający i produkujący energię oraz mający potencjał do realizacji usług systemowych, na rzecz operatora systemu elektroenergetycznego;
- pojazdy elektryczne;
- wytwórcy energii wielko- i małoskalowi;
- sprzedawcy energii – detaliczni i hurtowi;
- zarządcy magazynów energii;
- pośrednicy i agregatorzy, umożliwiający dostęp do większego rynku mniejszym podmiotom;
- firmy konsultingowe oraz ESCO;
- dostawcy usług systemowych;
- dostawcy rozwiązań telekomunikacyjnych (usług i sprzętu);
- dostawcy usług informatycznych, zwłaszcza z zakresu zarządzania danymi pomiarowymi;
- dostawcy sprzętu elektroenergetycznego i usług konserwatorskich (sieci i instalacji);
- operatorzy systemów dystrybucyjnych oraz przesyłowych;
- operatorzy rynków energii;
- podmioty regulacyjne.

SMART GRID W EUROPIE

UE określiła kierunek rozwoju europejskiej energetyki. Wypełnienie stosownych wymogów wynikających z prowadzonej polityki gospodarczej, społecznej i energetycznej wiąże się z koniecznością realizacji tzw. Pakietu Klimatycznego, przewidującego do 2020 roku zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, zwiększenie udziału technologii opartych na OZE oraz podniesienie efektywności energetycznej. Wdrożone zostały m.in.: Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/WE w sprawie efektywności energetycznej i , określająca krajowe cele w zakresie oszczędności energii oraz Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/72/WE z dnia 13 lipca 2009 r. dotycząca wspólnych zasad rynku wewnętrznego energii elektrycznej i uchylająca dyrektywę 2003/54/WE. Jednym z mechanizmów poprawy efektywności użytkowania energii, do jakiego odwołują się przytoczone Dyrektywy, jest wdrożenie inteligentnych sieci energetycznych, w szczególności inteligentnych systemów pomiarowych. Zgodnie z Komunikatem COM 2011 (202) „Inteligentne sieci energetyczne: od innowacji do wdrożenia” jednym z celów realizacji strategii „Europa 2020” w interesie konsumentów jest stworzenie inteligentnych sieci oraz konkurencyjnego rynku detalicznego energii.

- Nakłady na projekty sieci inteligentnych rosną i będą rosły we wszystkich rejonach świata (rys.6). Szacunki podają, że dostosowanie w Europie sieci elektroenergetycznych do 2030 roku może pochłonąć ok. 500 mld. EUR (75% nakładów na sieci dystrybucyjne i 25% na sieci przesyłowe).



Rys.6. Progniza wydatków (skumulowanych i rocznych) na realizację SmartGrid w różnych częściach świata [GTM Research].

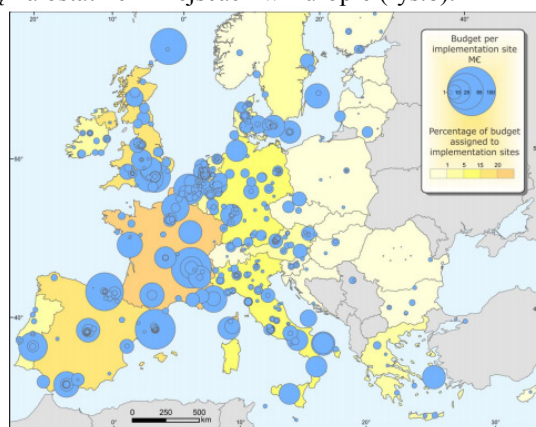
Obecnie w Europie realizowanych było około 460 projektów dotyczących SmartGrid. Główne tematy realizowane w ramach tych projektów można uszeregować w porządku malejącym, względem budżetu na nie przeznaczonego [JRC, 2014]:

- zarządzanie inteligentną siecią – projekty dotyczące informatyzacji, automatyzacji, telemechanizacji;
- inteligentny odbiorca – badanie efektów programów popytowych;

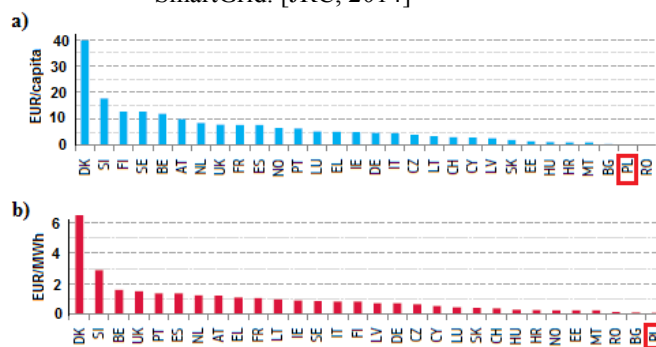
- pojazdy elektryczne – głównie kwestie dotyczące poprawy infrastruktury ładowania takich pojazdów, a nie dotyczące zaawansowanych metod współpracy z siecią;
- integracja generacji rozproszonej – współpraca małych źródeł wytwórczych;
- agregacja – m.in. problematyka wirtualnych elektrowni (VPP) i agregacji odbiorców;
- integracja jednostek OZE o większej mocy z siecią;
- Smart Metering.

Rozmieszczenie geograficzne projektów SmartGrid, uwzględnionych w bazie opracowanej przez działający przy Komisji Europejskiej Instytut Badań Wspólnych (Joint Research Centre), realizowanych w UE wraz z poglądową informacją o wielkości budżetu poszczególnych projektów przedstawiono na rys.7.

Polska w statystykach na tle Europy, w zakresie realizacji projektów dotyczących SmartGrid prezentuje się poniżej oczekiwań. W zestawieniu JRC [JRC, 2014] liczba realizowanych projektów w poszczególnych krajach UE, Polska jest na 17. miejscu, zaś w zestawieniu wielkości budżetów przeznaczonych na realizację takich projektów w danym kraju – na miejscu 19. W zestawieniach w liczbach względnych wielkości budżetów przeznaczonych na projekty SmartGrid, Polska plasuje się na ostatnich miejscach w Europie (rys.8).



Rys.7. Lokalizacja realizowanych w Europie projektów SmartGrid. [JRC, 2014]



Rys.8. Zestawienie nakładów na inwestycje w projekty SmartGrid na mieszkańca (a) i w odniesieniu do zużycia energii (b) w poszczególnych krajach Europy [JRC, 2014].

W ramach inicjatywy EEGI (The European Electricity Grid Initiative) opracowano swojego rodzaju „mapę drogową” dla badań z zakresu wdrażania SmartGrid. Przedstawiono propozycje wieloletnich projektów badawczych i wdrożeniowych w celu przyspieszenia innowacji i rozwoju przyszłościowych technologii dla sieci elektroenergetycznych w Europie [KIC InnoEnergy]. Zakres tematyczny projektów został podzielony na obszary:

- inteligentne sieci dystrybucyjne;
- inteligentne sieci przesyłowe;
- magazynowanie energii;
- nowoczesne technologie materiałowe.

Propozycje realizacji tematów obejmują lata 2014 – 2020.

Przy okazji realizacji inicjatywy EEGI w ramach Europejskiej Platformy Technologicznej ETP (European Technology Platform for the Electricity Networks of the Future) opracowano dokument Strategic Research Agenda on Smart Grids, którego zaktualizowana wersja [Smart Grids SRA 2035] identyfikuje główne obszary badawcze związane z planem budowy inteligentnych sieci i systemu energetycznego w Europie do 2035 roku oraz ograniczeniem emisji CO₂ o 80% do 2050 roku przez UE – do realizacji w krótkim i średnim horyzoncie czasowym. Zgodnie z dokumentem, obecnie do 2020 roku realizowane są projekty, których celem jest stworzenie fundamentów dla SmartGrid, mianowicie: opracowanie odpowiednich standardów, mechanizmów integracji z siecią, stworzenie warunków do uwolnienia usług energetycznych i aktywacji odbiorców. Tematem przewodnim jest problem integracji generacji rozproszonej, w tym OZE, z istniejącą siecią elektroenergetyczną.

Zgodnie z przytoczonym dokumentem [Smart Grids SRA 2035] między 2020 a 2035 rokiem powinny nastąpić zmiany w kierunku inteligentnego systemu energetycznego (Smart Energy System), umożliwiające optymalne wykorzystanie elastyczności podaży i popytu. Po roku 2035 powinna zacząć funkcjonować w Europie inteligentna sieć elektroenergetyczna, charakteryzująca się m.in.:

- pełną elastycznością podaży i popytu,
- obecnością aktywnych odbiorców, w tym prosumentów,
- obecnością zintegrowanych rozwiązań do zarządzania energią,
- wolnością wyboru usług i ich dostawców,
- rozwojem rynków energii,
- rozwój „internetu energii” (aktywizacja odbiorców z wykorzystaniem technik Internetu Rzeczy IoT – Internet of Things).

PODSUMOWANIE

Ewolucja europejskiej energetyki w kierunku tworzenia inteligentnych struktur SmartGrid jest

efektem prowadzonej polityki klimatyczno-energetycznej w powiązaniu z polityką społeczno-gospodarczą UE. SmartGrid jest środkiem technicznym, sprzyjającym aktywności odbiorców oraz przekształcaniu ich w prosumentów. Postulat zwiększenia generacji z jednostek opartych na technologii OZE może być zrealizowany, gdy będą odpowiednie możliwości współpracy mniejszych instalacji (o prosumenckim charakterze) z siecią elektroenergetyczną. Kwestie związane z negatywnym oddziaływaniem OZE na system elektroenergetyczny mogą być ograniczane przy wykorzystaniu rozwiązań i technologii, jakie są dostępne w strukturach sieci typu SmartGrid (np. programy DSR, VPP, układy magazynowania energii). Zatem, rozwój OZE jest powiązany z problematyką tworzenia struktur SmartGrid, zaś integracja OZE z systemem elektroenergetycznym stanowi jeden z tematów badawczych, realizowanych w kontekście wdrażania w Europie inteligentnych sieci energetycznych.

Sam termin SmartGrid nie powinien być ograniczany jedynie do zagadnień związanych z inteligentnym opomiarowaniem, dotyczy on bowiem szerszego zakresu działań, obejmujących problem sterowania mocą czynną i bierną, automatyzacji, integracji z siecią ogniw fotowoltaicznych i innych jednostek OZE, a także samochodów elektrycznych. Wdrożenie SmartGrid umożliwi poprawę efektywności wykorzystania zasobów naturalnych, wpłynie na poprawę bezpieczeństwa energetycznego poprzez ograniczenie zależności od paliw kopalnych. Poprawa jakości energii elektrycznej i niezawodności dostaw przyczyni się do zwiększenia wydajności przemysłu i gospodarki. Odbiorcy otrzymają narzędzia do monitorowania swojego zużycia i aktywnego ograniczania wysokości rachunków za energię.

Pełne wdrożenie SmartGrid nie jest tylko problemem technicznym. Sukces projektu zależy od nastawienia użytkowników (odbiorców energii). Należy wskazywać na potencjalne i obiektywne korzyści dla końcowych odbiorców, z uwzględnieniem ich preferencji, przyzwyczajzeń i statusu materialnego. W tym celu należałoby przeprowadzić odpowiednio zakrojone akcje informacyjne i edukacyjne, gdyż wówczas można liczyć na akceptację społeczną dla niewątpliwie kosztownych projektów SmartGrid w pierwszym etapie ich wdrażania. Tutaj zasadniczą rolę powinny odegrać organy regulacyjne i właściwe instytucje naukowo-badawcze z odpowiednim autorytetem, przy współpracy z przedsiębiorstwami elektroenergetycznymi. Takie podejście sprzyja innowacyjności, zrównoważonemu rozwojowi i bezpieczeństwu energetycznemu, a więc nadrzędnym celem SmartGrid.

Z punktu widzenia zarówno odbiorcy, jak i całego systemu elektroenergetycznego, problemem nie powinna być droga energia, lecz racjonalne jej użytkowanie. Sygnał cenowy informuje o ograniczoności mocy wytwórczych i powinien być jednym z czynników wpływających na podjęcie decyzji

o poborze energii. Zakres podejmowanych decyzji będzie świadczył o „inteligencji” zarówno odbiorców, jak i całej sieci energetycznej. Odpowiednio wyedukowane i poinformowane społeczeństwo będzie mogło w inteligentny sposób wykorzystać swój potencjał efektywnego wykorzystania zasobów i infrastruktury oraz racjonalnego użytkowania energii. Mechanizmy SmartGrid mogą być podstawą proefektywnościowej edukacji społeczeństwa.

LITERATURA CYTOWANA

- Babiś A., 2013, *Automatyzacja sieci rozdzielczych jako podstawowy element sieci inteligentnych*. *Automatyka-Elektryka-Zakłócenia* 2/2013
- Bednarczyk P., 2014, *Struktury typu Smart Grid oraz ich wdrażanie w Polsce, Europie i na Świecie*. Praca przejściowa inżynierska, WMEiL Politechnika Warszawska 2014
- Bielecki S. i inni, 2013, *Rozwiązania inteligentnego budynku. Krok ku poprawie efektywności energetycznej*. *elektro.info* 6/2013 (115), s.66-71
- Bielecki S., 2014, *Koncepcja struktury prosumenckiej instalacji elektrycznej w nowoczesnym budynku*. *Acta Innovations* nr 11,2014, s.32-38
- Bielecki S., 2014, *Prosument – nowa struktura instalacji elektroenergetycznych*. *elektro.info* 10/2014 (128) s.48-53
- Biskupski J., 2012, *System zasilania gwarantowanego dla budynku mieszkalnego z zastosowaniem PV i MTW*. *elektro.info* 6/2012
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/72/WE z dnia 13 lipca 2009 r. dotycząca wspólnych zasad rynku wewnętrznego energii elektrycznej i uchylająca dyrektywę 2003/54/WE
- Filipowicz M., 2004, *Wirtualne elektrownie*. *Nafta&Gaz Biznes* lipiec/sierpień 2004
- JRC 2014, *Science and Policy Reports. Smart Grid Projects Outlook 2014*. Luxembourg, Publication Office of the EU
- KIC InnoEnergy. *Smart Electric Grid – Strategy and Roadmap 2015 – 2019*. v.2.0
- Komunikat komisji do parlamentu europejskiego, rady, europejskiego komitetu ekonomiczno-społecznego i komitetu regionów inteligentne sieci energetyczne: od innowacji do wdrożenia kom 2011 (202) {sek(2011) 463 wersja ostateczna}
- Kucęba R., 2012, *Wirtualna elektrownia w inteligentnym środowisku zarządzania*. *Konwersatorium Inteligentna Energetyka*, Gliwice 22.05.2012
- Matusiak M., 2014, *Akceptacja społeczna dla wdrożenia inteligentnych sieci energetycznych w Polsce*. Konferencja „Inteligentne Sieci – Konsument, Rynek i Środowisko”. Warszawa, 24 września 2014
- Mazur M., Partyka J., 2012, *Zastosowanie energii słonecznej do zasilania urządzeń elektrycznych w typowym gospodarstwie domowym*. *elektro.info* 5/2012
- Porada Z., 2010, *Autonomiczne systemy fotowoltaiczne w warunkach Krakowa i okolic*. *elektro.info* 3/2010
- Skoczkowski T., Bielecki S., 2015, *Konieczność zapewnienia interesów odbiorców końcowych w procesie budowy inteligentnych sieci*. *Przegląd Elektrotechniczny* 1/2015, s.88-94
- SmartGrids SRA 2035. *Strategic Research Agenda. Update of the SmartGrids SRA 2007 for the needs by the year 2035*. European Technology Platform SmartGrids, march 2012
- Szczerbowski R., 2011, *Generacja rozproszona oraz sieci Smart Grid – wirtualne elektrownie*. *Polityka Energetyczna*, Tom 15, zeszyt 2
- Tworóg J., www.kigeit.org.pl, *Prosument w „Smart Grid” czyli energetyka obywatelska oparta na źródłach energii odnawialnej, wysokoefektywnej kogeneracji, racjonalizacji zużycia, redukcji strat przesyłowych*. Krajowa Izba Gospodarcza Elektroniki i Telekomunikacji, www.proinwestycje.pl/index.php?option=com_docman&task...
- Wagłowski W., 2014, *ISE w innych krajach Europy i na świecie – zachowania konsumentów, korzyści dla gospodarki*. Konferencja „Inteligentne Sieci – Konsument, Rynek i Środowisko”. Warszawa, 24 września 2014
- Witek B., www.klaster3x20.pl, *Sterowanie jakością energii elektrycznej w warunkach rynkowych. Wybrane zagadnienia techniczne*. Biblioteka źródłowa energetyki prosumenckiej
- Wrocławski M., 2012, *Lokalne obszary bilansowania*. *Energia Elektryczna*, październik 2012
- http://ec.europa.eu/energy/gas_electricity/smartgrids/doc/expert_group1.pdf