

Rynkowe aspekty rozwoju Inteligentnych Sieci Energetycznych – Smart Grid

WPROWADZENIE

Rozwój Inteligentnych Sieci Energetycznych (ISE), będących połączeniem infrastruktury elektroenergetycznej, inteligentnego opomiarowania AML (ang. *Advanced Metering Infrastructure*) z nowoczesnymi technologiami ICT (ang. *Information and Communication Technology*), stanowi szansę dla rozwoju całego rynku energetycznego, a w szczególności dla realizacji idei prosumenta. Prosument jest szczególnym rodzajem odbiorcy, który wytwarzając energię w mikroźródłach, w sposób efektywny zarządzając zużyciem energii, czy biorąc aktywny udział w programach „Odpowiedzi popytu”, staje się uczestnikiem rynku energii, gdzie poprzez usługi agregacji może stać się nawet „współdostawcą” usług o charakterze systemowym.

INTELIGENTNE SIECI ENERGETYCZNE – SMART GRID: SYNERGIA INFRASTRUKTURY ENERGETYCZNEJ I NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII ICT

Tradycyjny model działania firm z branży energetycznej, a zwłaszcza operatorów sieci dystrybucyjnych, oparty na prostym modelu: dostawca energii (operator systemu dystrybucyjnego i sprzedawca) – odbiorca energii (odbiorca, prosument), będzie podlegał w najbliższym czasie istotnej transformacji. Jednym z głównych katalizatorów zmian jest rozwój techniki informatycznej i techniki przesyłu informacji – określanych łącznie jako technika informacyjno-komunikacyjna ICT i ich aplikacje w branży energetycznej.

Obecnie już nie sposób wyobrazić sobie funkcjonowania podstawowych elementów systemu elektroenergetycznego bez udziału ICT. Nie wspominając już o znaczeniu ICT dla dalszego rozwoju w kierunku Inteligentnych

Sieci Energetycznych czy realizacji obowiązków państw członkowskich Unii Europejskiej w zakresie redukcji emisji CO₂, do czego odniesienia znajdujemy w licznych dokumentach, m.in. w Raporcie Grupy Doradczej Komisji Europejskiej pt. „ICT for Energy Efficiency”, opublikowanym 24 października 2008 roku. Modelowym przykładem implementacji ICT w energetyce są wdrożenia i rozwój systemów inteligentnych opomiarowania (ang. *Smart Metering*), które wymagają do prawidłowego działania zarówno odpowiedniej jakości sprzętu pomiarowego w postaci liczników AML (ang. *Advanced Metering Infrastructure*), niezawodnego medium transmisyjnego (często medium transmisyjnym jest sieć elektroenergetyczna), jak również wydajnego i niezawodnego oprogramowania.

POTENCJAŁ OPARTY NA WSPÓŁPRACY I WSPÓLNYCH STANDARDACH

Świadczenie nowych usług dla odbiorców końcowych wymagać będzie współpracy pomiędzy OSD a sprzedawcami energii elektrycznej w znacznie większym niż dotychczas zakresie. Przykładem takiej współpracy może być przekazywanie odczytów zużycia energii elektrycznej z systemów AML, implementowanych w strukturach OSD, do sprzedawców energii lub firm świadczących usługi w zakresie outsourcingu energetycznego w celu umożliwienia odbiorcom korzystania z zaawansowanych usług zarządczych czy efektywnościowych, a nie jak dotychczas wyłącznie w celach rozliczeniowych. Umożliwienie odbiorcom korzystania z tego rodzaju usług stanowi jeden z wielu procesów biznesowych klasy B2B, wymagających bezpośredniej i określonej odpowiednimi standardami w zakresie jakości i bezpieczeństwa komunikacji pomiędzy systemami informatycznymi zaangażowanych

Streszczenie

Inteligentne Sieci Energetyczne – Smart Grid to zapowiedź rewolucji w energetyce. Znany od ponad stulecia scentralizowany i pasywny model sieci elektroenergetycznych na naszych oczach przybiera całkiem nowy kształt: aktywnej, dynamicznej sieci, z rosnącą rolą konsumentów-prosumentów, którym oferuje się całkowicie nowe produkty i usługi. Tak dynamiczny rozwój jest możliwy dzięki kilku czynnikom, m.in.:

1. Synergii technologii ICT z energetyką – te dziedziny stają się nieodzownym elementem funkcjonowania nowoczesnych sieci elektroenergetycznych
2. Regulacjom Unii Europejskiej w obszarze redukcji emisji CO₂ i podnoszenia efektywności energetycznej oraz wskazywaniu ISE jako jednego z optymalnych narzędzi
3. Rosnącej, dzięki nieustannemu wzrostowi wydatków, świadomości odbiorców w zakresie zakupu i racjonalnego wykorzystania energii.

Jednak rozwój ISE oraz implementowanie ICT w energetyce niesie ze sobą również pewne ryzyko w zakresie tworzenia bezpośrednich powiązań systemowych i procesowych pomiędzy systemami zaangażowanych podmiotów rynku energetycznego, które powinno zostać zaadresowane poprzez wypracowanie standardów technicznych, metod i zasad dobrej współpracy pomiędzy zaangażowanymi podmiotami.

Zaadresowanie powyższego ryzyka, a w efekcie skuteczny rozwój ISE, stworzy warunki do dynamicznego rozwoju nowych ról i mechanizmów na rynku energii. Zaoferowanie nowoczesnych produktów i usług odbiorcom i prosumentom, efektywne wdrażanie w skali krajowej mechanizmów zarządzania popytem będzie źródłem wielowymiarowych korzyści o charakterze funkcjonalnym, finansowym, a także będzie miało pozytywny wpływ na bezpieczeństwo Krajowej Sieci Energetycznej.

uczestników rynku. Rozwój sieci Smart Grid umożliwi także świadczenie usług systemowych na rzecz OSP przez „aktywnych odbiorców”, o wystarczającym potencjale w zakresie redukcji zużycia i produkcji energii elektrycznej, lub wręcz przez dedykowane tym zadaniom wyspecjalizowane podmioty, jak np. agregatorzy, ale również w określonych przypadkach przez samych odbiorców. Także w tym obszarze wymagana będzie standaryzacja w zakresie współdziałania istniejących i rozwijanych systemów teleinformatycznych, umożliwiającą efektywne działanie na rzecz m.in. zapewnienia stabilności Krajowej Sieci Energetycznej czy udostępniania potencjału wynikającego z wdrożeń AMI i ISE odbiorcom końcowym.

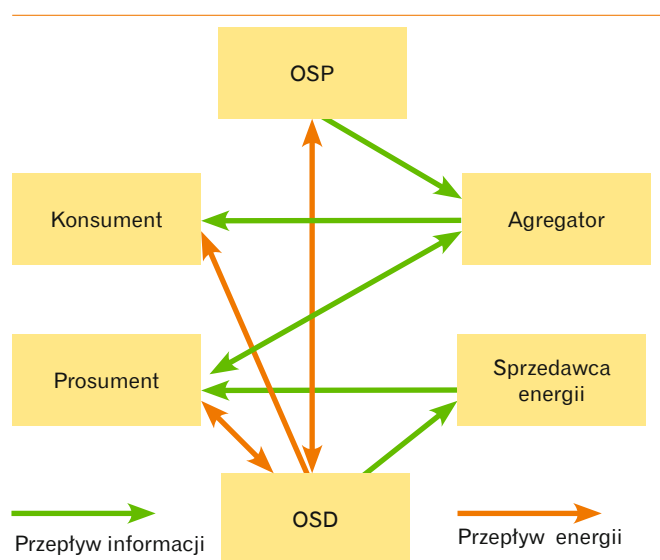
Rosnąca liczba aktywnych odbiorców, a więc takich klientów, którzy świadomie chcą i potrafią kształtować swój profil zużycia energii elektrycznej, a także coraz częściej – jako prosumenci – mogą wytwarzać energię z mikroźródeł, wymaga implementacji nowych rozwiązań systemowych, wyposażających sieć energetyczną w „inteligencję” niezbędną do zapewnienia zarówno stabilności sieci i jakości dostaw, jak również bezpieczeństwa służb technicznych OSD. Niezbędne w tym zakresie rozwiązania są właśnie zaawansowanymi systemami ICT, zbudowanymi z warstwy sprzętowej, teletransmisyjnej oraz oprogramowania. Dzięki takim rozwiązaniom będzie możliwe rozszerzenie dotychczasowego modelu działania sieci elektroenergetycznej, opartego na centralnie dysponowanych źródłach wytwórczych o wspomnianych aktywnych odbiorców i prosumentów jako uczestników rynku o rosnącym potencjale i znaczeniu.

Jednym z najważniejszych problemów w projektowaniu oprogramowania systemów informatycznych jest właściwe zdefiniowanie interfejsów, tj. tego fragmentu oprogramowania, które odpowiada za wymianę informacji z innymi systemami (aplikacjami).

To właśnie interfejsy usługowe aplikacji sieci Smart Grid będą miały kluczową rolę w budowaniu dobrze funkcjonującego rynku usług dla wszystkich uczestników rynku energii elektrycznej. Uwzględniając krajowy model rynku: jeden OSP – pojedyncze OSD – wielu sprzedawców i wymaganą możliwość interakcji pomiędzy wszystkimi wymienionymi grupami, wskazana jest standaryzacja w obszarze procesów B2B oraz B2C. Zgodne działania uczestników rynku na podstawie zaimplementowanych standardów pozwalają na ich efektywne współdziałanie, teraz jednak – w obliczu rozwoju Smart Grid – ten schemat działania ulegnie zarówno horyzontalnemu, jak i wertykalnemu rozszerzeniu. Nowe usługi dla konsumentów energii elektrycznej będą praktycznie całkowicie bazować na zgodnej i biznesowo zorientowanej współpracy pozostałych uczestników rynku: OSP, OSD i sprzedawców energii. Kluczowa w rozwoju tej współpracy standaryzacja będzie odnosić się przede wszystkim do uzgodnienia wspólnego języka, którym będą porozumiewali się rozmówcy, uczestnicy rynku. Obok wspólnego języka nieodzowne będzie także ustalenie odpowiednich kanałów rozmowy. Pomimo szybkiego rozwoju sieci inteligentnych i definiowania standardów, prowadzonego równolegle z implementacją rozwiązań opartych na tych standardach (czego przykładem może być standard PRIME), możliwe

jest również – w odniesieniu do języka i kanałów rozmowy – zastosowanie znanych od lat i sprawdzonych uniwersalnych technik informatycznych. Język opierać się musi na jasno określonych i zrozumiałych przez komunikujących się zasadach, a także posiadać zdefiniowaną budowę. Przykładem takiego wspólnego języka jest koncepcja CIM (ang. *Common Information Model*), pozwalająca w standardowy sposób zamodelować większość danych (obiektów) występujących w przedsiębiorstwie energetycznym oraz określić standardową postać zapisu tychże danych. Szczegółowy opis takiego podejścia znajduje się w serii norm, takich jak: IEC 61970 (*Energy Management System Application Program Interface*, EMS-API), IEC 62325 (zawierający definicje, tj.: *Deregulated Energy Market Communication* oraz *Framework for Energy Market Communication*), czy też związanej typowo z działalnością operatorską: IEC61968. Kanały rozmowy, a więc przesyłanie i wymiana zestandaryzowanych komunikatów CIM odbywać się może w architekturze SOA (z ang. *Software Oriented Architecture*), którą wykorzystują najważniejsze aplikacje biznesowe w dużych przedsiębiorstwach i korporacjach. Opierając się na architekturze SOA, tworzyć można zarówno ekosystemy scentralizowane, w których informacje przesyłane przez uczestników rynku gromadzone są i przetwarzane centralnie (wzorem Systemu WIRE), jak też struktury zdecentralizowane, opierające się na zestandaryzowanej komunikacji *peer-to-peer* (gdzie wzorem może być globalna współpraca operatorów telefonii mobilnej z wykorzystaniem protokołu TAP, służącego swobodnej wymianie danych bilingowych w roamingu).

Uczestnicy rynku energii elektrycznej po stronie podaży i dystrybucji energii powinni zatem możliwie szybko rozpocząć implementację wyżej wymienionych mechanizmów. Ich wdrażanie umożliwi zaoferowanie odbiorcom nowoczesnych produktów. Z punktu widzenia konsumenta usługi te będą źródłem nowych możliwości, przede wszystkim w zakresie racjonalizacji zużycia i podnoszenia efektywności wykorzystania energii elektrycznej.



Rys. 1. Przepływ informacji i energii w sieci Smart Grid pomiędzy uczestnikami rynku

NOWE PODMIOTY NA RYNKU ENERGII

Dostępność infrastruktury umożliwiającej wdrażanie nowych produktów na rynku energii elektrycznej stymulować będzie powstanie nowych, wyspecjalizowanych podmiotów, które będą mogły oferować klientom nowoczesne usługi, a także pełnić zupełnie nowe role na rynku energetycznym. Dynamiczny rozwój obserwujemy szczególnie w obszarach efektywności energetycznej i agregacji popytu.

Przedsiębiorstwa ESCO

Skrót ESCO (ang. *Energy Service Company*) jest powszechnie używany w krajach zachodnich do określenia firmy usług energetycznych, oferującej kompleksowe usługi eksperckie w zakresie energetyki, gwarantujące potencjalnym klientom oszczędności energii i zmniejszenie ponoszonych z tego tytułu kosztów. Firmy typu ESCO realizują kompleksowe usługi w zakresie gospodarowania energią na podstawie kontraktów wykonawczych, udzielając gwarancji uzyskania oszczędności.

Firmy ESCO, na podstawie precyzyjnych i dostępnych w czasie rzeczywistym (lub zbliżonym do rzeczywistego) danych pomiarowych zużycia energii, będą w stanie zaoferować na szeroką skalę profesjonalne usługi związane ze zmniejszeniem zużycia i zapotrzebowania na energię dla swoich klientów – odbiorców energii. Zapłata za te usługi pochodzi najczęściej ze zmniejszenia rachunku klienta za energię. W zakres tych usług mogą wchodzić nie tylko przedsięwzięcia zwiększające efektywność wykorzystania energii, ale również konserwacja i naprawa urządzeń, skojarzone wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła, nowe technologie, alternatywne wytwarzanie energii elektrycznej, jeżeli tylko zapłata za te usługi pochodzi z osiągniętych oszczędności¹.

Agregatorzy – zarządzanie popytem

W rozwiązaniach z zakresu ISE zakłada się dwukierunkowy przepływ energii w sieciach. Oznacza to, że energia elektryczna będzie mogła płynąć nie tylko od źródeł centralnych do odbiorcy końcowego, ale będzie mogła być również produkowana przez konsumentów i wprowadzana przez nich do sieci elektroenergetycznych. Wyrazem współistnienia tych dwóch trendów jest aktywizowanie się konsumentów na rynku energii. Działania aktywnego konsumenta mogą między innymi obejmować świadomą redukcję i/lub przesunięcie zużycia oraz produkcję energii przy użyciu urządzeń generacji rozsianej. Zarówno pojawianie się aktywnych konsumentów, jak i zjawisko dwukierunkowego przepływu energii stanowią nową dziedzinę, w obszarze której powstało w ostatnim czasie wiele rozwiązań technologicznych. Koncepty zarządzania odpowiedzią popytu i generacją rozproszoną z punktu widzenia ISE posiadają dwa zasadnicze elementy:

- kontrolowane ograniczanie popytu (agregacja sterowalnych odbiorów)
- agregowanie podaży energii – m.in. w znaczeniu koncepcji Virtual Power Plant, w której dużą rolę odgrywają małe źródła – a wsparcie ich powstawania stanowi

ważny komercyjnie element w zarządzaniu odpowiedzią popytu i generacją rozproszoną.

SMART GRID KONSUMENTÓW – KORZYŚCI, NOWOCZESNE USŁUGI

W celu przyspieszenia rozwoju wdrożeń sieci Smart Grid konieczna jest intensyfikacja działań w obszarze kreowania wartości bezpośrednio u odbiorców oraz właściwego komunikowania potencjalnych korzyści do wszystkich zaangażowanych podmiotów.

Od strony dystrybucji energii elektrycznej implementacja Smart Grid przyniesie konsumentom przede wszystkim korzyści polegające na skróceniu częstości występowania oraz długości przerw w dostawie energii elektrycznej. Dzięki lepszej obserwowalności sieci średniego napięcia, której awarie w znacznej mierze rzutują na wskaźniki SAIDI (ang. *System Average Interruption Duration Index*) i SAIFI (ang. *System Average Interruption Frequency Index*), możliwe będzie izolowanie uszkodzonych fragmentów sieci w celu przywracania dostaw do sprawnych jej fragmentów. Kolejną korzyścią z wdrożenia Smart Grid jest możliwość implementacji systemu informacji publicznej o stanie dostaw energii elektrycznej oraz innych zdarzeniach w sieci elektroenergetycznej, istotnych dla bezpieczeństwa lokalnych społeczności [3]. System taki, przy wykorzystaniu dedykowanego serwisu WWW, przedstawiałby aktualną sytuację na danym obszarze sieci, czerpaną z systemu Smart Grid. W ten sposób zarówno mieszkańcy, przedsiębiorstwa, jak i lokalne władze uzyskabyby dostęp do informacji o bieżącym stanie dostaw energii elektrycznej i ewentualnych problemach związanych z jej chwilowym brakiem.

Przykładami wdrożeń o charakterze produktowym, które dla pełnego powodzenia wymagają Inteligentnych Sieci Energetycznych, a będą źródłem licznych korzyści są m.in.:

- Udostępnienie odbiorcom pełnej informacji o zużyciu energii w postaci raportów i wykresów, dostępnych za pośrednictwem Internetu oraz z wykorzystaniem urządzeń przenośnych, a umożliwiających lepsze zrozumienie i modyfikowanie schematów zużywania energii. Możliwe będzie odejście od tradycyjnego modelu rozliczania odbiorców wg prognoz w różnych cyklach (nawet 6-miesięcznych), w ich miejsce proponując rozliczenia wg rzeczywistego stanu licznika w dowolnie preferowanych przez klientów okresach
- Wprowadzenie i udostępnienie konsumentom-prosumentom możliwości uczestnictwa w programach zarządzania popytem
- Rozwój elementów sieci domowej (ang. *Home Area Network*) jako centrum zarządzania domem, efektywnością energetyczną, a docelowo platformy udostępniania innych usług
- Łatwość przyłączania i zarządzania mikroźródłami, w szczególności odnawialnymi, oraz szerokie wykorzystanie pojazdów elektrycznych nie tylko jako środka transportu, ale w ramach koncepcji Vehicle-2-Grid (V2G) jako elementu mechanizmów zarządzania popytem czy magazynów energii.

W kontekście uwarunkowań technicznych i operacyjnych polskiej energetyki na szczególną uwagę zasługuje aspekt zarządzania popytem i potencjalnych programów, jakie mogą zostać zaoferowane odbiorcom, a z których wdrożenia mają szansę odnieść korzyści nie tylko odbiorcy, ale również sprzedawcy, OSD czy OSP.

Podstawowym, powszechnie stosowanym podziałem programów zarządzania popytem jest rozdział na:

Programy bodźcowe – pozwalające na redukcję maksymalnych obciążeń szczytowych (występujących najczęściej przez kilka godzin w ciągu roku), wówczas gdy relacje cena energii dla odbiorcy / koszty zakupu są wysokie na skutek zdarzeń, tj. awarii czy wzrostu zapotrzebowania. Mogą to być zarówno:

- programy, w których sprzedawca energii inicjuje działania prowadzące do zredukowania zużycia energii
- programy wymagające od odbiorcy podjęcia decyzji o redukcji swojego zużycia (lub jego przesunięcia w czasie) na podstawie stosownych zachęt cenowych.

Programy cenowe – które wymagają od odbiorcy podjęcia decyzji o zredukowaniu zużycia energii (lub jego przesunięcia w czasie) w określonych godzinach doby, na podstawie zachęt cenowych, oferowanych przez dostawcę energii. Do najpopularniejszych grup programów cenowych zalicza się:

- Taryfy wielostrefowe ToU (ang. *Time of Use*) – opłata za energię elektryczną zmienia się w cyklu dobowym, tygodniowym oraz sezonowo (lato/zima). Stawki opłat są ustalane dla dłuższych okresów czasu. Taryfy wielostrefowe dostarczają odbiorcom bodźców do ograniczenia zużycia energii w szczytach obciążenia i korzystania z energii w okresach niskich cen (doliny obciążenia)
- Taryfy czasu rzeczywistego RTP (ang. *Real Time Pricing*) – przewiduje się zmienność cen energii elektrycznej w ciągu kolejnych godzin doby. Stawki opłat za energię elektryczną zmieniają się podobnie jak ceny na hurtowym rynku energii, przy czym odbiorcy są informowani o prognozowanych cenach energii z wyprzedzeniem czasowym od jednej godziny do jednej doby
- Taryfy z opcją ceny szczytowej CPP (ang. *Critical Peak Pricing*) – szczególna odmiana taryfy ToU, w której stawki są ściśle powiązane z bieżącymi warunkami pracy systemu elektroenergetycznego. W niektórych odmianach taryfy CPP wprowadza się jedną lub dwie dodatkowe bardzo wysokie stawki dla szczytów obciążenia systemu, czyli dla okresów, w których ceny na hurtowym rynku energii elektrycznej są najwyższe. Odbiorcy są informowani z krótkim wyprzedzeniem, że stawki te będą obowiązywały, a ich wysokość oraz czas ich trwania są ustalane przez dostawcę energii.

Zaprezentowane powyżej programy stanowią jedynie przykład narzędzi zarządzania popytem, których udostęp-

nienie będzie możliwe wraz z rozwojem ISE, a służą ograniczaniu zużycia w okresach szczytowych lub jego przesunięciu na okresy pozaszczytowe. W efekcie, z jednej strony obserwowane jest zjawisko wygładzenia dobowej krzywej zapotrzebowania na energię, korzystne z punktu widzenia KSE, z drugiej konsumenci otrzymują narzędzie służące lepszemu zrozumieniu i racjonalizacji wydatków na energię elektryczną.

PRZYSZŁOŚĆ SIECI SMART GRID W KONTEKŚCIE OFEROWANYCH USŁUG I ROLI KONSUMENTÓW

System energetyczny przyszłości oparty będzie na dwóch kluczowych filarach: sieciach Smart Grid oraz wyspecjalizowanych systemach zarządzania energią. Sieci Smart Grid będą stanowić dostępną, bezpieczną platformę infrastrukturalną i zarządzane będą przez firmy OSD, a także w wybranych obszarach przez OSP. Systemy zarządzania energią z kolei leżeć będą przede wszystkim w gestii sprzedawców energii elektrycznej lub wyspecjalizowanych podmiotów, jak np. agregatorzy.

W długiej perspektywie okazać się może, że ścisła współzależność obydwu systemów doprowadzi ewolucyjnie do powstania energetycznych agentów, autonomicznych bytów, nieustannie komunikujących się wzajemnie, realizujących własne strategie w kontekście całego systemu elektroenergetycznego. Agentem, w rozumieniu powyższego założenia, może być praktycznie każdy odbiornik, urządzenie czy podmiot przyłączony do sieci elektroenergetycznej, a wyposażony w odpowiedni sterownik z własnym algorytmem efektywnościowym i optymalizacyjnym z możliwością swobodnego komunikowania się z innymi agentami. W systemie tacy agenci reprezentować będą konsumentów, prosumentów, sprzedawców energii, dużych wytwórców energii i operatorów sieci na wszystkich poziomach. Wzajemne interakcje pomiędzy agentami będą dynamicznie, a agenci automatycznie dążyć będą do maksymalizacji własnej funkcji celu w oparciu o wymieniane sygnały, przykładowo: chwilowe oraz maksymalne dopuszczalne parametry działania sieci energetycznych, ceny energii elektrycznej z dostępnych źródeł, aktualną i planowaną wydajność tych źródeł, skłonność klientów do zużycia określonej ilości energii elektrycznej o określonej cenie.

W świetle prowadzonych badań i pionierskich wysiłków, podejmowanych w obszarze tworzenia teoretycznych podstaw funkcjonowania modelu energetycznych agentów, Inteligentne Sieci Energetyczne – Smart Grid mogą okazać się przystankiem w tworzeniu infrastruktury energetycznej przyszłości, która docelowo kształtować będzie zachowania odbiorców i zapotrzebowania na zaoferowane im usługi.

1. „Firma usług energetycznych – ESCO” – Marek Butkowski, PSE – Wschód sp. z o.o.

Bibliografia

1. The Smart Grid – Lunch and Learn, GE Power 2011, http://www.usea.org/USEA_Events/Smart-Grid-Briefings/Session_2-The_Smart_Grid-The_Consumer_View.pdf.
2. Smart Energy Management: Decentralised Collective Demand – Response Management in Smart Grids, <http://www.swinburne.edu.au/ict/success/research-projects-and-grants/smart-energy/>.
3. Krohns H. i wsp., Demonstration of Communication Application for Major Disturbances in the Supply of Electric Power, Konferencja CIGRE 2011 – The electric power system of the future, Bolonia 2011.
4. Studium wdrożenia inteligentnego pomiaru energii elektrycznej w Polsce, Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej we współpracy z Instytutem Energetyki Oddział Gdańsk i Ernst&Young Business Advisory sp. z o.o.
5. „ICT for Energy Efficiency”, Raport Grupy Doradczej Komisji Europejskiej, Bruksela 2008.
6. „Firma usług energetycznych – ESCO”, Marek Butkowski, PSE – Wschód sp. z o.o.