



## Architektura systemu do maksymalizacji korzyści prosumenta z generacji rozproszonej

TOMASZ GÓRSKI, PRZEMYSŁAW PRUS<sup>1</sup>

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Cybernetyki, Instytut Systemów Informatycznych,  
00-908 Warszawa, ul. S. Kaliskiego 2, gorski@wat.edu.pl

<sup>1</sup>ITG Innovation Technology Group SA, 51-116 Wrocław, ul. Wołowska 6,  
przemyslaw.prus@itg.pl

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono koncepcję systemu zarządzania generacją rozproszoną i mikrogeneracją. Ideą systemu jest wykorzystanie potencjału źródeł generacji rozproszonej w sposób umożliwiający świadczenie dodatkowych usług energetycznych, jak i udział w konkurencyjnym rynku energii. Działania te mogą znacząco wpłynąć na skrócenie okresu zwrotu z inwestycji odbiorcy indywidualnego (prosumenta) w odnawialne źródła energii. Może przyczynić się to do coraz powszechniejszego wykorzystywania energii ze źródeł odnawialnych przez odbiorców indywidualnych. Powstawanie i funkcjonowanie źródeł wytwórczych energii odnawialnej o małych mocach oraz ich współpraca z Krajowym Systemem Elektroenergetycznym (KSE) są zgodne z polityką energetyczną i klimatyczną UE oraz Polski i niewątpliwie wspomagają realizację zapisów pakietu 3 × 20. Artykuł zawiera propozycję architektury informatycznego systemu zarządzania mikrogeneracją i generacją rozproszoną.

**Słowa kluczowe:** generacja rozproszona, energia odnawialna, projektowanie systemów informatycznych

### 1. Mikrogeneracja i generacja rozproszona

Pojęcie generacji rozproszonej, jak i wiele innych pojęć związanych z koncepcją Smart Grid, nie zostało dotychczas jednoznacznie zdefiniowane. Zwykle przyjmuje się, iż generacja rozproszona jest synonimem małych źródeł energii odnawialnej (np. panele fotowoltaiczne, przydomowe turbiny wiatrowe) przyłączonych do sieci dystrybucyjnej, ale służących przede wszystkim odbiorcom końcowym, jako np. źródło zasilania rezerwowego [16]. Najistotniejsze powody rozwoju generacji rozproszonej to:

- rozwój innowacyjnych technologii,
- ograniczenia w zakresie budowy nowych linii elektroenergetycznych,
- liberalizacja rynku i ochrona środowiska,
- dążenie odbiorców do zapewniania stabilności zasilania.

Nie bez znaczenia pozostają również prognozy dotyczące zapotrzebowania na energię elektryczną i w konsekwencji wzrostu jej cen [1]. W efekcie odbiorcy energii elektrycznej są coraz bardziej skłonni do podejmowania decyzji o budowie własnych źródeł, które mogą im umożliwić większą elastyczność reagowania na zmiany cen na rynku oraz bezpieczeństwo dostaw. Istotną rolę w rozwoju generacji rozproszonej, w Europie i na świecie, odgrywają również systemy wsparcia, takie jak: taryfy gwarantowane (ang. *feed in tariff*), ulgi podatkowe, dopłaty bezpośrednie i dotacje dla małych źródeł. Systemy te są stosowane, gdyż obecnie energetyka rozproszona przegrywa kosztowo na rynku zdominowanym przez tradycyjną energetykę — duże elektrownie. W Polsce poza barierami finansowymi generacja rozproszona napotyka na szereg innych przeszkód natury prawnej i biurokratycznej, ale przede wszystkim trudności integracyjne z siecią elektroenergetyczną. To właśnie integracja źródeł generacji rozproszonej z siecią elektroenergetyczną oraz możliwość udziału w konkurencyjnym rynku energii mogłaby zwiększyć opłacalność inwestycji. Z kolei mikrogeneracja to produkcja energii elektrycznej (często w skojarzeniu z ciepłem) z wykorzystaniem urządzeń średnich i małych mocy, przy użyciu energii wiatru, słońca, wody, a także biomasy, biogazu i gazu ziemnego [16]. Urządzenia o mocy od kilku do kilkudziesięciu kilowatów stosowane w systemach mikrogeneracji (5-50 kW) oraz minigeneracji (50-500 kW), sprawdzają się wszędzie tam, gdzie występuje niewielkie zapotrzebowanie na moc elektryczną i ciepło, w niewielkich obiektach (budynki jednorodzinne) lub grupach obiektów (małe osiedle mieszkaniowe).

Najistotniejszą zaletą generacji rozproszonej oraz mikrogeneracji w porównaniu z wielkoskalową generacją energii odnawialnej (np. duże farmy wiatrowe) jest możliwość akumulacji energii i wykorzystanie jej z opóźnieniem [15]. Energia wytwarzana w źródłach odnawialnych niewielkiej mocy (do kilkudziesięciu kilowatów) może być magazynowana w lokalnych zasobnikach energii (ang. *energy storage*), najczęściej funkcję tę pełnią baterie akumulatorów, a następnie wykorzystywana do zasilania odbiorników lub przesyłana do sieci elektroenergetycznej. Rozwój generacji rozproszonej oraz mikrogeneracji jest ważnym elementem powstających koncepcji sieci inteligentnych (ang. *Smart Grids*) wykorzystujących:

- innowacyjne technologie wytwarzania energii,
- nowe technologie magazynowania energii (również magazynowania mobilnego),
- rozwój systemów teleinformatycznych,
- proces decentralizacji zarządzania systemem elektroenergetycznym, a w efekcie tworzenia wydzielonych, działających w skali lokalnej, autonomicznych mikrosieci (ang. *microgrids*).

## 2. Prosument — świadomy odbiorca

Systemy zarządzania generacją rozproszoną (ang. *Distributed Generation Management Systems* — DGMS) niewątpliwie należą do rozwiązań lokowanych już w warstwie sieci inteligentnej. Budowa świadomości odbiorcy i jego aktywny udział we współużytkowaniu systemu zarządzania siecią inteligentną znacząco podnosi prawdopodobieństwo osiągnięcia planowanych celów wdrożeń tej klasy systemów. Dlatego też, równoległe z prowadzonymi projektami pilotażowymi i wdrożeniami, muszą być planowane i uruchamiane projekty, których celem jest budowa i wdrożenie skutecznych narzędzi komunikacyjnych. Narzędzia te powinny zapewniać nie tylko dostęp do danych o bieżącym zużyciu energii, ale przede wszystkim wyposażać w dane i informacje niezbędne do świadomego korzystania z energii i dostarczonych narzędzi oraz produktów [13].

Analizując aktualne publikacje poruszające tematykę roli odbiorcy w idei Smart Grid [16, 17, 18], można zauważyć kluczową rolę chęci odbiorcy uczestniczenia w oferowanych mu programach, uruchamianych w ramach systemu zarządzania popytem, oraz przyjęcia przez niego aktywnej postawy prosumenta (instalacja własnych źródeł wytórczych) dla uzyskania korzyści z wdrożenia tego typu rozwiązań. Poprawa konkurencyjności rynku i efektywności użytkowania energii elektrycznej to cele, jakie stawiane są wdrożeniu programów zarządzania popytem i wspierających rozwój generacji rozproszonej. Sprawnie wprowadzone pozwolą nam ograniczyć szczytowe zapotrzebowanie na moc i zapewnić zbilansowanie Krajowego Systemu Elektroenergetycznego. Będą wspierać rozwój konkurencyjnego rynku energii elektrycznej dzięki wprowadzeniu rozliczeń według rzeczywistego profilu oraz umożliwieniu konkurowania ceną w poszczególnych godzinach doby. Przyczynią się one do oszczędności energii i zwiększenia efektywności jej wykorzystania przez zapewnienie informacji o bieżącym zużyciu. Przewidywane jest również ograniczenie podwyżek cen energii dzięki wdrożeniu nowych mechanizmów konkurencyjnych na rynku energii. W dużym uproszczeniu odbiorców można podzielić na dwie grupy. Pierwszą z nich stanowią odbiorcy przemysłowi, których zapotrzebowanie rozłożone w czasie kształtuje się na w miarę stałym poziomie, oraz odbiorcy indywidualni, których zapotrzebowanie jest silnie uzależnione od dobowej aktywności i których często obwinia się o podwyższanie chwilowego zapotrzebowania na moc w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym. W artykule skupiono się przede wszystkim na tej drugiej grupie. Zachowania grupy odbiorców indywidualnych mogą być moderowane z wykorzystaniem dwóch grup programów. Programy aktywne związane są z impulsami cenowymi, dotyczącymi różnicowania cen energii w poszczególnych godzinach doby. Natomiast programy pasywne związane są z wymuszonym bądź dobrowolnym zredukowaniem poboru energii lub sterowaniem poziomem akumulacji zależnie od warunków cenowych. Warto zastanowić się, jakiego rodzaju zachowania powinny cechować świadomego odbiorcę. Jednym

z największych wyzwań edukacyjnych będzie wykształcenie u odbiorcy postawy współodpowiedzialności. Jest to, w naszej ocenie, kluczowy czynnik warunkujący jego aktywną postawę. Świadomy udział odbiorcy będzie wiązał się ze szczególnie istotnymi zmianami zachowań i przyzwyczajzeń ze strony odbiorcy. Niezbędne wydaje się jak najszybsze uruchomienie programów edukacyjnych dedykowanych dla poszczególnych grup wiekowych społeczeństwa. Za przykład mogą posłużyć zachowania związane z ochroną środowiska i gospodarką odpadami. Mimo że dla odbiorcy końcowego wzrosły koszty wywozu odpadów komunalnych, dodatkowo nałożony został na niego obowiązek segregacji. Z punktu widzenia odbiorcy nie ma racjonalnych przesłanek ekonomicznych zachęcających do przyjęcia odpowiedzialnej postawy za środowisko naturalne. Jednak dzięki akcji edukacyjnej, trwającej już od kilku lat, skierowanej nawet do najmłodszych obywateli, liczba osób aktywnie wspierających te działania stale rośnie. Wskazane jest, żeby podobnie działało się z racjonalnym gospodarowaniem energią elektryczną przez odbiorców dla zachowania bezpieczeństwa i ciągłości dostaw w całym systemie elektroenergetycznym. Drugim istotnym zagadnieniem jest udział odbiorców w programach pozwalających na różnicowanie cen energii w poszczególnych godzinach doby, a mających na celu wymuszenie określonych zmian zachowania. Energia elektryczna jest towarem, który możemy kupować na rynku od wielu dostawców, jej cena niekoniecznie musi być stała, nie tylko w okresie rozliczeniowym, ale nawet w poszczególnych godzinach, a śledząc te trendy i dostosowując do nich swoje zachowania, możemy osiągnąć wymierne korzyści. Zyski muszą być wyraźne i znaczące, zachęcając w ten sposób odbiorców do skorzystania z tego typu ofert. Mając zarysowany obraz mechanizmów działających w ramach programów zarządzania popytem oraz określone postawy odbiorców wraz z czynnikami motywacyjnymi, warto zastanowić się nad aspektem skutecznej komunikacji z odbiorcą, bez której wdrożenie nawet najbardziej atrakcyjnych cenowo programów będzie niemożliwe. Nie można również oczekiwać, że udział w tego typu programach będzie powszechny. Należy przypuszczać, że będzie istniała część społeczeństwa niezainteresowana udziałem w tego typu programach z racji wieku, sytuacji materialnej, przekonań itd. Pozostała część społeczeństwa, która zainteresuje się nowymi usługami, będzie posiadała już sprecyzowane wymagania odnośnie do dostępności informacji i jakości kanałów komunikacyjnych, bazując na tak powszechnie stosowanych obecnie portalach społecznościowych, serwisach aukcyjnych czy portalach informacyjnych. Informacja będzie musiała podążać za odbiorcą, a forma jej przekazu dostosowywać do jego aktywności. Doskonałym narzędziem będą tu serwisy internetowe i aplikacje przeznaczone dla urządzeń mobilnych, np. smartfony. Należy również przewidzieć, że przewagę zyskają rozwiązania pozwalające na zdalne zarządzanie strefą sieci domowej (ang. *home area network* — HAN), a tym samym na kontrolę przez odbiorcę udziału i realizacji jego uczestnictwa w programach typu pasywnego. Rozwiązania takie dadzą możliwość określenia dostępnych dla operatora odbiorów i przedziałów

czasowych, w jakich możliwe jest sterowanie nimi w celu uzyskania globalnego lub regionalnego obniżenia poboru mocy. Równie ważny jest zakres przekazywanych informacji. Jeśli oczekujemy zmian wzorców zachowań powodowanych czynnikami ekonomicznymi, to prezentowane informacje muszą mieć silny kontekst finansowy. Odbiorca powinien mieć możliwość uzyskania informacji o bieżącej wysokości jego rachunku w ujęciu kompleksowym, to znaczy nie tylko kosztów energii, lecz także usług dystrybucyjnych. Narzędzie komunikacyjne, oprócz poinformowania odbiorcy o nowych ofertach czy programach, musi mieć możliwość zaprezentowania korzyści, jakie odbiorca uzyska, wybierając określoną ofertę czy program, również w sposób kompleksowy. Do tego celu wykorzystane mogą być informacje dotyczące charakterystyki zachowań odbiorcy w zestawieniu z jego otoczeniem wzbogacone szeregiem wskazówek. Dla przykładu wskazówki te mogą dotyczyć doboru urządzeń czy modyfikacji programu sterującego urządzeniami w sieci HAN (np. klimatyzacja, zraszacze, ładowanie samochodu), jak również inwestycji we własne źródła energii, uwzględniając potrzeby odbiorcy i prezentując dodatkowo aspekt finansowy, np. okres zwrotu inwestycji.

Zdania na temat roli odbiorcy są różne. Wydaje się jednak, że wdrożenie idei Smart Grid musi przynieść zmianę świadomości odbiorcy i zapewnić racjonalne wykorzystywanie przez niego energii. Warto już dziś, gdy zaczynają pojawiać się projekty wdrożeń systemów Smart Metering, myśleć o kolejnym kroku, czyli wdrożeniu rozwiązań z warstwy Smart Grid i edukacji społeczeństwa, bez którego aktywnej postawy osiągnięcie zakładanych korzyści może nie być możliwe.

### 3. Koncepcja i struktura systemu

Podstawą funkcjonowania systemu DGMS jest zagospodarowanie potencjału generacji rozproszonej, a poprzez centralne zarządzanie infrastrukturą odbiorcy, w tym źródłami wytwórczymi, świadczenie dodatkowych usług energetycznych. Dla uproszczenia, w dalszej części rozważań zakładamy, iż właścicielem systemu, a tym samym jego operatorem, będzie podmiot zewnętrzny w stosunku do Operatora Systemu Dystrybucyjnego (OSD). Dla przykładu może to być operator AmI (*operator usług Ambient Intelligence*), czy przedsiębiorstwo usług energetycznych (ang. *Energy Service Company*) działające zgodnie z „dyrektywą 2006/32/WE z dnia 5 kwietnia 2006 r. w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych”.

Ze względu na strukturę podmiotową rynku energii w Polsce konieczne będzie łączenie funkcji sprzedawcy energii elektrycznej (podmiotu odpowiedzialnego za bilansowanie handlowe — Uczestnika Rynku Energii) oraz operatora AmI. Ponieważ sprzedawcy energii elektrycznej (samodzielnie lub poprzez uczestnika rynku bilansującego — URB) ponoszą koszty niezbilansowania swojej pozycji kontraktowej na

Rynku Bilansującym, trudno przypuszczać, aby dopuszczali możliwość realizowania przez podmiot zewnętrzny operacji sterowania źródłami wytwórczymi mikrogeneracji w ramach swoich Jednostek Grafikowych odbiorczych. Operator AmI będzie funkcjonował również jako sprzedawca energii dla swoich prosumentów (sprzedaż energii na potrzeby własne) lub obecni sprzedawcy energii elektrycznej działający na rynku detalicznym będą pełnić również funkcje agregatora dla źródeł generacji rozproszonej. W ramach prowadzonej działalności operator AmI świadczyć będzie, poza sprzedażą energii na potrzeby własne instalacji odbiorczych, następujące podstawowe usługi energetyczne na rzecz prosumenta:

- sterowanie pracą zasobnika energii (ZE) poprzez inwerter według przyjętego programu — zwiększenie efektywności wykorzystania źródeł mikrogeneracji,
- monitorowanie elementów instalacji i źródeł wytwórczych mikrogeneracji — kontrola stanu technicznego urządzeń i raportowanie dla prosumenta,
- przygotowanie raportów pomiarowych z układu pomiarowego bilansującego — załączniki do wniosków o wydanie świadectwa pochodzenia potwierdzane przez OSD,
- okresowe sprawozdania dla prosumenta zawierające analizy ekonomiczne źródła oraz efekty optymalizacji efektywności jego wykorzystania prowadzonej przez operatora AmI.

Możliwe jest również rozszerzenie katalogu usług energetycznych realizowanych przez operatora AmI z wykorzystaniem źródeł generacji rozproszonej na zlecenie innych podmiotów, przy czym:

- nie może to wpływać negatywnie na poziom usług podstawowych realizowanych na rzecz właściciela źródła mikrogeneracji,
- zakres usług i szczegółowa procedura ich realizacji powinny zostać uregulowane w odpowiednich umowach.

Dodatkowe usługi energetyczne realizowane przez operatora AmI na rzecz OSD w ramach zarządzania generacją rozproszoną i mikrogeneracją:

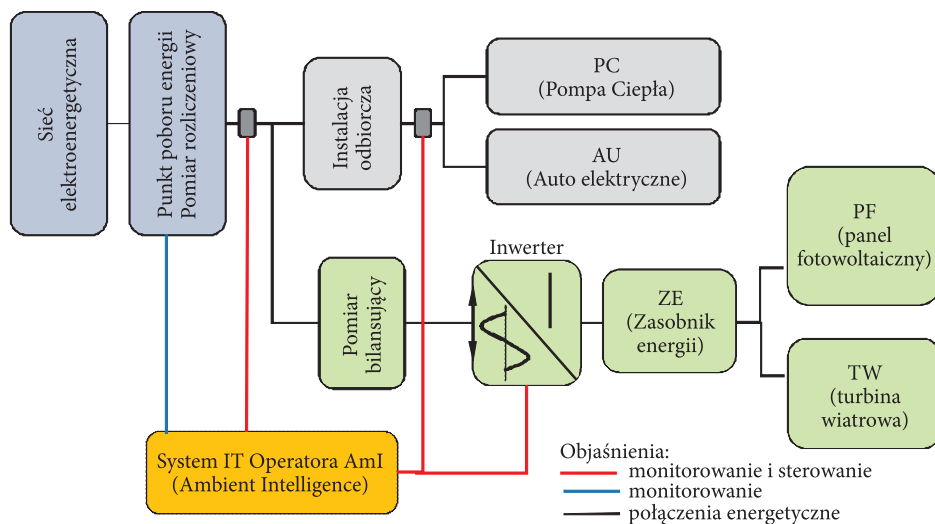
- stabilizacja napięć w sieci elektroenergetycznej,
- kompensacja mocy biernej,
- kompensacja mocy odkształcenia,
- lokalne zasilanie awaryjne.

Dodatkową usługą energetyczną realizowaną przez operatora AmI na rzecz podmiotów odpowiedzialnych za bilansowanie handlowe w ramach zarządzania popytem może być zarządzanie poborem poprzez sterowanie pracą zasobników energii (ZE) oraz innymi urządzeniami w celu dostosowania zapotrzebowania do aktualnej pozycji kontraktowej i sytuacji na rynku technicznym.

Podstawowym wymaganiami technicznymi warunkującymi możliwość rzeczywistego funkcjonowania na rynku energii elektrycznej podmiotów określanych jako prosumenci jest stworzenie warunków integracji z siecią elektroenergetyczną

instalacji, w których funkcjonują źródła mikrogeneracji, przez uproszczenie formalnych i prawnych procedur przyłączeniowych.

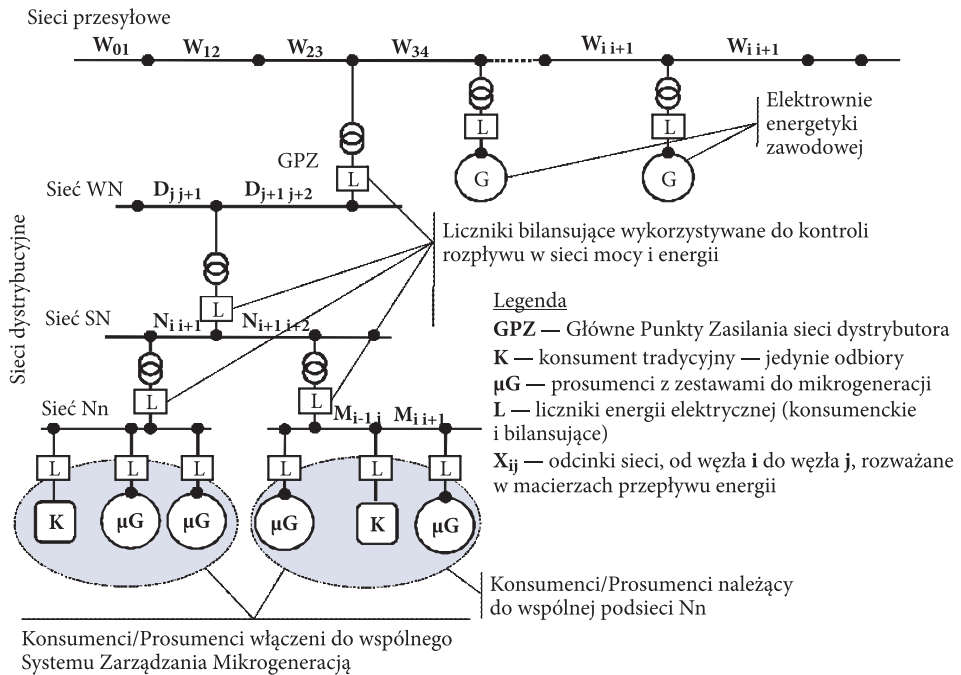
W ogólnym przypadku instalacja prosumencka połączona jest z siecią elektroenergetyczną poprzez Punkt Poboru Energii (przyłącze), w którym odbywa się dwukierunkowy pomiar rozliczeniowy energii elektrycznej. Ponadto wewnątrz sieci prosumenta zlokalizowany powinien być pomiar bilansujący, którego celem jest rejestrowanie danych pomiarowych niezbędnych w procesie monitorowania pracy źródła mikrogeneracji oraz ewidencjonowanie danych niezbędnych do wystawienia świadectwa pochodzenia dla energii odnawialnej — w przypadku źródeł wiatrowych i fotowoltaicznych tzw. zielony certyfikat. W proponowanym podejściu pomiar zlokalizowany jest za inwerterem po stronie prądu zmiennego, ze względu na koszt i dostępność na rynku liczników prądu zmiennego. Rysunek 1 przedstawia sposób integracji omawianego systemu z instalacją prosumenta.



Rys. 1. Integracja systemu z instalacją prosumenta

Kolejnym elementem instalacji źródła mikrogeneracji przedstawionym na rysunku jest inwerter — dwukierunkowy przekształtnik energoelektroniczny (przetwornica sinusoidalna ze zintegrowanym kontrolerem). Integralną częścią całości rozwiązania będzie zlokalizowany u odbiorcy układ sterujący. Będzie pełnił dwojaką rolę. Jego pierwsza rola to pośredniczenie w komunikacji z układami pomiarowymi oraz urządzeniami pracującymi w strefie HAN odbiorcy. Układ ten będzie wykorzystywał natywne interfejsy integrowanych urządzeń, np.: RS 232, RS 485, MODBUS. Do komunikacji z systemem centralnym wykorzystywany będzie dostępny lokalnie u odbiorcy Internet lub transmisja GPRS. Druga funkcja układu sterującego to realizacja programu pracy

dla źródeł wytwórczych. Ponadto sterownik umożliwi bieżącą kontrolę infrastruktury i alarmowanie w przypadku wykrycia nieprawidłowości. Rysunek 2 przedstawia w sposób poglądowy umiejscowienie odbiorców/prosumentów w sieci dystrybucyjnej. Dzięki rozszerzaniu zasięgu systemów DGMS, przez przyłączanie kolejnych prosumentów, istnieje możliwość wyłonienia mikrosieci. Dla takich mikrosieci istnieje możliwość lokalnego bilansowania popytu i podaży energii elektrycznej.



Rys. 2. Umiejscowienie odbiorców/prosumentów w strukturze sieci dystrybucyjnej

Realizacja powyższych założeń rzutować będzie silnie na architekturę systemu. Musi ona zapewniać możliwość integracji z systemami innych podmiotów, które występują na rynku. Dodatkowo należy zwrócić uwagę, iż realizacja opisanych usług będzie wymagać wprowadzenia do rozwiązania elementów zaawansowanego przetwarzania danych, modelowania procesów biznesowych czy też metod prognostycznych. Wszystkie te aspekty czynią niniejsze rozwiązanie niezwykle innowacyjnym.

#### 4. Zadanie badawcze

Zadanie badawcze dotyczy opracowania automatycznego rozwiązania zarządzania generacją rozproszoną i mikrogeneracją. Dodatkowo uwzględnić będzie



możliwość aktywnego zarządzania wskazanymi odbiorami w instalacji prosumenta w celu zmian krzywej zapotrzebowania.

Cele stawiane takiemu systemowi:

- obniżenie kosztów energii dla wydzielonej grupy prosumentów,
- podniesienie poziomu bezpieczeństwa energetycznego wydzielonej grupy prosumentów.

W systemie występują następujące elementy, które mogą podlegać sterowaniu:

- źródła energii,
- zasobniki energii,
- inwerter,
- odbiorniki energii.

## 5. Architektura systemu DGMS

System zarządzania generacją rozproszoną i mikrogeneracją (DGMS) proponuje się podzielić na następujące moduły:

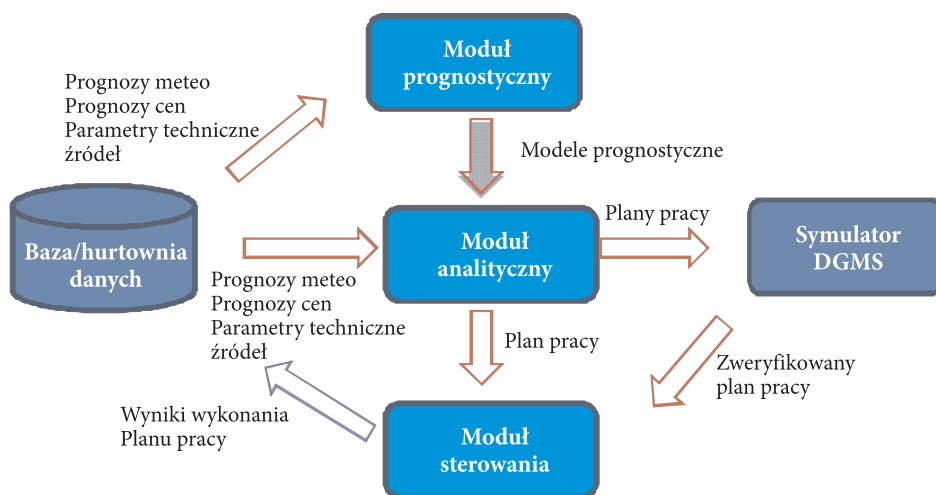
- prognostyczny,
- analityczny,
- symulator DGMS,
- baza/hurtownia danych,
- moduł sterowania i komunikacji z lokalnymi układami sterującymi.

Rysunek 3 przedstawia podział systemu DGMS na moduły i przepływy danych między modułami.

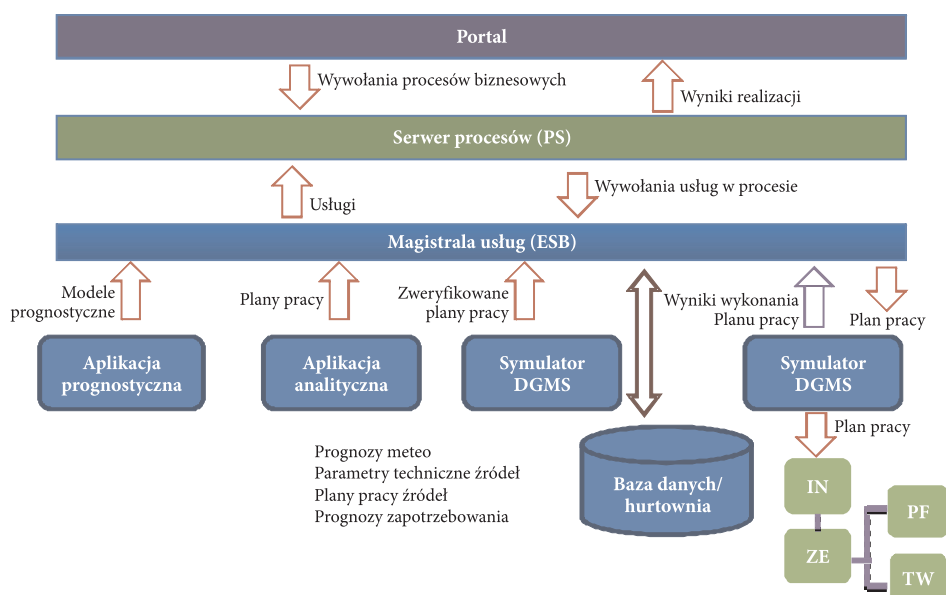
Dla omawianego systemu proponuje się architekturę usługową [4, 5]. Daje ona najwyższą elastyczność tworzenia i rozbudowy kompletnego rozwiązania, a także umożliwia integrację z istniejącymi systemami informatycznymi [14]. Architektura ta jest szeroko stosowana w różnych sektorach gospodarki [9, 10, 11]. Poszczególne moduły budowane będą jako odrębne aplikacje klasy Java Enterprise Edition. Będą wystawiać swoje funkcjonalności w postaci usług sieciowych (ang. *web services*) zgodnie z językiem WSDL (*Web Services Description Language*) [19]. Do wymiany danych planuje się wykorzystanie formatu XML (ang. *eXtensible Markup Language*). Zakłada się możliwość zastosowania innego formatu wymiany danych z optymalizowanym rozmiarem przesyłanych danych, a także możliwość zdefiniowania odrębnej metody komunikacji między aplikacjami dziedzicznymi a bazą/hurtownią danych ze względów wydajnościowych. Rysunek 4 przedstawia schemat architektury rozwiązania.

Na rysunku użyto następujących oznaczeń:

- IN — inwerter,
- ZE — zasobnik energii,
- PF — panel fotowoltaiczny,
- TW — turbina wiatrowa.



Rys. 3. Moduły systemu DGMS



Rys. 4. Architektura rozwiązania

Architektura proponowanego rozwiązania zamodelowana zostanie zgodnie z modelem widoków architektonicznych „1 + 5” [7, 8]. Do modelowania architektury proponowanego rozwiązania zastosowane zostaną notacje Unified Modeling Language (UML) [6], Business Process Modeling and Notation (BPMN) [2], Service oriented architecture Modeling Language (SoAML) [3].

Proponuje się zastosowanie oprogramowania typu OpenSource. Przykładowo:

- Magistrala usług — ServiceMix,
- Serwer aplikacyjny — Apache Tomcat/JBoss,
- Serwer procesów — jBPM,
- Baza danych — MySQL/Postgress.

Przy wyborze środowiska rozwiązania w architekturze usługowej należy się kierować kryteriami wydajnościowymi [8, 12]. Kluczowe jest opracowanie rozwiązania w zakresie budowy aplikacji dziedzinowych oraz magistrali usług, co stanowi główną część systemu DGMS.

## 6. Innowacyjność rozwiązania

Proponowane podejście rozwiązuje kompleksowo zagadnienie sterowania generacją rozproszoną i mikrogeneracją w skojarzeniu z kształtowaniem krzywej poboru prosumenta. Jest to unikalna na skalę krajową droga do budowy kompletnego systemu tej klasy. Znane są publikacje i prowadzone były projekty w tej tematyce, ale tylko w wybranych elementach tego typu systemu, np. stosowanie sieci neuronowych do prognozowania zapotrzebowania na energię elektryczną [17, 18]. Sama tematyka jest bardzo aktualna i tego typu kompleksowe rozwiązanie ewidentnie wpisuje się w bardzo pozytywny wpływ na politykę horyzontalną wymienioną w art. 17 Rozporządzenia Rady (WE) nr 1083/2006. W szczególności wdrożenie tego typu rozwiązania przyczyniłoby się do poprawy następujących obszarów:

- czystsze procesy, materiały i produkty,
- produkcja czystszej energii.

Ponadto, taki produkt miałby znaczny wpływ na podniesienie wskaźnika ekowydajności poprzez:

- zmniejszenie materiałochłonności produkcji,
- zmniejszenie energochłonności produkcji,
- zmniejszenie wielkości emisji zanieczyszczeń,
- zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym.

Potencjalnie proponowane rozwiązanie może spowodować niezależność i bezpieczeństwo energetyczne dla wydzielonego obszaru sieci (osiedle, gmina), w którym instalowane są źródła mikrogeneracji. W najbardziej sprzyjających warunkach pogodowych możliwe jest uzyskanie samowystarczalności energetycznej. W związku z tym wielkość emisji zanieczyszczeń spada do 0%, a udział źródeł energii odnawialnej w bilansie energetycznym wzrasta do 100%.

Ponadto, w rozwiązaniu stosowane są nowatorskie i odpowiednio dobrane do zagadnienia metody formalne do rozwiązania zagadnień prognostycznych oraz decyzyjnych. Przy doborze metod podstawowymi kryteriami były: dokładność

uzyskiwanych prognoz i optymalizacji oraz czas potrzebny na uzyskanie wyników. Kierowano się kryteriami: zwiększania dokładności uzyskiwanych prognoz i optymalizacji oraz minimalizacją czasu potrzebnego na uzyskanie wyników.

Ponadto, stosowane jest oprogramowanie OpenSource, co znacząco zmniejszyłoby cenę rozwiązania i miałyby wpływ na jego dostępność oraz skrócenie okresu zwrotu z inwestycji. Ma to kluczowe znaczenie przy sprzedaży takiego produktu/usługi. Zwiększyłoby to dostępność takiego rozwiązania dla szerszego grona nabywców.

## 7. Podsumowanie

W artykule przedstawiono koncepcję systemu zarządzania generacją rozproszoną i mikrogeneracją. Artykuł przybliżył pojęcia mikrogeneracji oraz generacji rozproszonej. Istotą powodzenia wdrożenia tego typu systemów zarządzania generacją rozproszoną jest zbudowanie świadomości u przyszłych prosumentów potrzeby efektywności użytkowania energii elektrycznej. Artykuł zawiera propozycję architektury informatycznego systemu zarządzania mikrogeneracją i generacją rozproszoną. Dla omawianego systemu zaproponowano architekturę usługową umożliwiającą m.in. integrację z istniejącymi systemami informatycznymi. Architektura ta jest szeroko stosowana w różnych sektorach gospodarki [9, 10]. Dla powodzenia realizacji tego typu złożonych systemów kluczowe jest wykonanie projektu opisującego wszystkie istotne widoki architektoniczne. Przedstawiane rozwiązanie zamodelowane zostanie zgodnie z modelem widoków architektonicznych „1 + 5” [7]. Prezentowany system może obniżyć koszty energii dla prosumenta oraz podnieść poziom jego bezpieczeństwa energetycznego. Ponadto, system tego typu może znacząco wpłynąć na skrócenie okresu zwrotu z inwestycji prosumenta w odnawialne źródła energii.

Artykuł wpłynął do redakcji 7.11.2012 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w lutym 2013 r.

### LITERATURA

- [1] J. BIL, *Analiza trendów rozwoju branży energetycznej. Raport*, Związek Pracodawców Prywatnych Energetyki, 2010.
- [2] Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0, OMG 2011, <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/>.
- [3] C. CASANAVE, *Service Oriented Architecture Using the OMG SoaML Standard*, Model Driven Solution, 2009.
- [4] D. CHAPPELL, *Enterprise Service Bus*, O'Reilly, 2004.
- [5] T. ERL, *Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology, and Design*, Prentice Hall, 2005.
- [6] M. FOWLER, *UML Distilled Third Edition*, Addison-Wesley, 2005.
- [7] T. GÓRSKI, *Architectural view model for an integration platform*, Journal of Theoretical and Applied Computer Science, 6, 1, 2012, 25-34.
- [8] T. GÓRSKI, *Platformy integracyjne. Zagadnienia wybrane*, PWN, Warszawa, 2012.

- [9] T. GÓRSKI, *Architektura platformy integracyjnej dla elektronicznego obiegu recept*, Roczniki Kolegium Analiz Ekonomicznych, zeszyt 25, Warszawa, 2012.
- [10] T. GÓRSKI, *Projektowanie platform integracyjnych w architekturze zorientowanej na usługi*, Wiadomości Górnicze 7-8, 2012.
- [11] T. GÓRSKI, *Zastosowanie podejścia ukierunkowanego na architekturę przy projektowaniu oprogramowania eksperymentalnego ścieżek klinicznych*, IT w służbie efektywnego państwa, Technologie informatyczne w administracji publicznej i służbie zdrowia, Oficyna Wydawnicza Szkoły Głównej Handlowej, Warszawa, 2011.
- [12] T. GÓRSKI, *Badanie wydajności wybranych środowisk budowy platform integracyjnych*, Biul. WAT, 61, 1, 2012.
- [13] Hewlett-Packard, *Zbudowanie i uzgodnienie modelu rynku opomiarowania i stosowania mechanizmów zarządzania popytem wraz z opracowaniem modeli biznesowych* (opracowanie na zlecenie PSE Operator SA), 2009.
- [14] G. HOHPE, B. WOOLF, *Enterprise Integration Patterns: Designing, Building, and Deploying Messaging*, Addison-Wesley, 2003.
- [15] J. MARTIN, *Distributed vs. centralized electricity generation: are we witnessing a change of paradigm? An introduction to distributed generation*, 2009.
- [16] J. PASKA, *Wytwarzanie rozproszone energii elektrycznej i ciepła*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2010.
- [17] P. PIOTROWSKI, D. BACZYŃSKI, M. PAROL, S. KUJSZCZYK, J. WASILEWSKI, T. ZDUN, T. WÓJTOWICZ, P. HELT, *Zaawansowane hybrydowe systemy sztucznej inteligencji oraz narzędzia statystyczne do prognoz zapotrzebowania na energię elektryczną o różnych horyzontach czasowych na potrzeby elektroenergetycznych spółek dystrybucyjnych*, Projekt badawczy własny MNiSW Nr N N511 0973 33 (kierownik projektu — Piotrowski P.), Warszawa, luty 2010.
- [18] Smart Grids European Technology Platform, <http://www.smartgrids.eu/>.
- [19] *Web Services Description Language (WSDL) Version 2.0*, W3C 2007 <http://www.w3.org/TR/wsdl20/>.

T. GÓRSKI, P. PRUS

### System architecture for maximizing prosumer's benefits from distributed generation

**Abstract.** The paper presents the concept of distributed generation management system. The idea behind the system is to exploit the potential of distributed generation sources so as to provide additional energy services and participation in a competitive energy market. These actions can significantly affect the shortening of the period of return on investment of individual customer (prosumer) in renewable energy sources. This may contribute to the increased use of more energy from renewable energy sources by individual consumers. The formation and operation of renewable energy generation sources and their cooperation with the National Electricity System (NES) is consistent with the energy and climate policy of the EU and Poland and certainly supports the implementation of the provisions of 3 × 20 package. The article contains a proposal of architecture of distributed generation management system.

**Keywords:** distributed generation, renewable energy, information system design

