



Piotr RZEPKA\*, Maciej SOŁTYSIK\*, Mateusz SZABLICKI\*

## Prosumencka chmura energii – konceptcja nowej usługi dla prosumentów

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono koncepcję prosumenckiej chmury energii, jako nowej usługi dedykowanej dla prosumentów energii elektrycznej. Zakłada się, że wdrożenie takiej usługi powinno wygenerować szereg korzyści, m.in.: ułatwienie korzystania prosumentom z sieci elektroenergetycznej, uproszczenie rozliczeń pomiędzy prosumentem a dostawcą energii elektrycznej, dalsze upowszechnianie rozproszonych źródeł energii w mikroinstalacjach prosumenckich oraz rozwój e-mobilności.

Z punktu widzenia prosumenta, proponowana idea prosumenckiej chmury energii polega na wirtualnym magazynowaniu w tej chmurze nadmiaru energii wygenerowanej w jego mikroinstalacji. Fizyczna realizacja gromadzenia energii w chmurze polega na rejestrowaniu wolumenu energii elektrycznej wprowadzonej do systemu elektroenergetycznego z mikroinstalacji prosumenta. Zakłada się, że energię o wartości odpowiadającej wolumenowi zarejestrowanemu w chmurze prosument może wykorzystać w dowolnej chwili czasowej w dowolnym punkcie infrastruktury sieciowej Krajowego Systemu Elektroenergetycznego. Przez dowolny punkt infrastruktury sieciowej rozumie się dowolnie zlokalizowany terytorialnie punkt przyłączenia użytkownika energii elektrycznej wyposażony w autoryzację dostępu.

Z punktu widzenia operatorów sieci elektroenergetycznych idea prosumenckiej chmury energii to propozycja usługi dedykowanej dla nowego modelu funkcjonowania systemu elektroenergetycznego, uwzględniającego przyszłe uwarunkowania dotyczące znaczącego rozwoju energetyki prosumenckiej oraz e-mobilności. W koncepcji tej energia elektryczna byłaby traktowana jako towar podlegający tylko częściowemu, fizycznemu magazynowaniu i przede wszystkim wymianie handlowej. W modelu tym kluczowym aspektem byłoby wirtualne magazynowanie energii, czyli handlowe zagwarantowanie przez operatora chmury (spółkę obrotu) dowolnego korzystania z portfela energii przez jej dysponentów. Należy jednak podkreślić, że w funkcjonowaniu prosumenckiej chmury energii istotnym czynnikiem będą koszty gwarancji wykorzystania przez danego dysponenta (prosumenta) energii elektrycznej przypisanej do niego w dowolnym czasie i miejscu przyłączenia w sieci. Skutkuje to tym samym koniecznością uwzględnienia występowania pewnego ryzyka rynkowego, zarówno wolumetrycznego, jak i cenowego ponoszonego przez operatora chmury, które w najprostszym rozrachunku można niwelować poprzez przekazanie operatorowi chmury pewnej części zakumulowanego wolumenu wygenerowanej energii.

Należy podkreślić, że w niniejszym artykule przedstawiono pierwszą fazę rozwoju koncepcji prosumenckiej chmury energii. Zakłada się jednak jej poszerzenie o kolejne etapy, w których przewiduje się uwzględnienie

\* Dr inż., Politechnika Śląska, Instytut Elektroenergetyki i Sterowania Układów; PSE Innowacje Sp. z o.o.

możliwości sterowania i nadzoru nad pracą urządzeń instalacji prosumenckich w postaci: źródeł, odbiorników i fizycznych magazynów energii, np. domowych magazynów energii lub baterii akumulatorów zainstalowanych w pojazdach elektrycznych. Docelowo zakłada się, że proponowana prosumencka chmura energii będzie poza magazynowaniem energii (wirtualnym i częściowo fizycznym) umożliwiać również agregację zasobów prosumenckich, co stworzyłoby zupełnie nowe możliwości ich wykorzystania do świadczenia różnego rodzaju usług regulacyjnych, w tym systemowych.

Słowa kluczowe: chmura energii, prosument, nowy model rozliczeń prosumenta, rozproszone źródła energii, mobilny użytkownik energii elektrycznej

### **Energy cloud – a new service for prosumers**

Abstract: The paper presents the idea of a prosumer energy cloud as a new service dedicated to electricity prosumers.

The implementation of the cloud should generate a number of benefits in the following areas: settlements between prosumer and electricity supplier, the development of distributed energy sources in microprocessors and the development of e-mobility.

From the prosumer point of view, the proposed idea of a prosumer cloud of energy is dedicated to the virtual storage of energy excess generated in the micro-installation. Physical energy storage in the cloud means recording the volume of electricity introduced into the electricity system from the prosumer's microprocessors. It is assumed that the energy equivalent to the volume registered in the prosumer cloud can be used at any time at any point in the network infrastructure of the National Power System. Any point of network infrastructure shall be understood as any locally located point of connection of an electricity consumer provided with access authorization.

From the point of view of the power grid operators, the idea of a prosumer energy cloud is a conceptual proposition of a service dedicated to the new model of the power system functioning, taking future conditions concerning the significant development of prosumer energy and e-mobility into account. In this concept, electricity would be treated as a commodity only to partial physical storage and above all to trade. In this model a key aspect would be virtual energy storage, that is, the commercial provision by the cloud operator (trading company) of any use of the electricity portfolio by its suppliers. It should be stressed, however, that in the prosumer's energy cloud functioning, a significant factor would be the cost of guarantees of the use of energy by prosumers at any time and point of connection to the network. This results in the need of taking the presence of certain market risks, both volumetric and cost incurred by clouds operator, which can be minimized by passing a portion of the accumulated volume of generated energy to the cloud operator into account.

It should be emphasized that this article presents the first phase of the development of the concept of prosumer energy cloud. However, it is planned to be expanded by the following stages, which include the possibility of controlling and supervising the operation of prosumer installations such as: sources, receivers and physical energy stores, e.g. home energy storage or batteries installed in electric vehicles. Ultimately, it is assumed that the proposed prosumer energy cloud will be outside of the storage of energy (virtual and partly physical) and that aggregation of prosumer resources will create new possibilities for their use to provide a variety of regulatory services, including system ones.

Keywords: energy cloud, prosumer, new model of prosumer settlements, distributed energy source, mobile consumer/user of electricity

### **Wprowadzenie**

Obserwowane zmiany zachowania odbiorców energii elektrycznej (zwiększenie urządzeń zasilanych energią elektryczną, wzrost świadomego konsumowania energii elektrycznej, oczekiwanie stosowania rozwiązań proekologicznych przez dostawców energii), zmiany modeli funkcjonowania dostawców energii elektrycznej (poszerzenie portfela dostarczanych usług, w tym jako usług powiązanych), zmiany w sektorze wytwórczym systemów elektroenergetycznych (stopniowe wycofywanie konwencjonalnych źródeł wytwórczych, wzrost

mocy zainstalowanej generacji rozproszonej) oraz przewidywany znaczący rozwój elektromobilności (jako komunikacji indywidualnej i zbiorowej) będą prowadzić do zmian zachowania uczestników rynku energii i tym samym zmiany modelu funkcjonowania systemów elektroenergetycznych. Chcąc nadążyć za tymi zmianami (także zmianami spodziewanymi w przyszłości), operatorzy systemów elektroenergetycznych prowadzą badania studialne lub pilotażowe różnych koncepcji koordynowania funkcjonowania rynku energii i systemów elektroenergetycznych dla wielu scenariuszy rozwojowych. Rozważa się lub wdraża różnorakie pomysły, m.in. w postaci usług, w których nowe elementy systemów elektroenergetycznych (przede wszystkim energetyka rozproszona, elektromobilność oraz sterowane odbiory) przestaje się traktować jako biernych uczestników, lecz zaczyna się je postrzegać jako znaczących „graczy” w systemach elektroenergetycznych, którzy mogą wspomagać utrzymanie prawidłowego funkcjonowania tych systemów. Do takich pomysłów można zaliczyć m.in. koncepcję wirtualnej elektrowni (Rideout i in. 2014), wirtualnego generatora synchronicznego (Xinchun i in. 2014), sterowanych odbiorów DSM (*demand-side management*), samobilansujących obszarów sieciowych (Novosel 2014) i klastrów energii/spółdzielni energetycznych (Koncepcja... 2017; Rzepka i in. 2017). W śmiałych wizjach próbuje się również zaadaptować dla systemów elektroenergetycznych koncepcję chmury, w której zakłada się, że system elektroenergetyczny stanowi niejako wirtualny magazyn energii elektrycznej ze swobodnym dostępem każdego uczestnika systemu. Rozpatrując tę interesującą propozycję nowego modelu funkcjonowania systemów elektroenergetycznych i rynku energii należy jednak pamiętać, że energia elektryczna nie jest towarem, który może być „swobodnie” dysponowany. W pracy systemu elektroenergetycznego bilans popytu i podaży energii elektrycznej jest parametrem krytycznym i musi być zachowany dla każdej chwili czasowej funkcjonowania tego systemu. Wymaga to odpowiedniej koordynacji pracy wszystkich elementów systemu (wytwórców, odbiorców i sieci), z uwzględnieniem indywidualnych cech każdego z tych elementów. Jest to tym trudniejsze, im większe są wartość i zmienność energii elektrycznej generowanej i pobieranej w systemie elektroenergetycznym oraz rozproszenie terytorialne wytwórców i odbiorców. Wobec powyższego w niniejszym artykule przedstawiono koncepcję adaptacji (przeniesienia) idei chmury energii wyłącznie dla prosumentów, tzn. końcowych odbiorców energii elektrycznej przyłączanych do sieci niskiego napięcia posiadających własne mikroinstalacje wytwórcze (definicję prosumenta zawarto w Ustawa 2016). Określa to cel artykułu.

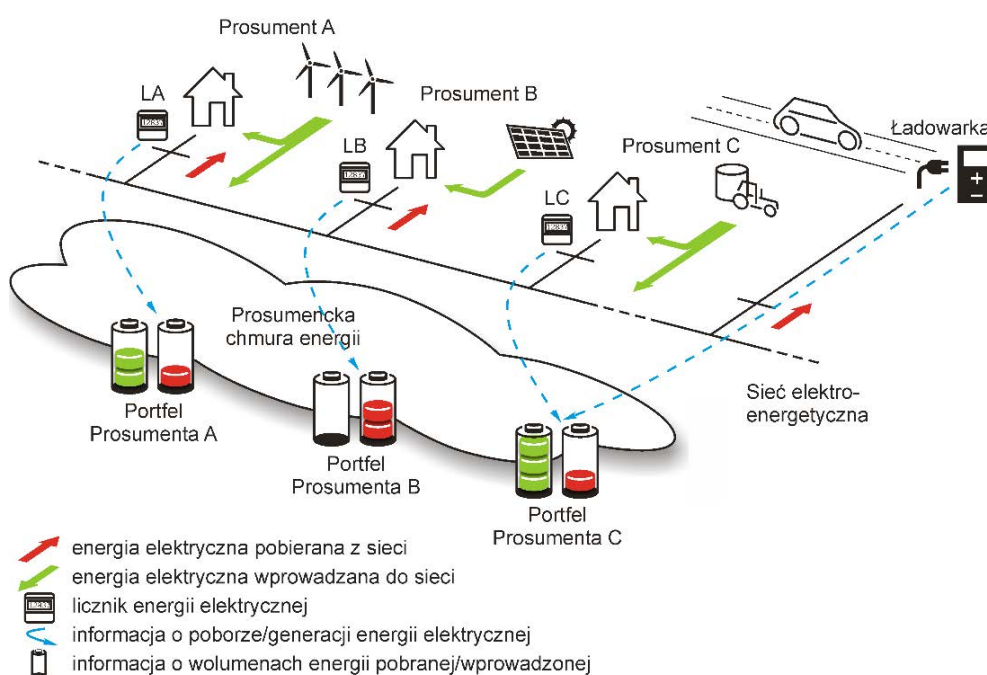
Chmurę energii dedykowaną dla prosumentów nazwano Prosumencką Chmurą Energii (*Prosumer Energy Cloud* – PEC). Stanowi to propozycję nowej usługi świadczonej przez operatorów sieciowych dla prosumentów. Zakłada się, że wprowadzenie tej usługi powinno ułatwić prosumentom korzystanie z sieci elektroenergetycznej, znacząco uprościć rozliczenia pomiędzy prosumentem i dostawcą energii elektrycznej oraz przyczynić się do dalszego zrównoważonego rozwoju lokalnych źródeł energii instalowanych w mikroinstalacjach prosumenckich, a także ułatwić realizację założeń programu elektromobilności wdrażanego w ramach rządowej strategii (Plan... 2016).

## 1. Idea funkcjonowania Prosumenckiej Chmury Energii

W koncepcji chmury energii system elektroenergetyczny – w uproszczeniu – traktuje się jako wirtualny magazyn energii, z którego można swobodnie korzystać, tzn. wprowadzać lub pobierać energię elektryczną w dowolnej chwili czasowej (The Impact... 2017; E.ON... 2017; Uger i Mryzik 2013). Analogiczne podejście przyjęto, definiując ideę funkcjonowania PEC. W PEC system elektroenergetyczny także jest niejako wirtualnym magazynem energii elektrycznej, przy czym dostęp do niego jest dedykowany dla prosumentów. Schematycznie ideę prosumenckiej chmury energii przedstawiono na rysunku 1. Funkcjonowanie PEC opiera się na dwóch założeniach:

- prosument może wprowadzić do PEC energię elektryczną wygenerowaną w należących do niego źródłach wytwórczych (mikroinstalacjach prosumenckich); w praktyce powinna to być wyłącznie nadwyżka energii produkowanej w mikroinstalacji;
- prosument może pobrać z PEC uprzednio zmagazynowaną energię elektryczną z dowolnego miejsca przyłączenia w sieci elektroenergetycznej Krajowego Systemu Elektroenergetycznego i w dowolnej chwili czasowej (niekoniecznie tożsamej z chwilą jej wytworzenia).

Fizyczna realizacja tego wirtualnego magazynowania energii elektrycznej w koncepcji PEC będzie polegać na rejestrowaniu wolumenu energii elektrycznej wprowadzanej do sys-



Rys. 1. Idea PEC

Fig. 1. Idea of PEC (Prosumer Energy Cloud)

temu elektroenergetycznego przez mikroinstalację należącą do prosumenta oraz rejestrowaniu wolumenu energii elektrycznej pobieranej przez prosumenta z tego systemu. Wolumeny energii wprowadzonej i pobranej przez danego prosumenta będą przypisywane do jego „portfela”. Traktowanie systemu elektroenergetycznego jako wirtualnego magazynu, niejako pozwoli prosumentowi na wykorzystywanie „własnej” energii elektrycznej w dowolnej chwili czasowej. Przykładowo, przedstawiony na rysunku 1 Prosument B może pobierać w godzinach nocnych energię elektryczną z systemu elektroenergetycznego, pomniejszając wolumen energii elektrycznej, którą w ciągu dnia wprowadziła do tego systemu jego instalacja fotowoltaiczna (energia ta jest wirtualnie magazynowana w PEC). Taka idea funkcjonowania PEC znacząco uprości kwestie rozliczania prosumentów (minimalizacja operacji finansowych).

Adaptując ideę chmury energii do pomysłu PEC przyjęto, że PEC powinno cechować się:

- otwartością technologiczną – brak barier dla uczestnictwa różnych prosumentów w PEC (możliwość przyłączenia mikroinstalacji o dowolnej mocy i wykonanej w dowolnej technologii: źródła wiatrowe, źródła fotowoltaiczne, źródła wodne, źródła biogazowe itd.);
- powszechnością dostępu do infrastruktury sieciowej (możliwość przyłączenia mikroinstalacji lub odbioru nie tylko do fizycznego punktu poboru przypisanego do prosumenta, ale również do innych miejsc w systemie elektroenergetycznym).

Wymienione, pożądane cechy PEC determinują konieczność identyfikowania prosumenta (w tym należących do niego źródeł i odbiorów) przyłączającego się do systemu elektroenergetycznego. Jest to niezbędne do poprawnego określenia wolumenu energii wprowadzanej lub pobieranej przez tego prosumenta. W tym celu proponuje się zastosowanie tzw. wirtualnego punktu przyłączenia prosumenta (WPP). WPP będzie stanowić punkt przyłączenia rozumiany jako miejsce w infrastrukturze sieci niskiego napięcia, z którego może korzystać każdy prosument należący do PEC. Identyfikacja prosumenta aktualnie korzystającego z danego WPP ułatwi i zwiększy mobilność prosumentów między różnymi WPP poprzez możliwość swobodnego ich przyłączania do dowolnego WPP. Swoboda przyłączania dotyczyć będzie także elementów należących do prosumenta, które mogą być przyłączone do różnych WPP. Zilustrowano to na rysunku 1 dla Prosumenta C. Należący do niego samochód elektryczny może być ładowany w oddalonej terytorialnie stacji ładowania. Zidentyfikowanie przynależności tego samochodu do Prosumenta C pozwoli temu prosumentowi niejako naładować swój samochód „własną” energią elektryczną, tzn. energią wirtualnie zmagazynowaną w PEC, którą wcześniej wytworzyła należąca do niego mikroinstalacja.

Z punktu widzenia podmiotu zarządzającego PEC (spółki obrotu), PEC stanowi platformę bilansowania energii wytwarzanej i pobieranej przez prosumentów. Jest to niejako wirtualna przestrzeń udostępniana prosumentom za pośrednictwem sieci elektroenergetycznej oraz odpowiedniej infrastruktury tej sieci operatora systemu dystrybucyjnego/przesyłowego. Warto wskazać, że takie podejście jest zbieżne z chmurą obliczeniową (ang. *cloud computing*) wykorzystywaną powszechnie w sektorze szeroko pojmowanego IT, za pomocą której m.in. można agregować zasoby obliczeniowe maszyn i korzystać z nich praktycznie bez

ograniczeń terytorialnych (Chmura... 2016; Internet... 2009). Jak wskazują doświadczenia, korzystanie z chmury obliczeniowej przynosi nie tylko oszczędności finansowe, ale także znacząco zwiększa możliwości funkcjonalne, przez co segment chmury obliczeniowej dynamicznie się rozwija (Mateos i Rosenberg 2017).

## **2. Koncepcja realizacji pomiarów w Prosumenckiej Chmurze Energii**

Wdrożenie przedstawionej idei PEC będzie wymagać pozyskiwania danych z prosumenckich liczników energii elektrycznej i m.in. stacji ładowania samochodów elektrycznych, przetworzenia tych danych, ich ochrony oraz zdalnego udostępnienia wypracowanej informacji dotyczącej m.in. ilości wirtualnie zmagazynowanej energii. Realizacja tej funkcjonalności jest możliwa dzięki możliwości połączenia nowoczesnych liczników energii elektrycznej z globalną siecią teleinformatyczną. Umożliwia to wymianę informacji w trybie *on-line* praktycznie na obszarze całego kraju. Zbierane informacje będą trafiać do jednostki centralnej, w której będą gromadzone i analizowane oraz – w razie potrzeby – udostępniane np. na żądanie prosumenta lub innego uprawnionego podmiotu. Zakłada się, że realizatorem tego zadania będzie operator informacji pomiarowej prosumenckiej chmury energii, który docelowo może być elementem składowym głównego Operatora Informacji Pomiarowej Krajowego Systemu Elektroenergetycznego. Prace nad projektem definiującym takiego operatora obecnie trwają i są na etapie ustaleń z Urzędem Regulacji Energetyki (Operator... 2015; Opracowanie... 2012).

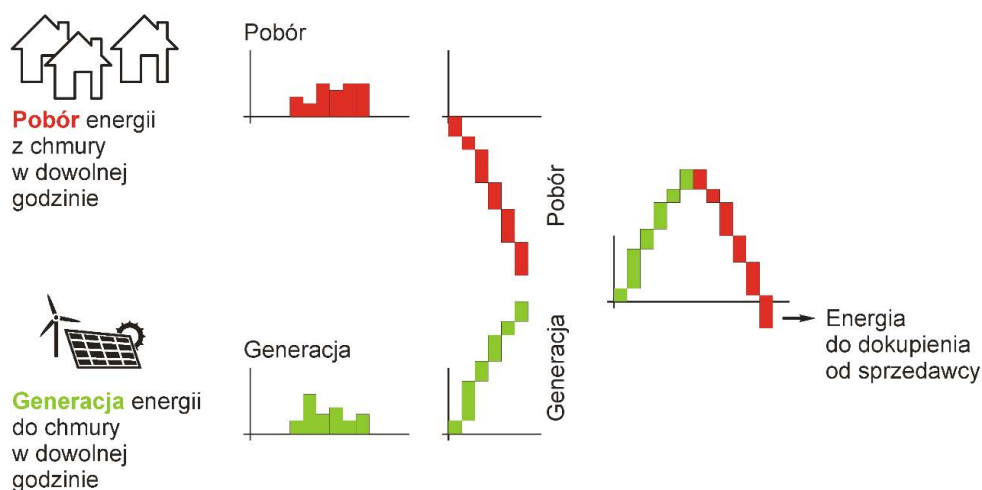
## **3. Metodyka funkcjonowania Prosumenckiej Chmury Energii w odniesieniu do obecnego stanu mechanizmów rynkowych**

Nowelizacja ustawy o Odnawialnych źródłach energii z 2016 r. wprowadziła nowe zasady rozliczania energii wyprodukowanej w źródłach prosumenckich. Za każdą jednostkę energii elektrycznej wprowadzonej do sieci stało się możliwe odebranie 0,8 jednostki energii w dogodnym dla prosumenta momencie. Wszystkie koszty związane z dystrybucją tej energii, jej „magazynowaniem”, bilansowaniem i ryzykami rynkowymi pokryte były w różnicy wolumenu, a ich właścicielem stał się tzw. sprzedawca zobowiązany. Zmiana prawa i modelu rozliczania wyprodukowanej energii stała się katalizatorem rozwoju energetyki rozproszonej bazującej na źródłach prosumenckich. Według danych Polskiego Towarzystwa Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej na koniec 2015 r. funkcjonowało w Polsce 4730 takich źródeł, by już rok później osiągnąć poziom 14 283 instalacji. Mechanizm ten pomimo swojej atrakcyjności i stworzonym zachętom inwestycyjnym (np. programy dofinansowujące z NFOŚiGW i WFOŚiGW, stosowanie kompensat w rozliczeniu z OSD, długi okres bilansowania energii, brak konieczności wystawiania przez prosumenta rachunków) ma istotne ograniczenia, bowiem nie wykracza poza fizyczny obszar instalacji prosumenckiej i uniemożliwia tworzenie uniwersalnych mechanizmów rynkowych w wymiarze regionalnym i krajowym.

Koncepcja PEC nie odbiega w sensie metodycznym od dotychczasowego modelu dzielenia się ze sprzedawcą zobowiązanym wygenerowaną w danej, a zużytą w innej jednostce czasu energią. Różnica polega na odejściu od wytwarzania i poboru energii w tej samej, fizycznej lokalizacji źródła prosumenckiego przypisanego do konkretnego i niezmiennego punktu w sieci, na rzecz modelu wirtualnego.

Agregacja energii ze źródła prosumenckiego w wirtualnym portfelu wraz z zapewnieniem jednoznacznej identyfikowalności jej właściciela na etapie zarówno wytwórczym, jak i odbiorczym w rozumieniu jej zużycia w dowolnym punkcie w sieci, może stać się bodźcem do stworzenia nowego segmentu rynkowego i nowej gamy usług. Po pierwsze, można sobie bowiem w tym momencie wyobrazić konkurowanie sprzedawców zobowiązanych, dotychczas jednoznacznie przypisanych do konkretnych lokalizacji (terenów działania OSD), o energię elektryczną wyprodukowaną ze źródeł prosumenckich na konkurencyjnych obszarach. Należy się spodziewać, że podstawowym elementem gry rynkowej stałby się wówczas wskaźnik odpowiadający stosunkowi energii wprowadzonej i pobranej z sieci, wynoszący w chwili obecnej 0,8. Po drugie, można sobie wyobrazić, że nadwyżka energii wyprodukowana przez prosumenta nie będzie przez niego skonsumowana w ustalonym okresie bilansowania. W takim przypadku zasadna mogłaby się okazać odsprzedaż tej energii na bazie mechanizmów *over the counter* (OTC) na styku uczestników rynku: prosument-prosument oraz prosument-odbiorca. Mechanizm ten wpłynąłby tym samym na poprawę bilansu handlowego uczestników rynku i ograniczyłby zakup energii od sprzedawcy zobowiązanego, co zilustrowano na rysunku 2.

Tak skonstruowany model prosumenckiej energetyki rozproszonej stałby się również interesującym obszarem do agregacji usług regulacyjnych, głównie po stronie interwencyjnego ograniczania popytu i usług z rodziny *demand side response* (DSR) i mogłby się stać również bodźcem do rozwoju usług magazynowania energii.



Rys. 2. Idea rozliczeń prosumenta korzystającego z PEC

Fig. 2. Idea of prosumer settlements using the PEC



#### 4. Korzyści z wdrożenia Prosumenckiej Chmury Energii

W poczet zidentyfikowanych zalet PEC można zaliczyć:

- uproszenie rozliczeń pomiędzy prosumentem i dostawcą energii,
- możliwość wykorzystania energii wirtualnie zmagazynowanej w chmurze w dowolnej chwili czasowej,
- dostęp z dowolnego miejsca infrastruktury sieci elektroenergetycznej – z tego tytułu zakłada się, że PEC będzie bardzo ważnym elementem dla e-mobilności; przykładowo samochody elektryczne prosumentów w chmurze mogą być ładowane w każdym punkcie ładowania samochodów elektrycznych bez konieczności realizacji odrębnych rozliczeń finansowych z operatorem ładowarki – wystarczyłaby jedynie ich autoryzacja,
- eliminacja potrzeby stosowania lokalnych (prosumenckich) magazynów energii – w dalszych wariantach rozwojowych PEC przewiduje się instalowanie dużych, centralnych magazynów energii oraz możliwość wykorzystania magazynów u prosumentów (np. baterii samochodu elektrycznego, baterii akumulatorów) przez centralnego operatora PEC i wygenerowania z tego tytułu dodatkowych korzyści dla prosumenta,
- nieograniczona, z punktu widzenia prosumenta, pojemność PEC oraz dostępny stosunkowo długi okres wirtualnego magazynowania energii elektrycznej – przewiduje się półroczny okres rozliczeniowy,
- brak problemów eksploatacyjnych z wirtualnym magazynem energii dostępnym w PEC oraz jego żywotnością (dla fizycznych magazynów energii występuje ograniczenie techniczne w postaci dopuszczalnej liczby cykli ładowania i rozładowywania),
- zwiększenie autokonsumpcji energii generowanej przez prosumenta – zgodnie z ideą określającą zasady funkcjonowania prosumenta zakłada się, że wprowadzenie korzystniejszych rozliczeń dla przypadku zużycia wytworzonej energii na własne potrzeby niż w przypadku jej odsprzedaży wymusi zwiększenie autokonsumpcji energii i przez to przyczyni się np. do „oddolnego” rozwoju e-mobilności,
- możliwość tworzenia predykcyjnego buforu energii, przez co wystąpi generowanie nawyków świadomego odbiorcy sterującego swym zapotrzebowaniem z uwzględnieniem ceny energii w danej chwili (taryfy dynamiczne).

Podkreśla się również, że przedstawiona koncepcja PEC wpisuje się w koncepcję nowego modelu funkcjonowania systemu elektroenergetycznego definiowanego z uwzględnieniem przyszłych struktur sektora wytwórczego i sieciowego i zintegrowanego modelu rynku. W modelu tym zakłada się, że energia elektryczna jest wytwarzana w znacznie większym stopniu niż obecnie w rozproszonych źródłach energii, co będzie wymuszać m.in. obserwowanie w trybie *on-line* ilości generowanej energii m.in. w mikroinstalacjach prosumenckich oraz częściowe aktywowanie tych urządzeń do świadczenia usług regulacyjnych.



## Podsumowanie i uwagi końcowe

Zgodnie z przedstawioną koncepcją PEC powinna być traktowana jako koncepcja nowej usługi dla prosumentów, która dawałaby im możliwość wirtualnego magazynowania nadmiaru energii wygenerowanej w należących do nich mikroinstalacjach prosumenckich oraz swobodnego korzystania z tej zgromadzonej energii w dowolnej chwili czasowej.

Ogólnosięwiatowe tendencje rozwoju sektora wytwórczego jednoznacznie wskazują, że Krajowy System Elektroenergetyczny czeka dalsza dywersyfikacja jednostek wytwórczych, cechująca się gwałtownym rozwojem odnawialnych źródeł energii niewielkich mocy pracujących m.in. w mikroinstalacjach prosumenckich. W związku z tym proponowana koncepcja PEC, obok np. koncepcji klastrów energii propagowanej obecnie przez Ministerstwo Energii oraz wirtualnych elektrowni itp., mogłaby stać się jednym z elementów nowego modelu funkcjonowania KSE. Zwraca się jednak uwagę na pewną cechę różnicującą chmurę energii od klastrów energii i wirtualnych elektrowni. Przykładowo, działanie wirtualnych elektrowni obejmuje optymalizację pracy zagregowanych źródeł w czasie rzeczywistym, a PEC pozwala na wykorzystanie zagregowanego wolumenu w dowolnym momencie i miejscu w sieci niskiego napięcia. Przewiduje się, że wdrożenie proponowanej koncepcji PEC może wygenerować korzyści identyfikowane zarówno w obszarach działalności prosumenta, operatorów sieciowych, jak i rozwoju e-mobilności.

Należy podkreślić, że przedstawiona koncepcja PEC dotyczy pierwszej fazy jej rozwoju. Przewiduje się kolejne fazy rozwojowe, w których zakłada się uwzględnienie możliwości sterowania i nadzoru nad pracą urządzeń w mikroinstalacjach prosumenckich w postaci: źródeł, sterowanych odbiorników i fizycznych magazynów energii, np. domowych magazynów energii lub baterii zainstalowanych w pojazdach elektrycznych. Docelowo przewiduje się, że PEC pozwoli dodatkowo na agregację zasobów prosumenckich, co mogłoby otwierać zupełnie nowe możliwości ich wykorzystania do świadczenia różnego rodzaju usług regulacyjnych, w tym systemowych (Kubek i in. 2016). Przykładowo, interesującym wydaje się możliwość wykorzystania, w kontekście planowanego rozwoju e-mobilności, baterii samochodów elektrycznych. Tego typu rozwiązanie mogłoby znacząco zwiększyć możliwości magazynowania energii elektrycznej na potrzeby KSE.

## Literatura

- Chmura obliczeniowa. Główny Urząd Statystyczny. [Online] [Dostęp: 30.09.2016].
- E.ON zaproponuje prosumentom wirtualny magazyn energii SolarCloud. Red. Gramwzielone.pl, 03.03.2017. [Online] Dostępne w: <http://gramwzielone.pl> [Dostęp: 05.07.2017].
- Internet jest chmurą*. „Chip” 03/2009, s. 38. Warszawa: Burda Communications sp. z o.o. ISSN 1230-817X.
- Jianhui Meng Xinchun i Shi Yi Wang Chao Fu. 2014. A virtual synchronous generator control strategy for distributed generation. *China International Conference on Electricity Distribution (CICED 2014)* Shenzhen, 23–26 Sep. 2014, s. 495–498.
- Koncepcja funkcjonowania klastrów energii w Polsce*. Opracowanie na zlecenie Skarbu Państwa – Ministra Energii. Wykonało Konsorcjum w składzie Krajowa Agencja Poszanowania Energii S.A. i inni. Warszawa 2017.
- Kubek i in. 2016 – Kubek, P., Rzepka, P., Szablicki, M. i Wasilewski, A. 2016. Zasobniki energii elektrycznej – innowacyjny sposób stabilizacji częstotliwości systemu elektroenergetycznego. *Automatyka – Elektryka – Zakłócenia* t. 7, nr 3(25), s. 6–21.

- Mateos, A. i Rosenberg, J. 2017. *Chmura obliczeniowa rozwiązania dla biznesu*. Wyd. HELION.
- Novosel, D. 2014. The grid of the future how PES can help meet its demands. *IEEE Power & Energy Magazine*.
- Operator Informacji Pomiarowej w pytaniach i odpowiedziach. SGP Smart-Grids.pl, 28.08.2015. [Online] Dostępne w: [www.smart-grid.pl](http://www.smart-grid.pl) [Dostęp: 05.07.2017].
- Opracowanie URE: *Koncepcja dotycząca modelu rynku opomiarowania w Polsce, ze szczególnym uwzględnieniem wymagań wobec Operatora Informacji Pomiarowej*. Warszawa, 9 maja 2012.
- Plan rozwoju elektromobilności w Polsce. Opracowanie opublikowane przez Ministerstwo Energii, wrzesień 2016. [Online] Dostępne w: [www.bip.me.gov.pl](http://www.bip.me.gov.pl) [Dostęp: 17.07.2017].
- Rideout i in. 2014 – Rideout, B., Sahin, T. i Shereck, D. 2014. Implementation of a Virtual Power Plant: The Integrated Load Management System. *2nd International Conference on Systems and Informatics (ICSAI 2014)*, s. 192–196.
- Rzepka i in. 2017 – Rzepka, P., Sołtysik, M. i Szablicki, M. 2017. Klastery energii – idea wdrażania w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym. *Materiały XX Seminarium ENERGETYKI „Automatyka w elektroenergetyce”*, Krynica Zdrój, kwiecień 2017, s. 7.1–7.8.
- The Impact of the Energy Could on the Power Sector. NUENERGEN. [Online] Dostępne w: <https://www.nuenergen.com> [Dostęp: 05.07.2017].
- Unger, D. i Myrzik, J. 2013. Agent Based Management of Energy Storage Devices within a Virtual Energy Storage. Energytech, 2013 IEEE, 21–23 May 2013 Cleveland, OH, USA.
- Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. z 2015, poz. 478, 2365, z 2016, poz. 925, 1579).