

Nowoczesne narzędzia bilansujące energię elektryczną w systemie – bezpośrednio magazyny energii i elektrownie wirtualne

Modern tools for balancing electrical energy in a network system – battery storages and virtual power plants

Pierwsze praktyczne zastosowania

Problem bilansowania mocy i energii elektrycznej w sieciach elektroenergetycznych jest kluczowy z punktu widzenia utrzymania odpowiedniej jakości i niezawodności zasilania. Elementy składające się na przyszłą strukturę nowoczesnej, zrównoważonej i inteligentnej energetyki z jednej strony utrudniają wspomniane zadanie (niespokojne źródła odnawialne, dynamiczne zmiany poboru), z drugiej zaś dostarczają nowych technologii i mechanizmów rozwiązań, przyczyniających się do stabilizacji zapotrzebowania i wykorzystania zasobów energetycznych. Proces bilansowania energii elektrycznej byłby ułatwiony dzięki elementom działającym buforująco i magazynująco na dostępną energię. Elementem ułatwiającym zadanie byłaby też możliwość agregacji małych, choć licznych jednostek, w jedną strukturę o znanym profilu, z punktu widzenia podmiotu odpowiedzialnego za bilansowanie systemu. Takim celom służyć mogą przede wszystkim układy magazynów energii oraz struktury wirtualnych elektrowni. W artykule zaprezentowano wybrane aspekty związane z praktycznym wdrożeniem tych elementów pokazując, że rozwiązania tego typu przechodzą obecnie już do etapu zastosowań komercyjnych. Należy więc uwzględniać takie struktury w planach rozwoju krajowego sektora energetycznego.

Elektroenergetyczne sieci inteligentne (Smart Grid, SG) opierają się na postulatcie istnienia dwustronnej komunikacji między uczestnikami rynku energii. To wszystko w celu uelastyczenia procesu dostarczania energii oraz zoptymalizowania możliwości sterowania. Główne cele tworzenia struktur sieci i systemów elektroenergetycznych, mianowicie obniżenie szczytu wytwórczego i łącznych rezerw mocy oraz ekonomiczny rozdział obciążeń, praktycznie nie zmieniły się od czasów przełomu XIX i XX w. Współcześnie wynikają one jednak z nowych przesłanek, a inne są też techniczne metody realizacji. Głównym dążeniem jest inteligentna integracja wszystkich uczestników procesu wy-

tworzania, przesyłu, dystrybucji i użytkowania, tak aby energia elektryczna była użytkowana w sposób bezpieczny, ekonomiczny, z odpowiednią jakością i z uwzględnieniem wymogów ochrony środowiska. Za cel uogólniony SG można uznać poprawę efektywności energetycznej, ekonomicznej oraz zrównoważonego rozwoju [1].

Do głównych cech, charakteryzujących współczesny system elektroenergetyczny (SEE), można zaliczyć:

- brak technicznych możliwości magazynowania energii w dużej skali, przez co popyt i podaż muszą być utrzymywane w równowadze w czasie bieżącym;
- warunki sieci mogą zmieniać się dynamicznie i znacząco w horyzoncie dziennym, godzinowym, a nawet kilkusekundowym, tak samo poziom popytu może się zmienić dość szybko i niespodziewanie, powodując niedopasowania podaży i popytu, które mogą stanowić zagrożenie dla integralności sieci na bardzo dużych obszarach;
- system elektroenergetyczny jest wysoce kapitałochłonny, inwestycje w jednostki wytwórcze oraz sieci przesyłowe mają długie terminy realizacji i potrzebują dużych nakładów pieniężnych.

Nowoczesna, inteligentna energetyka powinna stworzyć środki i warunki likwidujące ograniczenia wynikające z przytoczonych cech SEE. Ponadto, jednym z zadań stawianych energetyce opartej na strukturach SG jest zwiększenie udziału generacji ze źródeł odnawialnych, które w większości stanowią jednostki o charakterze rozproszonym [2-4]. Wykorzystywanie takich jednostek wiąże się z kolejnymi problemami dla SEE, wynikającymi m.in. z niestabilności produkcji oraz braku korelacji tej generacji ze strukturą czasową poboru. Istnieje więc potrzeba funkcji stabilizującej i buforującej generowaną energię, zgodnie z potrzebami i charakterem odbiorów. Temu wyzwaniu może sprostać rozwój technologii magazynowania energii. Z punktu widzenia problemu stabilizacji rozproszonej podaży z rozproszonym zapotrzebowaniem,

pomocnym środkiem może być odpowiednia agregacja poszczególnych mniejszych, aczkolwiek licznych z punktu widzenia SEE, niestabilnych elementów, co realizowane może być z wykorzystaniem koncepcji tzw. wirtualnych elektrowni.

Inwestycje i rozwiązania z tego zakresu są już obecnie wdrażane w praktyce i realizowane na zasadach komercyjnych.

Układy magazynowania energii

Obecnie, to elektrownie szczytowo-pompowe są najpopularniejszą na świecie technologią magazynowania energii na większą skalę (140 GW na całym świecie). Poza nimi, inne światowe układy magazynowania gromadzą zaledwie 0,7% mocy (976 MW) [5]. Technologia ta w XXI wieku wydaje się technicznie prymitywna. Kolejną powszechną technologią magazynowania są układy sprężonego powietrza CAES (440 MW). Na kolejnych miejscach znalazły się technologie oparte na zjawiskach elektrochemicznych (ogniwa i baterie). Z uwagi na efektywność przemian energetycznych, najbardziej interesującymi wydają się być techniki magazynowania bezpośredniego energii elektrycznej, tzn. bez konieczności przemian tej energii na inne formy. Energię elektryczną można mianowicie magazynować w polu elektromagnetycznym, istnieją już konstrukcje wykorzystujące do tego celu pole elektryczne (superkondensatory) oraz magnetyczne (cewki nadprzewodzące). Oba rozwiązania wchodzą obecnie do zastosowań komercyjnych.

Superkondensatory

Superkondensator jest w istocie hybrydą klasycznego kondensatora i baterii, w skład jego budowy wchodzi bowiem elektrolit. Zachodzące w tym układzie ewentualne reakcje chemiczne pełnią raczej funkcje pomocnicze, realizacja głównej funkcji wynika ze zjawisk elektrostatycznych.

Superkondensatory zapewniają wiele korzyści przy rozproszonej generacji energii, a także jako uzupełnienie przy tradycyjnych źródłach. Są one także pomocne przy współpracy z bateriami, zapewniając przedłużenie czasu ich życia oraz zapewnienie szybkiej reakcji. Kolejnymi zaletami są niezawodność

i ogromna liczba cykli ładowania i rozładowywania. W celu zapewnienia wyższych napięć pojedyncze jednostki można łączyć w moduły. Superkondensatory są w stanie pochłaniać i przechowywać odzyskaną z różnych procesów energię elektryczną, a następnie ją uwalniać, gdy wystąpi nagłe zapotrzebowanie na dużą moc. Superkondensatory mogą więc być wykorzystywane m.in. w układach napędowych dźwigów (naprzemienne czynności wciągania lub podnoszenia) [6] oraz w procesach hamowania rekuperacyjnego [7].

Superkondensatory powinny znaleźć powszechne zastosowanie w pojazdach elektrycznych. Jednym z przykładów innowacyjnej instalacji jest System Stabilizacji Napięcia (SSN) [8]. Każdorazowy start silnika wymaga dużych natężeń prądu, co jest obciążeniem dla podstawowego źródła mocy (baterii) i efektem są wyraźne spadki napięcia. W momencie startu naładowane kondensatory zostają połączone szeregowo z baterią, co pozwala uzyskać wyższe napięcia. Wysokie gęstości mocy kondensatorów pozwalają odciążyć baterię w kluczowych momentach, a co za tym idzie wydłużyć czas jej pracy. SSN składa się z dwóch ogniw połączonych szeregowo o pojemności 1200 F każde. SSN sprawdza się znakomicie w ruchu miejskim. Dostępne są superkondensatory pracujące stabilnie w szerokim zakresie temperatur od -40 do 65°C, co pozwala wykorzystywać je w skrajnie różnych warunkach.

Przykładem zastosowań superkondensatorów w inwestycji wykonanej w Polsce jest druga linia warszawskiego metra. Uroczomiono tam trakcyjny układ magazynujący energię elektryczną o nazwie *ENVILINE Energy Storage System* – ESS [9], wykorzystujący superkondensatory dwuwarstwowe. Kombinacja składająca się z 10 modułów superkondensatorów o parametrach 3,3 MW oraz 40 MJ akumuluje energię pociągów, wytworzoną w procesie hamowania [10]. Modułowa budowa pozwala na dopasowanie wielkości i mocy układu do indywidualnych potrzeb. ESS potrafi zaoszczędzić 3 MWh energii elektrycznej dziennie [10]. Sprawność procesu według producenta to 92-95% [11].

Większe jednostki superkondensatorów mogą znaleźć zastosowanie w energetyce zawodowej. Krótkotrwałe zmiany generacji i zapotrzebowania na moc powodują zapady napięcia oraz wahania częstotliwości, zwłaszcza w sieciach charakteryzujących się dużą liczbą niestabilnych źródeł i odbiorników niespokojnych. Superkondensatory są w stanie stabilizować moc wyjściową poprzez

Tabela 1

Wybrane inwestycje – superkondensatory

Nazwa projektu/miejsce	Moc znamionowa, kW	Czas działania przy mocy znamionowej [godz:min:s]	Przeznaczenie główne	Faza projektu
LIRR Malverne WESS: Maxwell Technologies	1000	00:01.00	odzysk energii zwiększający efektywność energetyczną i zmniejsza konsumpcję paliwa	działający
Endesa STORE: La Palma Project	4 000	00:00.05	regulacja częstotliwości i stabilizacja napięcia systemu	działający
UC San Diego CPV Firming	28	00:05.00	łagodzenie wahań produkcji energii z paneli fotowoltaicznych	w trakcie budowy
Tallaght Smart Grid Testbed: Ultracapacitors	300	-	współpraca baterii z superkondensatorami dla stabilizacji pracy źródeł odnawialnych	działający
Incheon Transit Corporation: Incheon Line 1 – Technopark Station	2 300	00:00:33	magazynowanie energii w systemie transportu	działający
Seoul Metro Line 2 – Seocho Station	2 300	00:00:33	magazynowanie energii w systemie transportu	działający
Seoul Metro Line 4 – Ssangmun Station	2 300	00:00:33	magazynowanie energii w systemie transportu	działający

Opracowano na podstawie: 2016, Sandia and Strategen, <http://www.energystorageexchange.org/> oraz Puget Sound Energy: Electric Energy Storage (Appendix L), https://pse.com/aboutpse/EnergySupply/Documents/IRP_2015_AppL.pdf

uwalnianie jej przy braku generacji ze źródeł odnawialnych. Ładowanie superkondensatorów można uzależnić od częstotliwości. Gdy częstotliwość rośnie, następuje ładowanie, a przy spadku częstotliwości ich rozładowywanie. Instalacja superkondensatorów blisko odbiorów niespokojnych ograniczy wahania napięć. Rozwiązania oparte na takich jednostkach ograniczą wahania na krzywej zapotrzebowania na moc elektryczną. W połączeniu z bateriami, superkondensatory przejmą funkcje związane z szybkim reagowaniem, a pojemność baterii może służyć do gromadzenia energii na dłuższy okres.

W tabeli 1 podano informacje o przykładowych, większych inwestycjach z zakresu magazynowania energii, opartych na superkondensatorach.

Cewki nadprzewodzące

Kompletny system nadprzewodzącego magazynowania energii w cewkach składa się z trzech głównych podsystemów:

- nadprzewodzącego uzwojenia i struktury pomocniczej,
- systemu przekształcającego AC/DC i DC/AC, który pozwala na współpracę z SEE,
- systemu chłodzenia utrzymującego temperaturę, w której osiąga się zjawisko nadprzewodnictwa.

Urządzenia magazynujące energię w ilości 1-10 MJ, oparte na wspomnianym zjawisku, były testowane już w latach 90-tych XX wieku w siłach powietrznych Stanów Zjednoczonych, w tym cztery jednostki 3 MJ/1 MW [12]. Obecnie trwają testy nad coraz nowszymi technologiami, które pracują stabilnie w wyższych temperaturach i sprawniej magazynują oraz konwertują energię.

Około 2010 roku rozpoczął się projekt Superconducting Magnet Energy Storage System with Direct Power Electronics Interface wspierany przez amerykańską agencję promującą zaawansowane rozwiązania energetyczne ARPA-E [13]. Zaangażowane w przedsięwzięcie zostały: *SuperPower Inc.*, *ABB Inc.*, *Brookhaven National Laboratory (BNL)* i *Texas Center for Superconductivity na University of Houston (TcSUH)*. Parametry znamionowe opracowywanego urządzenia to prąd obciążający 700 A, uzyskiwana indukcja magnetyczna 25 T oraz ilość energii 1,7 MJ przy temperaturze 4 K. Ważną częścią projektu były testy przy parametrach odbiegających od znamionowych. Udało się uzyskać największe pole magnetyczne w temperaturze większej niż 10 K. Parametry osiągnięte to: 350 A, 12,5 T przy temperaturze 27 K [14].

BNL odpowiadało w projekcie za stworzenie cewki, a *SuperPower Inc.* za materiał wysokotemperaturowy oraz asystowało laboratorium przy tworzeniu uzwojenia. *TcSUH* miało za zadanie usprawnić wytwarzanie w celu redukcji kosztów materiałów [13]. Zadeemonstrowano także długoterminowe magazynowanie energii (dłuższe niż 13 godzin) w temperaturze 77 K. Sprawność magazynowania energii wyniosła ponad 99% [14].

W kolejne projekty zaangażowana jest firma *Nexans Superconductors GmbH*, która zajmuje się produkcją wysokotemperaturowego materiału BSCCO, znanego jako 2212. Firma skupia się na systemach ograniczających prądy zwarci dużych wartości za pomocą nadprzewodników (Superconducting Fault Current Limiting (SFCL) systems) [15]. Instalacje tego rodzaju wykorzystuje się już w elektrowniach oraz w sieciach dystrybucyjnych.

W tabelach 2 i 3 przedstawiono informacje o inwestycjach z zakresu magazynowania energii, opartych na nadprzewodzących cewkach.

Tabela 2

Wybrane instalacje cewek nadprzewodzących do roku 2000

Miejsce	Moc znamionowa	Pojemność	Rok uruchomienia
USA	500 kW	1 MJ	1990
USA	1 MW	3 MJ	1993
USA	1,4 MW	4 MJ	1992
USA	1,7 MW	5 MJ	1997
USA	2,5 MW	6 MJ	2000
Niemcy	1 MW	250 kJ	2000
Włochy	1 MW	4MJ	2000
Japonia	1 MW	3,6 MJ	2000
Japonia	40 MW	480 MJ	2000

Źródło: http://www.cire.pl/pliki/2/regulacja_mocy.pdf

Tabela 3

Wybrane instalacje cewek nadprzewodzących po roku 2000

Miejsce	Moc znamionowa	Pojemność	Rok uruchomienia	Typ chłodzenia
Japonia	1 MW	1 MJ	2005	zamknięty obieg chłodzenia helem
Japonia	5 MW	7,3 MJ	2006	wanna helowa
Japonia	1 MW	1 MJ	2009	przewodzenie w 4K
Korea	0,75 MW	3 MJ	2006	wanna helowa
Finlandia	200 MW	0,2 MJ	2003	przewodzenie w 10K
Chiny	0,5 MW	1 MJ	2008	hel 4,2K

Źródło: T.A. Coombs, High-temperature superconducting magnetic energy storage (SMES) for power grid application, 2015, [dostęp: 24.02.2016], <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0008622310004537>>

Urządzenia magazynujące energię dzięki zjawisku nadprzewodnictwa dysponują wyższą mocą niż superkondensatory, jednak są one znacznie droższe i mniej zbadane. W przeciwieństwie do baterii zjawisko nie polega na reakcjach chemicznych, nie powstają toksyny. Cewki nadprzewodzące zostały stworzone w celu zagwarantowania ciągłości dostaw mocy dla wrażliwych odbiorców, zwłaszcza tam, gdzie wymagana jest duża szybkość reakcji. Ilość przechowywanej energii nie musi być znaczna, gdyż znacznie ważniejszym parametrem jest moc układu. Wynika to zazwyczaj z krótkich awarii oraz charakteru wahań napięcia.

Układy z cewkami nadprzewodzącymi mogą regulować moc bierną oraz dostarczać energię czynną w trakcie spadków napięcia i krótkich przerw w zasilaniu. Dodatkowo bilansują różnicę między wytwarzaniem a poborem mocy ze źródeł odnawialnych do sieci przesyłowej lub dystrybucyjnej. Warto zwrócić uwagę, że zapewniają praktycznie nieskończoną liczbę cykli ładowanie/oddawanie oraz skuteczność odzysku energii w granicy sięgającej 100%.

Wirtualne elektrownie

Pod pojęciem wirtualnej elektrowni (VPP, Virtual Power Plant) należy rozumieć zagregowaną, za pomocą rozwiązań teleinformatycznych (tj. wirtualnie), strukturę obejmującą

sterowalne jednostki (wytwórcze, odbiorcze i zasobnikowe). Takie struktury mogą świadczyć usługi systemowe, wspomagając pracę SEE na poziomie całego systemu (tj. na rzecz operatora sieci przesyłowej, OSP) lub lokalnie (na rzecz operatora sieci dystrybucyjnej, OSD).

Efektom działalności elektrowni wirtualnej jest poprawa warunków bilansowania SEE, co może być realizowane na dwa sposoby, mianowicie poprzez zarządzanie podażą (dostarczenie energii generowanej w podlegających zarządzaniu małych, rozproszonych źródłach) lub popytem (zarządzanie poborem). Elektrownia wirtualna jako jeden podmiot więc, w sensie ilościowym, sprzedawać i dostarczać do SEE energię (moc) lub ograniczać zapotrzebowanie (tzw. sprzedaż negawatów).

W elektrowniach wirtualnych wykorzystywane są mechanizmy i programy DSR (Demand Side Response), kształtujące świadomość odbiorcy. Geneza tych programów tkwi w zróżnicowanych taryfach, które okazały się elementem niewystarczającym jako środek dyscyplinowania racjonalizacji poboru. Następnym krokiem było więc wdrożenie pomysłu premiowania finansowego za realizację usług w ramach DSR. Jedną z pierwszych firm działających na rynku DSR była, założona w Australii przez M. Zambitę, firma (obecnie przejęta przez amerykański *EnerNOC*), która obecnie realizuje komercyjnie ideę elektrowni wirtualnej.

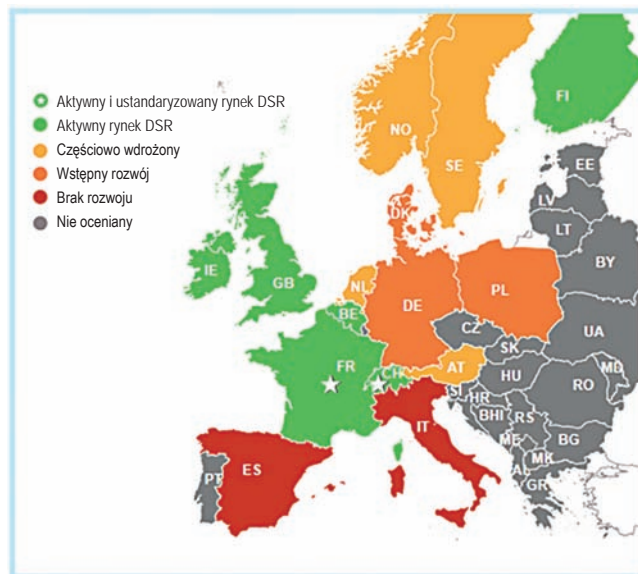
Rynek usług DSR

Programy DSR wykorzystują elementy zachęty odbiorcy (ze strony operatora sieci) do określonego gospodarowania zużyciem energii elektrycznej. Stopień rozwoju rynku DSR w Europie w 2015 roku pokazano na rysunku 1. Najlepiej rozwiniętymi pod tym względem krajami są: Wielka Brytania, Irlandia, Francja, Belgia, Szwajcaria i Finlandia.

Polska obecnie znajduje się jeszcze w fazie przygotowań. Realizowane w kraju programy DSR są na poziomie OSP. Odbłyły się też pierwsze przetargi, lecz głównie dotyczyły większych odbiorców, np. *PGE GiEK S.A.*, która zadeklarowała ograniczenie obciążenia o około 1 GW poprzez wyłączenie jednej maszyny na terenie kopalni odkrywkowej. Innym przykładem jest firma *Espirion*, która 27 marca 2015 r. otrzymała pierwsze wezwanie *PSE* do ograniczenia zapotrzebowania na moc czynną u swoich klientów w następstwie wygranej przetargu na usługę pt. „Praca Interwencyjna: Redukcja zapotrzebowania na polecenie OSP”. W 2015 r. w porównaniu z rokiem 2014 nastąpił wzrost w zakontraktowanych ilościach energii w programie DSR z 50 do 147 MW [16], jednakże jest to tylko na bazie przetargów na redukcję zapotrzebowania na polecenie OSP. Aktualny potencjał tej usługi jest szacowany na 201 MW w okresie zimowym (październik-marzec) i 185 MW w okresie letnim (kwiecień-wrzesień). 23 maja 2016 r. został przez *PSE* ogłoszony ósmy przetarg na redukcję w czterdziestu ośmiu pakietach i dwunastu zakresach mocy: 10-15 MW, 16-20 MW, 21-25 MW, 26-30 MW, 31-35 MW, 36-40 MW, 41-45, 46-50 MW, 51-55 MW, 56-60 MW, 61-65 MW, 66-70 MW. Czas redukcji może wynosić co najmniej 4 godziny lub co najmniej 8 godzin.

Według danych z 2014 r. (na podstawie wykresu obciążeń) [17] więcej niż 92% mocy maksymalnej w Polsce jest wykorzystane przez ok. 170 godzin w ciągu roku. Z tych 8% wynika zapotrzebowanie na DSR, gdyż sposoby na wypełnienie szczytowych poborów to wykorzystywanie szybkiego uruchamiania rezerwy

w elektrowniach systemowych lub uruchamianie magazynów energii, co wiąże się z bardzo dużymi nakładami inwestycyjnymi. Innym, tańszym podejściem jest redukcja zużycia.



Rys. 1. Rynek związany z DSR w krajach Europy na podstawie [16]

Rozwój rynku dla elektrowni wirtualnych

W najbliższym czasie usługi redukcji zapotrzebowania w ramach DSR będą proponowali odbiorcy średniej wielkości, czyli np. sklepy wielkopowierzchniowe, biurowce, kina, stadiony. Proces redukcji zapotrzebowania jest nazywany też generacją negawatów. Tu pojawia się nowa nisza biznesowa, mianowicie zapotrzebowanie na firmę, która będzie zarządzać oszczędnościami obiektów, monitorować zużycie energii elektrycznej i prowadzić bieżącą optymalizację. Taka firma, mając pewną pulę obiektów, może na wezwanie, w krótkim czasie zredukować pobór energii do zakładanego poziomu. Jest to zadanie właściwe dla elektrowni wirtualnej.

Elektrownia wirtualna to pośrednik między energetyką zawodową a końcowymi odbiorcami, który poprzez agregację podmiotów i posiadaną wiedzę oraz wykorzystując efekt skali, z jednej strony będzie odpowiednim partnerem dla operatorów sieci, a z drugiej – przynoszącym swoim klientom wymierne oszczędności.

Firma pełniąca wspomnianą funkcję, przejmując obiekt, instaluje czujniki parametrów wpływających na komfort użytkowników obiektu, a także analizatory sieci oraz własny system, który jest różny dla budynków z działającym systemem zarządzania energią (Building Management System, BMS) oraz tych, które takiego systemu nie posiadają. Centrum zarządzania to komputer wraz z układem połączeń (logiką) z instalacją i urządzeniami, do których wysyłane są sygnały sterowania. Zbierane są dane, które później przesyła się i agreguje w systemie centralnym. System centralny przetwarza trafiające do niego dane i dalej przesyła do BMS'u lub bezpośrednich sterowników centralnych informację dotyczącą sterowań. System wykonuje w trybie ciągłym obliczenia parametrów stanu budynku. Zbierane są dane kontekstowe, takie jak np. temperatura, zajętość pomieszczeń, stan i prognoza pogody. W systemie jest ustalony harmonogram sterowań, to znaczy, że najpierw nastę-

puje przesyłanie danych, później ich odczytanie, a na końcu zmiana sterowania. Takie czynności wykonywane są na okrągło w kilkuminutowych pętach. Jest to bardziej efektywne, gdyż na bieżąco można optymalizować pobory energii w danym obiekcie.

Korzyści wynikające z zaoszczędzenia zużycia energii elektrycznej są dla obu stron. Właściciele obiektów płacą mniej za pobory mocy, firma natomiast otrzymuje część zysków. W umowach są jasno określone zobowiązania stron i zasady rozliczania. Podpisywane są dwie umowy, ponieważ najpierw przeprowadzany jest okres pilotażowy w celu sprawdzenia możliwości obiektu. Kiedy oszczędności nie są generowane, firma wycofuje się z danego budynku. Klienci nie ponoszą żadnych kosztów instalacji systemu i całej potrzebnej aparatury.

Działalność wirtualnej elektrowni, podobnie jak każda inna, wiąże się z ryzykiem niemożności wywiązania się z umowy. Może to doprowadzić do konieczności awaryjnego pokrycia zapotrzebowania na energię w SEE przez inne instalacje, co wygeneruje dodatkowe koszty. Innymi zagrożeniami, już nie dla samego systemu, jest niezapewnienie wymaganych warunków komfortu użytkowników obiektu lub nieosiągnięcie zakładanych poziomów oszczędności. Niepożądanym efektem dla samej firmy może być złe oszacowanie potencjału oszczędzania, co wiąże się ze stratami finansowymi na założenie instalacji i brakiem dochodu.

Rozwój usług oferowanych przez wirtualne elektrownie dla budynków może być hamowany przez postawy samych administratorów. Powodowane to może być przekonaniem, że oferta wirtualnej elektrowni pokrywa się z obecnie już realizowanymi działaniami przez stosowane systemy BMS, ponadto część personelu technicznego obawia się, że w razie uzyskania znaczących oszczędności w ramach nowego systemu, ich dotychczasowa praca zostanie oceniona negatywnie.

Elektrownia wirtualna w Polsce

Obecnie nie ma w Polsce rynku DSR, dlatego firmy agregujące nie uczestniczą jako podmiot w bilansowaniu, choć przygotowują się do tego. Przykładem może być firma *Virtual Power Plant (VPP)*, która posiada już swoje instalacje w kilkudziesięciu obiektach, m.in. w sieciach kin, sieciach sklepów wielkopowierzchniowych i dyskontowych oraz zakładach przemysłowych. Jednak dopiero po uruchomieniu rynku będzie możliwe określenie dokładnego tzw. potencjału generacyjnego w negawatach.

Efektami usługi oferowanej przez taką firmę jest doprowadzenie do oszczędności w zużyciu energii elektrycznej, która według szacunków może sięgnąć, zależnie od obiektu, nawet 40%. Sterowaniu podlegają głównie: oświetlenie, systemy HVAC (Heating, Ventilation, Air Conditioning), czyli centrale wentylacyjne odpowiadające za wymianę powietrza w pomieszczeniach i ogrzewanie, które utrzymują odpowiedni komfort termiczny.

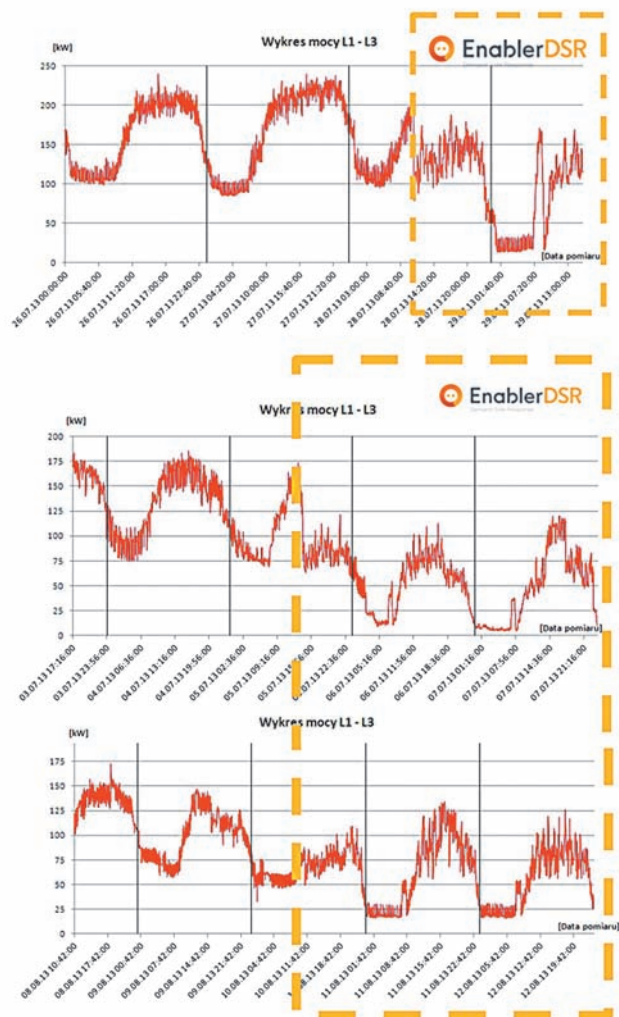
Przykładowo, dla przypadku sal kinowych, wspomniana firma dysponuje danymi o liczbie przebywających osób, ilości wymienianego powietrza, temperatury, parametrów niezbędnych dla utrzymania właściwego komfortu, zysków cieplnych od człowieka. Wprowadzony system podlegał uczeniu się i okazało się, że np. nie ma potrzeby nieustannej wentylacji sal. Wystarczyło załączenie central przed otwarciem kina. Dodatkowo cena energii we wczesnych godzinach jest niższa (taryfowana). Tak więc wprowadzony został w tym przypadku DSR interwencyjny, a także DSR ekonomiczny (przesuwanie zużycia na inne godziny, gdy jest na to wytłumaczenie techniczne i gdy jest to wykonalne).



Rys. 2. Działanie bramek wideo mierzących zajętość strefy. Źródło [17]

We wszystkich obiektach podlegających usłudze instaluje się aparaturę pomiarową, czyli np. czujniki temperatury, CO₂ czy wilgotności. Jest to standardowa telemetria, jaką wykonuje się nawet jeśli obiekt posiada BMS, ponieważ nie zawsze czujniki są montowane w odpowiednich miejscach. W obiektach z BMS pomiar jest najczęściej w kanałach wentylacyjnych, więc wiadomo, jaka jest średnia temperatura, ale nie jest znana w konkretnych miejscach, dlatego czujniki VPP umieszczane są tam, gdzie komfort termiczny jest wymagany. Uzyskuje się dzięki temu bardziej precyzyjne sterowanie. Ważne zagadnienie to także analiza budynku. Optymalizacja zachodzi już po krótkim czasie obserwacji, ale do pełnej optymalizacji potrzebny jest cały sezon. W tym celu system gromadzi odpowiednią ilość danych. Sprawdzana jest także zajętość budynku (ile osób wchodzi, ile wychodzi) i do tego celu wykorzystywane są bramki video (rys. 2).

Eksperyment wykonany przez VPP wykazał skuteczność rozwiązania. System był załączany naprzemiennie z własnym systemem obiektu. Zużycie w czasie pracy systemu VPP wyraźnie się obniżyło, tak że pobory dzienne były podobne do poborów nocnych, jakie występowały pod nadzorem systemu własnego obiektu (rys. 3).



Rys. 3. Wpływ zastosowania systemu VPP na zużywaną energię elektryczną – zużycie chwilowej mocy. Ramka z żółtymi krawędziami obejmuje czas działania systemu VPP. Źródło: [17]

Podsumowanie

Obecny rynek energii różni się od innych rynków towarowych brakiem możliwości efektywnego gromadzenia (magazynowania) przedmiotu obrotu. Poszukiwania odpowiedniej technologii magazynowania energii w horyzoncie długo- i krótkoterminowym przechodzą powoli do etapu zastosowań komercyjnych. Pojawiają się komunikaty i doniesienia prasowe na temat powiększającej się oferty magazynów energii do zastosowań domowych i przemysłowych. Odpowiednie wykorzystywanie magazynów jest w stanie zwiększyć wystarczalność systemu i znacząco zmniejszyć potrzebę inwestowania w źródła pracujące w szczyty. Do zaspokajania szybkich zmian w zapotrzebowaniu na energię z systemowego punktu widzenia predestynowane wydają się technologie magazynowania bezpośredniego (cewki nadprzewodzące i superkondensatory).

Innym podejściem do poprawy warunków bilansowania jest wykorzystywanie mechanizmów DSR, wymuszających przesuniecie konsumpcji z okresów o największym poborze energii elektrycznej. Oddziaływanie na popyt może działać też jako efektywny zasób bilansujący dla zmiennej generacji ze źródeł odnawialnych. DSR może obniżyć potrzebę na lokalne inwestycje sieciowe, ponieważ przesunie zużycie ze szczytu zapotrzebowania w rejonach z małą przepustowością sieci na inne okresy. W ramach tego mechanizmu może działać pośrednik między energetyką zawodową a końcowymi odbiorcami, mianowicie tzw. wirtualna elektrownia. Jest to bardzo mocne narzędzie, ponieważ sterując zużywaną przez obiekty energią elektryczną wpływa na bilansowanie SEE – wygładzając dobową krzywą zapotrzebowania („ściananie szczytów” i „wypełnianie dolin”). Pośrednio może to poprawić niezawodność dostarczania energii, poprzez zmniejszenie prawdopodobieństwa blackoutu. Zalety pojawiają się także dla spółek obrotu, które kupują energię od wytwórców. Gdy pobór wzrośnie, muszą różnice dokupywać poprzez giełdę (zazwyczaj po wyższych cenach). Przy użyciu DSR pobór maleje, więc spółka oszczędza.

Poprawa stabilności z punktu widzenia bilansowania systemu elektroenergetycznego obniża potrzebę na węglową i gazową rezerwę wirującą. Zatem, w najbliższej przyszłości, należy wdrożyć w kraju rozwiązania prawne i techniczne, stymulujące działalność elektrowni wirtualnych oraz układów magazynowania energii. Pierwsze udane wdrożenia tych kluczowych elementów Smart Grid na świecie już nastąpiły.

PIŚMIENICTWO

- [1] Bielecki S.: „Prosument – nowa struktura instalacji elektroenergetycznych” *Elektro.Info* 2014, nr 10(128), s. 48-53.
- [2] Skoczkowski T., Bielecki S., Baran Ł.: „Odnawialne źródła energii – problemy i perspektywy rozwoju w Polsce”, *Przegląd Elektrotechniczny* 2016, nr 3, s. 190-195.
- [3] Skoczkowski T., Bielecki S.: „Problemy rozwoju rozproszonych zasobów energetycznych. „*Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal* 2016, t. 19, z. 2, s.65-80.
- [4] Skoczkowski T., Bielecki S., Rafał K.: „Rozwój zasobów rozproszonych energii – desygnat pojęcia i problematyka krajowa”, *Przegląd Elektrotechniczny* 2016, nr 6, s.190-195.

- [5] International Energy Agency *Technology Roadmap. Energy Storage*, 2014.
- [6] <http://www.maxwell.com/solutions/transportation/forklifts-cranes>
- [7] <http://www.maxwell.com/solutions/transportation/auto/regenerative-braking-energy-recovery>
- [8] http://www.maxwell.com/images/documents/whitepaper_using_ultracapacitors_for_voltage_stablization.pdf
- [9] <http://www.odnawialnezrodlaenergii.pl/pojazdy-elektryczne-aktualnosci/item/2589-system-odzyskiwania-energii-abb-dla-metra-w-warszawie>
- [10] Kordas M.: *ENVILINE EMS Energy Management System for Braking Train Energy Recovery*, [dostęp: 17.04.2016], <www.ktenet.hu/download.php?edid=763>
- [11] <https://library.e.abb.com/public/530732baf3dcfe-42c1257e150048002b/ENVILINE%20ESS%20EN.pdf>

- [12] http://www.cired.net/publications/cired2001/4_26.pdf
- [13] <http://www.superpower-inc.com/content/superconducting-magnetic-energy-storage-smes>
- [14] Ramanan V.R.: "Superconducting Magnet Energy Storage System with Direct Power Electronics Interface", <http://www.sandia.gov/ess/docs/pr_conferences/2014/Thursday/PosterSession8/06_Ramanan_V_Superconducting_Magnet_poster.pdf>
- [15] http://www.nexans.de/eservice/Germany_en/navigate_265032/Nexans_SuperConductors_GmbH.html
- [16] Smart Energy Demand Coalition (SEDC) – „Mapping Demand Response in Europe Today 2015”
- [17] Materiały *Virtual Power Plant Sp. z o.o.*



| 1981 | 35 LAT JM-TRONIK | 2016 |

Zapraszamy na ENERGETAB 2016
13 -15 września, hala A, stoisko 22

ODDDZIAŁ CENTRUM
04-691 Warszawa, ul. Wapienna 43/45, tel. (22) 516 66 66, fax (22) 516 66 02, e-mail: marketing@jmtronik.pl

ODDDZIAŁ POŁUDNIE
40-241 Katowice, ul. Hutnicza 6, tel. (22) 516 66 92, fax (32) 781 00 30, e-mail: poludnie@jmtronik.pl

JM-TRONIK
www.jmtronik.pl