

# Standardy w rozwoju systemów zarządzania energią w budynkach

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono najważniejsze, opracowane w ostatnich latach, standardy związane z wprowadzaniem systemów zarządzania energią do budynków. Podano ogólną charakterystykę standardu ISO/IEC 15045 Home Gate Residential Gateway, standardu ISO/IEC 15067-3 Model of an Energy Management System for HES, a także standardu ANSI/CEA-2045 Modular Communications Interface for Energy Management.

**Abstract.** The article presents the most important standards developed in recent years and applied in building energy management systems. A brief characteristics of them and evaluation of solutions in terms of their impact on the development of energy management systems are carried out. The standard ISO / IEC 15045 Home Gate Residential Gateway, the standard ISO / IEC 15067-3 Model of an Energy Management System for HES, the standard ANSI/CEA-2045 Modular Communications Interface for Energy Management is presented. (**Standards in the development of Building Energy Management Systems**).

**Słowa kluczowe:** brama domowa, system zarządzania energią, odpowiedź strony popytowej

**Keywords:** Residential Gateway, Energy Management System, Demand Response.

doi:10.12915/pe.2014.11.12

## Wprowadzenie

W ostatnich latach rozwijane są intensywnie inteligentne systemy elektroenergetyczne nazywane Smart Grid, integrujące działania wszystkich użytkowników w procesie wytwarzania, przesyłania, dystrybucji i użytkowania energii elektrycznej. Systemy te cechuje wykorzystanie technologii informatycznych i komunikacyjnych pod kątem dostarczania energii elektrycznej w sposób bezpieczny, niezawodny i ekonomiczny z uwzględnieniem wymogów ochrony środowiska [1].

Sieci elektroenergetyczne budowane według koncepcji Smart Grid powinny spełniać wiele kryteriów. Powinny być elastyczne, czyli zdolne do zaspokajania zmieniających się w czasie potrzeb klientów. Ważne jest też zapewnienie możliwości dostępu do sieci wszystkim jego użytkownikom, szczególnie tym, którzy wykorzystują odnawialne źródła energii i wysoko sprawne lokalne źródła z niską emisją zanieczyszczeń. Istotne jest także zapewnienie odpowiedniego bezpieczeństwa i jakości zasilania. Ponadto sieci Smart Grid powinny być odporne na różnego rodzaju zagrożenia i zakłócenia, a także umożliwiać innowacje, efektywne w zarządzaniu energią i stwarzać warunki do konkurencji [1].

Dla spełnienia przedstawionych kryteriów niezbędne jest ustanowienie norm technicznych i opracowanie protokołów, które zapewniają otwarty dostęp do sieci i umożliwiają stosowanie w niej urządzeń różnych producentów. Istotny jest także rozwój systemów informacyjnych, obliczeniowych i telekomunikacyjnych, które umożliwiają wykorzystanie innowacji w usługach w celu poprawienia jakości i efektywności zarządzania energią [2, 3].

Wśród wielu kierunków intensywnego rozwoju sieci Smart Grid wyraźnie zaznaczyła się w ostatnich latach tendencja do wykorzystywania tych sieci w budynkach i gospodarstwach domowych w celu uzyskania efektywnego zarządzania energią elektryczną. Wymaga to spełnienia szeregu warunków. Budynki muszą być wyposażone w bramy służące do integracji urządzeń w ich obrębie, wchodzących w skład systemów automatyki, systemów inteligentnego budynku, sieci domowych HAN (ang. *Home Area Network*) i innych. Bramy powinny także umożliwiać podłączenie budynku do sieci rozległej WAN (ang. *Wide Area Network*). Konieczne jest także zastosowanie oprogramowania dla celów lokalnego zarządzania energią, a ponadto wykorzystywanie w urządzeniach domowych jednolitego interfejsu ukierunkowanego na realizację funkcji związanych z tego rodzaju zarządzaniem.

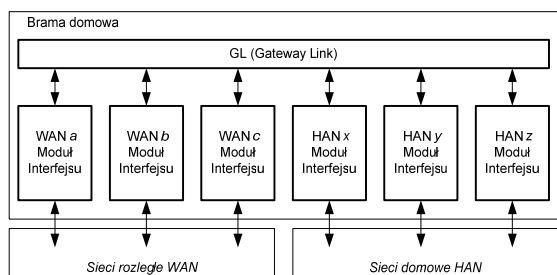
W ostatnich latach powstało szereg międzynarodowych standardów związanych z wprowadzaniem technologii Smart Grid do budynków i gospodarstw domowych. Zdaniem autora do najistotniejszych z nich należą: standard ISO/IEC 15045 *Home Gate Residential Gateway* [4], który opisuje strukturę oraz sposób funkcjonowania bramy domowej, standard ISO/IEC 15067-3 *Model of an Energy Management System for HES* [5], który określa modele mogące mieć zastosowanie przy zarządzaniu zużyciem energii elektrycznej w budynkach, a także standard ANSI/CEA-2045 *Modular Communications Interface for Energy Management* [6], który definiuje prosty interfejs do użycia w urządzeniach domowych, przeznaczony do realizacji funkcji związanych z zarządzaniem energią elektryczną.

W artykule przedstawiono podstawowe informacje dotyczące w/w standardów oraz poddano je ocenie pod kątem wpływu na rozwój systemów zarządzania energią w budynkach.

## Brama domowa

Z uwagi na konieczność zapewnienia współpracy pomiędzy systemami wewnętrznymi i zewnętrznymi budynku, istotne jest zestandaryzowanie funkcji bramy domowej. Standard ISO/IEC 15045 *Home Gate Residential Gateway* opisuje strukturę oraz protokoły obsługiwane przez bramę domową RG (ang. *Residential Gateway*). Standard składa się z dwóch części – ISO/IEC 15045-1 Part 1: *A residential gateway model for HES* oraz ISO/IEC 15045-2 Part 2: *Modularity and protocol*. Część pierwsza charakteryzuje podstawową strukturę bramy domowej, opisuje wymagania funkcjonalne oraz wymagania odnośnie bezpieczeństwa i zachowania prywatności. Część druga opisuje bramę domową w postaci modularnej i protokół zapewniający współpracę poszczególnych modułów.

Brama domowa wg powyższego standardu ma przede wszystkim integrować różnego rodzaju systemy wykorzystywane w budynkach i gospodarstwach domowych, do których mogą być podłączone urządzenia ważne z punktu widzenia wprowadzenia funkcjonalności związanych z zarządzaniem energią. Brama powinna także umożliwiać komunikację przy użyciu różnego rodzaju sieci rozległych WAN z systemami nadrzędnymi, operatorami sieci lub dostawcami usług związanymi z funkcjonowaniem sieci Smart Grid. Schemat blokowy bramy domowej RG przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat blokowy bramy domowej

Brama domowa w swojej strukturze zawiera moduły interfejsu sprzęgającego sieci domowe HAN, wykorzystywane w danym budynku, z sieciami rozległymi WAN. Moduł GL (ang. *Gateway Link*) zapewnia wymianę danych pomiędzy poszczególnymi modułami interfejsu w urządzeniu.

### Zarządzanie dostawami energii elektrycznej

Na przestrzeni ostatnich lat zostały opracowane różne metody zarządzania siecią dostaw energii elektrycznej, których głównym celem jest dopasowanie możliwości dostaw do zapotrzebowania klientów. Potrzeba opracowania takich metod wynika z wielu czynników technicznych, społecznych i ekonomicznych, wśród których można wymienić [5]:

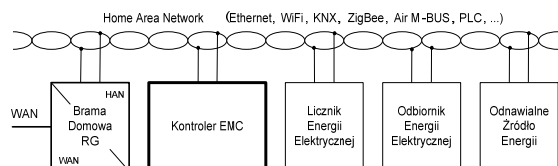
- ograniczone możliwości dostaw energii energetycznej,
- sprzeciw społeczny przeciwko budowie dużych zakładów wytwarzających energię elektryczną oraz przeciwko lokalizacji nowych linii przesyłowych,
- obawy społeczne dotyczące zanieczyszczenia środowiska, w tym emisji gazów cieplarnianych,
- przewidywania odnośnie zapotrzebowania na energię elektryczną oraz jej dostępność do ładowania pojazdów elektrycznych,
- wprowadzenie rozproszonych źródeł energii, takich jak turbiny wiatrowe i panele fotowoltaiczne,
- zmienny i nieprzewidywalny charakter rozproszonego wytwarzania energii (upływ czasu, pogoda),
- rozwój baterii i innych zaawansowanych technologii magazynowania energii elektrycznej,
- wprowadzenie alternatywnych metod ustalania cen energii elektrycznej i taryf, które zachęcają do oszczędności.

Dla celów wprowadzania do budynków systemów zarządzania energią niezwykle ważnym wydaje się standard ISO/IEC 15067-3 *Model of an Energy Management System for HES*, ponieważ jego stopniowe stosowanie powinno skutkować modyfikacją rozwiązań stosowanych w obrębie sieci domowych HAN, a także wprowadzeniem nowych rozwiązań. Dokument definiuje standard ogólnego systemu zarządzania energią i opisuje usługi łączności potrzebne do zrealizowania przedstawionych funkcjonalności. Przedstawione modele systemów zarządzania energią zostały sformułowane w sposób ogólny, głównie w celu umożliwienia współpracy urządzeń różnych producentów [5]. Modele przedstawione w tej normie skupiają się przede wszystkim na metodzie znanej jako odpowiedź strony popytowej DR (ang. *Demand Response*) [7]. W normie tej są określone trzy rodzaje reakcji na popyt: sterowanie bezpośrednie, sterowanie lokalne, sterowanie rozproszone.

W celu realizacji bezpośredniego sterowania obciążeniem, dostawca energii elektrycznej zdalnie przesyła informacje sterujące działaniem wybranych urządzeń, takich jak klimatyzatory i grzejniki wody. Bezpośrednia kontrola obciążenia wymaga wcześniejszych

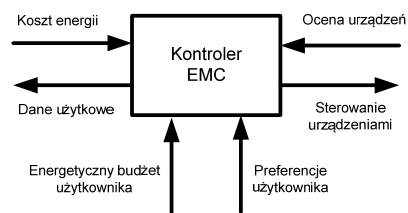
uzgodnień z klientami i ich zgody na instalację wymaganego sprzętu. W sterowaniu lokalnym klienci są powiadamiani o stawkach cenowych w taryfie wielostrefowej TOU (ang. *Time-of-Use Pricing*) [7] i oczekuje się od nich, że dostosują (zaplanują) odpowiednio zużycie energii elektrycznej. Związane są z tym dwa ważne zagadnienia. Po pierwsze, dane dotyczące cen muszą być dostarczone do klienta w odpowiednim czasie. Po drugie, klient musi zinterpretować dane i wykonać odpowiednia działania na urządzeniach. Ponieważ większość klientów nie rozumie pojęć związanych z pomiarami energii elektrycznej, nie mogą oni korzystać z tych danych w pełnym zakresie. W tym aspekcie systemy zarządzania energią mogą działać na korzyść konsumenta przez odciążenie go od potrzeby zarządzania energią i realizację sterowania rozproszonego.

Dedykowane narzędzia mogą lepiej dopasować podaż energii elektrycznej do zapotrzebowania klientów, na bieżąco zmieniając cenę energii elektrycznej wg taryf czasu rzeczywistego RTP (ang. *Real-Time Pricing*). Wykorzystanie tych taryf znajduje zastosowanie w sterowaniu rozproszonym, które jest realizowane za pomocą metody „cena do urządzenia” lub za pomocą dedykowanego urządzenia do zarządzania energią elektryczną (rys. 2).



Rys. 2. Schemat blokowy systemu zarządzania energią w budynku

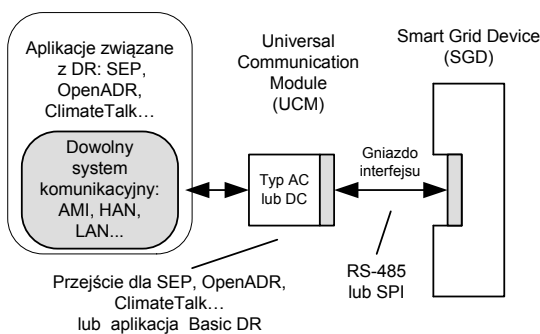
Bieżące dane o cenach są przesyłane bezpośrednio do inteligentnych urządzeń, które na tej podstawie mogą zmieniać swój tryb pracy (np. zmniejszyć poziom poboru mocy). Zastosowanie dedykowanego kontrolera EMC (ang. *Energy Management Controller*) podnosi funkcjonalność rozproszonej kontroli obciążenia, umożliwiając podział ograniczonej ilości energii (lub ograniczonego przydziału energii) między urządzenia w zależności od preferencji konsumentów (rys.3).



Rys. 3. Funkcje kontrolera EMC

### Charakterystyka standardu ANSI/CEA-2045

Głównym przeznaczeniem standardu ANSI/CEA-2045 jest umożliwienie podłączenia urządzeń znajdujących się w budynkach do systemu zarządzania energią, co ma na celu poprawę efektywności sieci elektroenergetycznej [5, 8]. Norma opisuje interfejs komunikacyjny o konstrukcji modułowej MCI (ang. *Modular Communications Interface*) umożliwiający przyłączenie dowolnego urządzenia do systemów DR, między innymi takich jak AMI (ang. *Advanced Meter Reading*), SEP (ang. *Smart Energy Profile*), OpenADR, a także do systemu automatyki domowej.



Rys. 4. Wykorzystanie modułu zgodnego z ANSI/CEA-2045

Konstrukcja modułów MCI jest stosunkowo prosta. Do komunikacji z urządzeniem jest wykorzystywany interfejs RS-485 lub SPI (ang. *Serial Peripheral Interface*). Do komunikacji z siecią HAN i systemami inteligentnego budynku mogą być stosowane interfejsy Wi-Fi, ZigBee, HomePlug, Z-Wave, LonWorks. Protokół komunikacyjny zaimplementowany w module MCI umożliwia zrealizowanie funkcjonalności związanych między innymi z bezpośrednią kontrolą obciążenia lub RTP (rys. 4).

Wymiana danych pomiędzy UCM (ang. *Universal Communication Module*) z wbudowanym interfejsem zgodnym z ANSI/CEA-2045 a urządzeniem SGD (ang. *Smart Grid Device*) odbywa się z wykorzystaniem prostych ramek komunikacyjnych (rys. 5). Dwa pierwsze bajty tej ramki określają typ przesyłanych danych. Dwa kolejne bajty określają długość pola danych, po którym występuje dwubajtowa suma kontrolna.

Typ wiadomości	Rezerwa	Długość pola danych	Pole danych	Suma kontrolna
2 bajty	3 bity	13 bitów	Dane	2 bajty

Rys. 5. Budowa ramki komunikacyjnej standardu ANSI/CEA-2045

Tabela 1. Opis typów wiadomości w ANSI/CEA-2045

Lp.	Typ wiadomości Bajt MS	Typ wiadomości Bajt LS	Opis
1	0x08	0x01	Basic DR Application
2	0x08	0x02	Intermediate DR Application
3	0x08	0x03	Data-Link Messages
4	0x08	0x04	Commissioning and Network Support Messages
5	0x08	0x05 do 0xFF	For Future Assignment
6	0x09	0x01	USNAP 1.0, Pass-Through
7	0x09	0x02	ClimateTalk, Pass-Through
8	0x09	0x03	Smart Energy Profile 1.0, Pass-Through
9	0x09	0x04	Smart Energy Profile over IP, Pass Through
10	0x09	0x05	OpenADR1.0 over IP, Pass Through
11	0x09	0x06	OpenADR2.0 over IP, Pass Through
12	0x09	0x07	Generic IP, Pass-Through

W zależności od zawartości dwóch pierwszych bajtów ramki, które określają typ przesyłanych wiadomości, w polu danych mogą się znaleźć informacje związane z działaniem różnych systemów DR. Zestawienie systemów DR, których dane są akceptowane przez Moduł MCI przedstawiono w tabeli 1.

Z przedstawionego zestawienia wynika, że standard dopuszcza dane specyficzne dla już istniejących protokołów DR i jest dla nich przezroczysty, a także wprowadza swój własny zestaw poleceń związany z realizacją systemu DR, określane jako Basic DR. Wśród poleceń realizowanych w ramach zestawu Basic DR można znaleźć polecenia związane z włączeniem lub wyłączeniem urządzenia, polecenia żądania obniżenia poziomu pobieranej energii, czy też polecenia informujące o jej aktualnych cenach [6].

## Podsumowanie

Przedstawione w artykule standardy zdaniem autora będą miały znaczny wpływ na intensywność wzrostu zainteresowania używaniem rozwiązań Smart Grid w obrębie budynków. Standardy te tworzą podstawy i wspierają interoperacyjność rozwiązań różnych producentów na poziomie systemów mających zastosowanie w budynkach. Pozwalają także producentom urządzeń domowych na wyposażanie swoich produktów w interfejsy komunikacyjne umożliwiające podłączenie ich urządzeń do systemów DR. Zastosowanie w budynkach urządzeń dedykowanych do zarządzania energią elektryczną może rozwiązać problem braku umiejętności interpretacji pojęć związanych z energią elektryczną przez znaczną część odbiorców. Należy się także spodziewać zmiany podejścia w konstruowaniu urządzeń Smart Grid. Już nie tylko klasa energetyczna, ale także zdolność do funkcjonowania w systemach DR będą miały wpływ na podejmowanie decyzji odnośnie zakupów nowych urządzeń.

## LITERATURA

- [1] Parol M.: *Mikrosieci niskiego napięcia* (praca zbiorowa pod redakcją Mirosława Parola). Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa (2013).
- [2] Hoefler-Zygan R., Oswald E., Heidrich M.: *Smart Grid Communications 2020 Fokus Deutschland*. Fraunhofer-Einrichtung für Systeme der Kommunikationstechnik ESK, München (2011).
- [3] US Department of Energy: *Communications Requirements of Smart Grid Technologies*, Washington, D.C., (2010).
- [4] Standard *Home Gate Residential Gateway ISO/IEC 15045*, 15045:1 - 2004, 15045:2 - 2012.
- [5] Standard *Model of an Energy Management System for HES ISO/IEC 15067-3*, 2012.
- [6] Standard *Modular Communications Interface for Energy Management ANSI/CEA-2045*, 2013.
- [7] Bilewicz K.: *Smart Metering Inteligentny system pomiarowy*. PWN, Warszawa (2012).
- [8] Wacks K.: The MCI Standard for Energy Management. *CABA iHomes and Buildings*, Volume 10, Number 3, (2013), pp. 15-17.

**Autor:** dr inż. Adam Markowski, Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Metrologii Elektrycznej, ul. Podgórna 50, 65-426 Zielona Góra, E-mail: A.Markowski@ime.uz.zgora.pl.