

# Zintegrowane zdalne systemy pomiaru zużycia i jakości energii elektrycznej – technologiczne case study platformy Smart Metering

Andrzej Ożadowicz, Zbigniew Mikoś, Jakub Grela

## Wstęp

Rozwój współczesnych systemów elektroenergetycznych to przede wszystkim perspektywa wdrożenia tzw. inteligentnych sieci elektroenergetycznych – Smart Grid. Obecnie prowadzone są w tym obszarze prace związane z opracowaniem i badaniami technologii dedykowanych do obsługi inteligentnych liczników energii – Smart Metering. Wymiana danych, realizacja usług monitorowania i sterowania między dystrybutorami i operatorami rynku energii, a odbiorcami końcowymi, powinny cechować się wiarygodnością, bezpieczeństwem oraz wysokim poziomem dokładności. Wielu dostawców i operatorów działających na rynku energii stoi przed wyzwaniem opracowania zasad i zbadania wykorzystania nowych technologii systemów zaawansowanej infrastruktury pomiarowej (AMI – *Advanced Metering Infrastructure*). Wyniki tych badań, obserwacje funkcjonowania powstających instalacji pilotażowych, pozwalają na wdrożenie systemów obejmujących setki tysięcy urządzeń pomiarowych przy jednoczesnym wsparciu zaawansowanych, zintegrowanych usług i aplikacji, wymaganych do skutecznej realizacji idei i zadań inteligentnych sieci elektroenergetycznych [1].

Jak podkreślają eksperci branżowi, zarządzanie energią i popytem na nią w systemie elektroenergetycznym, szczególnie w perspektywie coraz większego udziału generacji rozproszonej opartej na źródłach odnawialnych, wymaga zastosowania i dostosowania infrastruktury telekomunikacyjnej. Odpowiednia organizacja komunikacji, zarówno na poziomie obiektowym, jak i w systemach nadrzędnych usprawni obsługę danych zbieranych i przesyłanych przez urządzenia pomiarowe. Powinna ona umożliwić dwukierunkową wymianę informacji w czasie rzeczywistym pomiędzy systemem informatycznym przetwarzania danych a elektronicznymi licznikami energii. Informacje w takiej sieci „płyną” z elektrowni centralnych i lokalnych (źródła odnawialne) aż do konsumentów energii elektrycznej w domach i przedsiębiorstwach. Od tych ostatnich z kolei pojawiają się informacje zwrotne dotyczące zapotrzebowania na energię oraz parametry określające jakość zasilania. Niebagatelne znaczenie ma również opracowanie standardowych technologii urządzeń systemowych, które będą współpracować ze sobą w ramach sieci zdalnego opomiarowania i zarządzania energią – Smart Metering i Smart Grid [2, 3].

## Systemowe platformy pomiarowe

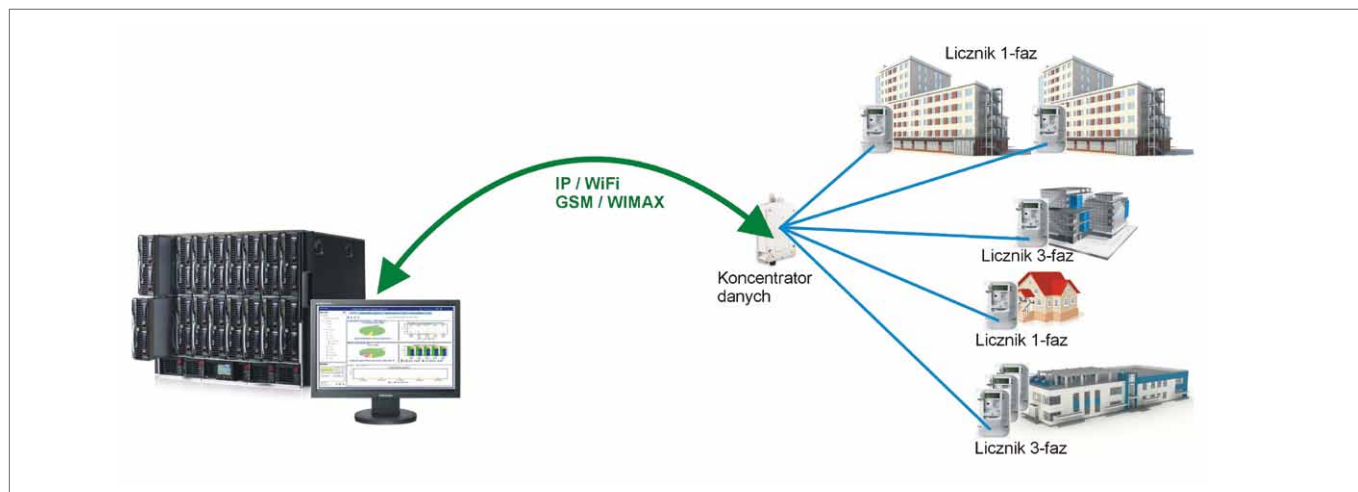
W związku z wyzwaniami technologicznymi w zakresie przygotowania kompleksowych systemów pomiarowych i monitoringu zużycia oraz jakości energii elektrycznej na rynku pojawiają się odpowiednie rozwiązania, umożliwiające organizację

**Streszczenie:** W wielu krajach podejmowane są prace nad wdrożeniem inteligentnych liczników energii działających w ramach zaawansowanej infrastruktury pomiarowej i automatycznego odczytu. W artykule przedstawiono koncepcję wykorzystania zintegrowanej platformy sieciowych usług energetycznych (NES) w organizacji systemów pomiaru zużycia i jakości energii elektrycznej, w perspektywie wdrożenia systemów zdalnego opomiarowania Smart Metering, spełniającego wymogi inteligentnych sieci elektroenergetycznych Smart Grid.

### SMART METERING CASE STUDY – THE INTEGRATED, REMOTE ENERGY CONSUMPTION AND POWER QUALITY MEASUREMENT SYSTEM

**Abstract:** Many countries, works on the implementation of smart energy meters systems in the advanced metering infrastructure and automated meter reading, are conducted. This paper describes the concept of using an integrated platform of network energy services (NES) in the organization of energy consumption and power quality measurement systems, in view of the Smart Metering and the Smart Grid implementation.

tego typu platform systemowych. Jednym z nich, zapewniającym precyzyjne zbieranie danych pomiarowych, zarządzanie popytem i podażą energii oraz monitorowanie jakości dostaw energii elektrycznej, jest rozwiązanie firmy Echelon w zakresie inteligentnych systemów pomiarowych – system NES (ang. *Networked Energy Services*). Na bazie tego rozwiązania zbudowano już instalacje sieciowych platform kontroli energii AMI w sieciach niskiego napięcia (nn), łączące ponad 35 milionów gospodarstw domowych z potwierdzoną w ponad 99% niezawodnością działania [4]. W warunkach ciągłych zmian regulacyjnych i technologicznych następujących w trakcie eksploatacji inteligentnych systemów pomiarowych, rozwiązanie NES stanowi otwartą i wieloaplikacyjną platformę, która może współpracować z istniejącą już lub powstającą infrastrukturą IT, jak również urządzeniami dotychczas zainstalowanymi w sieci lub w centrum danych. Ponadto zapewnia ono możliwość rozszerzenia i integracji poprzez dodawanie nowego oprogramowania lub urządzeń w przyszłości. Ze względu na fakt, iż firma Echelon jest jednym z uznanych już w branży producentów urządzeń dla otwartych systemów automatyki budynkowej (międzynarodowy standard LonWorks® PN-EN ISO/IEC 14908), proponowane rozwiązanie systemowe zapewnia integralność i otwartość



Rys. 1. Architektura systemu NES (na podstawie [5])

poprzez zastosowanie interfejsów popularnych protokołów komunikacyjnych automatyki przemysłowej i budynkowej oraz wykorzystanie technologii IP i standardowych usług sieciowych. Dzięki temu możliwa jest integracja elementów systemu NES z infrastrukturą automatyki budynkowej oraz bezproblemowa współpraca z systemami nadrzędnymi czy oprogramowaniem wdrożonym na serwerach w centrach danych.

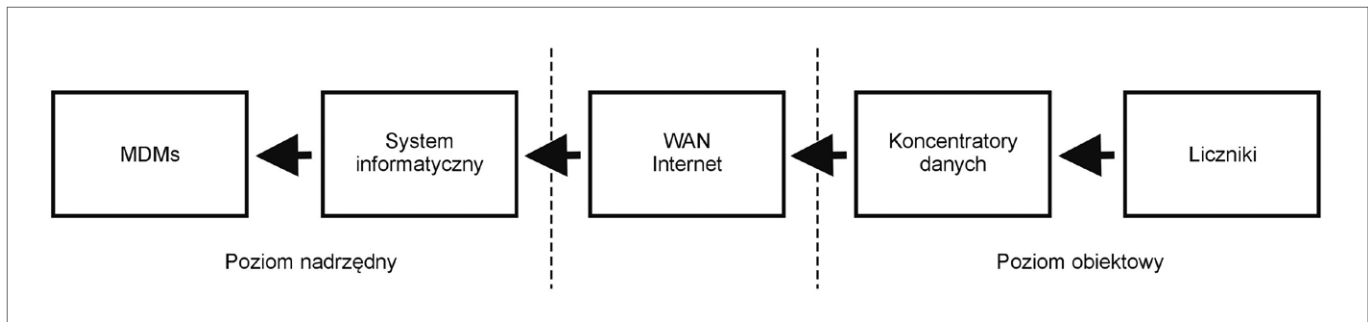
System NES jest wysoce skalowalnym i elastycznym rozwiązaniem technologicznym w dziedzinie inteligentnych instalacji pomiarowych (Smart Metering), w skład którego wchodzi urządzenia pomiarowe (liczniki), bramki (koncentratory danych) oraz dedykowany system informatyczny (NES Software System). Elementy te, współpracując ze sobą, stanowią kompleksową infrastrukturę inteligentnych usług pomiarowych, zgodnie z architekturą systemową pokazaną na rysunku 1.

Każdy z elementów architektury spełnia określone zadanie i decyduje o funkcjonalności całego systemu oraz jego integralności i elastyczności:

- **Inteligentne liczniki.** Każdy licznik spełnia wymagania urządzenia rozliczeniowego wg standardu IEC, zarówno klientów przemysłowych, jak i indywidualnych, w zakresie pomiarów oraz zdalnego odczytu. Moduły liczników, oprócz podstawowych funkcji, takich jak pomiar zużycia energii, profile obciążeń, czas poboru energii, wyświetlanie wskazań pomiarowych zużytej energii, w tym energii przedpłaconej, oferują również bardziej zaawansowane opcje, np.: zintegrowane funkcje odłączania/załączania odbiorcy, taryfy strefowo-czasowe, odczyt na żądanie, funkcję przedpłatową, wykrywanie prób manipulacji (włamanie do licznika, fałszowanie pomiarów), obsługę mikrogeneracji i analizę ponad 50 parametrów jakości energii elektrycznej. Zastosowanie 4 taryf z 10 możliwymi przełączeniami stref w ciągu dnia stanowi podstawę nowego modelu taryfowego i rozliczeniowego. Zintegrowana funkcja odłączania napięcia w licznikach, uruchamiana zdalnie, umożliwia kontrolę użytkowników sieci i łatwiejsze ściąganie należności w przypadku opóźnień w płatnościach. Wykrywanie nielegalnych podłączeń do sieci zrealizowano w licznikach poprzez rozpoznawanie zgłoszenia otwarcia pokrywy (styk antysabotażowy) lub przepływu energii w przeciwnym kierunku. Opcjonalnie liczniki inteligentne mogą być rozsze-

zone o wyjścia i wejścia impulsowe oraz przekaźnik sterujący. Aktywacja przekaźnika może następować w określonym punkcie czasowym lub być wysterowana manualnie [6, 7]. Dokładniejsza specyfikacja wspomnianych liczników jest zamieszczona w dalszej części artykułu.

- **Koncentratory danych.** Moduły te służą do realizacji połączeń pomiędzy licznikami zainstalowanymi w miejscu pomiaru a nadrzędnym systemem informatycznym (NES Software System). Ich rolą jest nadzorowanie pracy oraz lokalne zarządzanie licznikami w sieci niskiego napięcia. Stanowią one również niezbędny, integralny element infrastruktury komunikacyjnej, zapewniając zdalne połączenie ze stacją operatorską. Koncentratory automatycznie administrują operacjami, wykrywają liczniki i inne urządzenia sieciowe, tworzą i optymalizują łańcuch repeterów tak, aby zapewnić niezawodną komunikację. Ponadto umożliwiają bezpieczną konfigurację urządzenia do komunikacji z wykorzystaniem zaszyfrowanego standardu LonWorks<sup>®</sup> PLC (dwukierunkowy transfer danych, włącznie z danymi pomiarowymi z wykorzystaniem istniejącej sieci zasilającej) oraz monitorują ich działanie i stan. Komunikacja z licznikami stanowiącymi część systemu NES realizowana jest poprzez linie sieci energetycznej (wykorzystanie CENELEC A-band PLC), z funkcją automatycznego powtarzania sygnału. W komunikacji z systemem informatycznym koncentratory wykorzystują przewodową lub bezprzewodową sieć IP, prywatną lub publiczną linię LAN i WAN, włącznie z usługą telefonii cyfrowej (VoIP). Połączenie z siecią TCP/IP WAN jest możliwe poprzez zainstalowany modem z interfejsem szeregowym. Dopuszczalne media transmisyjne dla sieci IP to: światłowodowy, kable, DSL, RF mesh, GSM, PSTN, GPRS, CDMA, WiMAX<sup>®</sup>, metro Wi-Fi<sup>®</sup> i kanał PLC szerokopasmowo przez sieć średniego napięcia (BPL/MVPL). Istnieje też możliwość podłączenia anteny lub kabla antenowego dla zewnętrznej anteny modemowej. Koncentratory mogą obsługiwać do 1024 inteligentnych liczników NES i do 4096 urządzeń wyposażonych w interfejs M-Bus. Na podstawie zebranych danych pomiarowych możliwe jest generowanie raportów, włącznie ze zużyciem i jakością energii, oraz podsumowywanie całkowitego dziennego zużycia energii z nadzorowanych przez kon-



Rys. 2. Elementy organizacji systemowej platformy pomiarowej NES

Źródło: opracowanie własne

centrator liczników. Pobierają one również tabele taryfowe i konfigurują dane na nadzorowanych urządzeniach, w tym utrzymują aktualną datę i czas. Oferują też opcję komunikacji w trybie *broadcast* z usługą priorytetową pod względem czasu, istotną w organizacji zarządzania popytem (ang. DR – *Demand Response*) i planowych wyłączeń (*Load-shedding* – w celu obniżenia zużycia energii) – usługi DSM<sup>1</sup> i DSR<sup>2</sup>. Ponadto monitorują i raportują próby kradzieży i manipulacji, włącznie z odwróceniem faz dla licznika jednofazowego oraz wykrywają i generują raporty na temat problemów, usterek, takich jak zerwanie linii czy usterki urządzeń [8].

- **System informatyczny.** Jest to narzędzie do wdrażania, konfigurowania, nadzorowania, diagnozowania i przetwarzania danych pochodzących z inteligentnych liczników oraz innych urządzeń pomiarowych, zainstalowanych po stronie niskiego napięcia. Oprogramowanie zostało zaprojektowane z myślą o interoperacyjności i komunikacji z szeroką gamą systemów typu MDM (*Master Data Management*) – takich liderów rynku informatycznego, jak: eMeter, Goerlitz, Ferranti, Oracle, Telvent, wdrażanych na serwerach w centrach danych operatorskich. Interfejs wymiany danych między oprogramowaniem zrealizowano z wykorzystaniem standardowych usług sieciowych: XML, SOAP .NET. System informatyczny obsługuje i odzwierciedla łańcuch procesów przetwarzania danych, począwszy od odczytu, aż do rozliczenia (ze strony operatora sieci oraz dostawcy energii). Modułowa budowa platformy oprogramowania oferuje optymalne skalowanie, począwszy od pojedynczych jednostanowiskowych miejsc pomiarowych, aż po odczyt na obszarze całego kraju. W celu umożliwienia wykorzystania sieci Internet w transmisji danych w systemie zaimplementowano takie protokoły jak FTP, POP czy SMTP. Otwarty system bazy danych umożliwia powiązanie go z innymi bazami danych, np. Oracle czy Microsoft SQL Server. Dodatkowo do kluczowych cech systemu należy zaliczyć implementację algorytmów odpowiedzialnych za redukcję wielkości przesyłanych danych, możliwości diagnozowania oraz monitoringu w zależności od zapotrzebowania, proste i zautomatyzowane zarządzanie harmonogramami odczytu danych (zużycie, zdarzenia, alarmy, parametry jakości energii, profile obciążenia) oraz zapewnienie bezpiecznej i szyfrowanej komunikacji [9].

Na rysunku 2 pokazano w formie schematu blokowego ideę organizacji systemowej platformy pomiarowej NES, uwzględniając procedury przetwarzania danych i komunikacji danych między kolejnymi elementami systemu.

### Funkcjonalności i parametry inteligentnych liczników systemu NES

W gremiach branżowych i różnych komisjach doradczych jednostek regulacyjnych w Polsce i na świecie wciąż toczą się dyskusje dotyczące specyfikacji funkcjonalności, interfejsów komunikacyjnych i innych parametrów technicznych urządzeń pomiarowych dedykowanych do zastosowania w systemach zdalnego monitoringu i zarządzania zużyciem energii elektrycznej – Smart Metering [10]. Dotyczy to w szczególności modułów licznikowych i koncentratorów obsługujących liczniki [11, 12]. W analizowanym rozwiązaniu technicznym systemu NES zaproponowano liczniki charakteryzujące się bardzo zaawansowanymi możliwościami funkcjonalnymi i komunikacyjnymi, zapewniającymi wysoki poziom otwartości i skalowalności tworzonych aplikacji pomiarowych.

Liczniki inteligentne dedykowane dla platformy NES zostały opracowane zarówno dla indywidualnych, jak i przemysłowych konsumentów energii elektrycznej, z wykorzystaniem nowych standardów komunikacyjnych i narzędzi niezbędnych w zaawansowanej taryfikacji. Moduły cechują się bezpieczeństwem, niezawodnością i dokładnością. Łączą w sobie szereg możliwości ze zintegrowaną funkcją zdalnego odłączania zasilania, wyświetlaczem danych pomiarowych oraz opcją dwukierunkowej komunikacji z licznikiem. Każdy licznik, który jest automatycznie zarządzany przez koncentrator danych NES, może również samodzielnie przesyłać informacje do innych liczników. Pozwala to na stworzenie sieci liczników, która idealnie odpowiada topologii dystrybucyjnej sieci niskiego napięcia. Bezpieczeństwo danych zostało zrealizowane przez ochronę hasłem dla komunikacji optycznej oraz autoryzowaną, chronioną hasłem i szyfrowaną transmisję danych dla komunikacji PLC. Wśród możliwości funkcjonalnych i parametrów technicznych liczników należy wskazać przede wszystkim:

- zintegrowanie funkcji odłączania/załączania napięcia – zainstalowany 100 A rozłącznik można kontrolować manualnie lub zdalnie;
- funkcję limitu obciążenia;
- możliwość wyznaczenia profilu obciążenia – 16-kanalowy zdalnie konfigurowalny profil obciążenia można uśrednić w programowanym przedziale czasowym: od 5 minut do raz dziennie. Należy zaznaczyć, że możliwość zapisu profilu obciążenia zależy od ilości kanałów i przedziału czasowego, np. 3-kanalowy, 15-minutowy profil można przechowywać przez 3 miesiące, a 3-kanalowy codzienny odczyt można zachować na 12 miesięcy przy użyciu zalecanej konfiguracji



pamięci. Ponadto wgląd do profilu obciążenia dostępny jest z poziomu wyświetlacza licznika;

- zaawansowaną technologię komunikacji po liniach sieci zasilającej (PLC); dane pomiarowe przekazywane są do koncentratorów danych NES;
- automatyczną funkcję wzmacniacza sygnału, dzięki czemu zwiększono niezawodność komunikacji danych;
- opcję taryf strefowo-czasowych. Dzięki niej możliwe jest zdalne konfigurowanie kalendarza taryf (4 taryfy z 10 możliwymi przełączeniami stref w ciągu dnia), wykorzystanie rozbudowanych funkcji kalendarza z harmonogramem dnia, według 4 pór roku, dopasowanie stref czasowych i trybu oszczędności energii w ciągu dnia oraz zmiana kalendarza wraz ze zmianą taryfy;
- opcję odczytu na żądanie – umożliwia ona rozliczanie w oparciu o wartości maksymalne mocy, kalkulacje z wartości odczytywanych na żądanie, konfigurowanie okresów kalkulacji oraz manualne lub zdalne kasowanie parametrów;
- funkcję przedpłatową, która oparta jest na kredycie ilości energii, uwzględnia różne czynniki, takie jak harmonogram kalendarza, konfigurowalny debet w nagłych sytuacjach, informację dźwiękową powiadamiającą o niskim poziomie zakupionej energii.

Nowoczesna inteligentna instalacja pomiarowa (Smart Metering) powinna w ramach swojej infrastruktury umożliwiać nie tylko realizację standardowych funkcji w sposób zautomatyzowany, ale również oferować dodatkowe, zaawansowane możliwości. Na szczególną uwagę zasługują tu funkcje liczników związane z pomiarami parametrów jakości energii, istotnych w wielu aplikacjach, szczególnie dla większych, komercyjnych i przemysłowych odbiorców oraz w przypadku odbiorców indywidualnych korzystających ze źródeł odnawialnych i pełniących tym samym w systemie elektroenergetycznym rolę tzw. prosumentów [2]. Liczniki dedykowane dla platformy NES oferują takie funkcjonalności oraz pomiary parametrów jakości energii zasilającej odbiorcę, a wśród nich:

- Zapad napięcia (RMS) – wykrywana jest ilość obniżen wartości napięcia na każdej z faz. Czas trwania zapadu, powyżej którego zostanie zarejestrowane zdarzenie, jest programowalny od 0 do 15 555 sekund, podobnie jak poziom napięcia, który jest podawany w procentach od 1 do 99% wartości znamionowej napięcia.
- Wzrost napięcia (RMS) – wykrywana jest ilość przekroczeń wartości napięcia na każdej z faz. Czas trwania wzrostu, powyżej którego zostanie zarejestrowane zdarzenie, jest programowalny od 0 do 15 555 sekund, podobnie jak poziom napięcia, który jest podawany w procentach od 1 do 99% wartości znamionowej napięcia.
- Przetężenia (RMS) – wykrywana jest ilość przetężeń prądu na każdej z faz. Czas trwania zjawiska musi wynosić co najmniej 10 sekund, aby został zarejestrowany przez licznik. Poziom wartości, która ma zostać rozpoznana jako przetężenie, jest konfigurowalny i podawany w procentach względem wartości referencyjnej prądu mierzonego przez licznik. Rozpoznanie przetężenia zostało zaprojektowane z myślą o identyfikacji zużycia powyżej wartości referencyjnej lub maksymalnego prądu rejestrowanego przez licznik, w związku z tym nie zostaną wykryte wystąpienia wysokoamperowych udarów prądowych.

- Przerwy w zasilaniu – rejestrowany jest czas trwania oraz data i czas zaniku i powrotu zasilania. Rejestracje dotyczą dziesięciu ostatnich długich przerw w zasilaniu i wszystkich krótkich. Wykrywanie następuje, gdy napięcie dostarczane do licznika posiada wartość poniżej konfigurowalnego progu, a czas trwania tego zjawiska jest przynajmniej tak długi, jak konfigurowalna wartość czasu przerwy w zasilaniu. Domyślnie próg wartości napięcia to 72% normalnego napięcia mierzonego przez licznik, a czas zaniku może przyjmować wartości od 0 do 65 535 sekund. Przerwy w zasilaniu, które trwają krócej niż predefiniowany czas zaniku, ale są dłuższe niż 250 ms, są zliczane jako krótkie przerwy w zasilaniu. Jeżeli czas długiej przerwy w zasilaniu jest ustawiony na 0 (zero), wtedy każdy zanik powyższej 250 ms jest identyfikowany jako długi i rejestrowanych jest dziesięć ostatnich zaników. W takim przypadku ilość krótkich przerw nie jest inkrementowana.
- Częstotliwość – poza okresem trwającym do dwóch sekund po uruchomieniu licznika wartość częstotliwości jest ciągle monitorowana. Jej minimalna i maksymalna wartość, wraz z czasem trwania wystąpienia tego zjawiska, jest rejestrowana, chyba że nastąpi reset urządzenia pomiarowego.
- Zanik faz – rejestrowana jest liczba wystąpień zaników dla poszczególnej fazy, jak również data i czas ostatniego zdarzenia. Czas trwania zjawiska oraz poziom spadku napięcia są konfigurowalne. Domyślnie spadek napięcia poniżej 61% normalnego mierzonego przez licznik napięcia, trwający co najmniej 10 sekund, jest uznawany jako zanik fazy. Ponieważ wystąpienie tego zjawiska może mieć wpływ na dokładność pomiarów licznika, zliczanie zużycia energii jest rekonfigurowalne tak, aby wykluczyć zanik jednej z faz. Informacja o wystąpieniu błędu związanego z zanikiem fazy może zostać wyświetlona na wyświetlaczu licznika. Zanik fazy powoduje aktywację kodu diagnostycznego.
- Całkowita zawartość harmonicznych – rejestrowane są trzy typy całkowitych współczynników odkształcenia: napięcia (V-THD), prądu (I-THD) i mocy (VA-THD). Licznik aktualizuje wartość współczynnika THD co 10 sekund. Pomiary mogą zostać zarejestrowane w rejestrze zdarzeń. Wyzwolenie rejestracji może wystąpić po konfigurowalnym czasie trwania zmiany wartości współczynnika THD lub po zmianie o określony poziom współczynnika dla każdej z harmonicznych. Zarejestrowane zdarzenia zawierają maksymalną oraz średnią wartość współczynnika THD z możliwością wskazania zadanego okresu.

Liczniki posiadają mechanizmy odpowiedzialne za rozpoznawanie prób manipulacji. Wykryte działania są zapisywane w dzienniku zdarzeń, a następnie wysyłane jest powiadomienie o próbie zdjęcia pokrywy zacisków. Zastosowany mechanizm pomiarowy jest odporny na działanie zewnętrznego pola magnetycznego, a jego wystąpienie w otoczeniu licznika jest wykrywane przez urządzenie. Producent zapewnia, że możliwe jest wykrycie większości prób włamań i fałszowania pomiarów. Liczniki opcjonalnie mogą zostać wyposażone w wielofunkcyjny port rozszerzający (ang. MEP – *Multipurpose Expansion Port*), który umożliwia podłączanie do liczników dodatkowych urządzeń, takich jak wyświetlacze, liczniki gazu i wody. Oferowane jest również wsparcie działań z zakresu obsługi lokalnych

źródeł odnawialnych, z pomiarem poboru i eksportu energii czynnej oraz wartości energii pobranej z systemu elektroenergetycznego, pomiar energii i mocy biernej dwukierunkowy oraz pomiar czterokwadrantowy kVArh. Liczniki oferują również tzw. dziennik zdarzeń (*Event Log*) z możliwością zapisu w pamięci do 200 zdarzeń, przy korzystaniu z zalecanej konfiguracji pamięci. Dodatkowo zapisywane są automatyczne okresowe odczyty danych pomiarowych – możliwe jest zapisanie do 36 automatycznych odczytów. Liczniki wyposażone są w duży wyświetlacz LCD, z możliwością przewijania informacji i wyświetlania do 8 cyfr [6, 7].

### Przykładowe aplikacje – wdrożenia

Rozwiązania systemowe NES są już wykorzystywane w praktyce. Systemy pomiarowe bazujące na tej platformie zrealizowano między innymi dla takich koncernów energetycznych, jak Vattenfall i E.ON.

Pierwszy projekt, zrealizowany na terenie Szwecji, objął 860 tysięcy klientów końcowych. W ramach tej aplikacji wdrożono zaawansowaną infrastrukturę automatycznego odczytu inteligentnych liczników. System dostarcza codziennie informacje na temat wartości zużycia energii, odczytywane co godzinę, oraz informuje operatora o zaistniałych zdarzeniach w sieci zasilającej. Średnia poprawność odczytów i komunikacji wynosi 99%. System ten udowadnia, jak poprawnie działająca platforma Smart Meteringu może usprawnić pracę operatora i zwiększyć

efektywność wewnętrznych procesów. Korzyści płynące z wdrożenia to: zdalny nadzór nad odbiorcami i popytem na energię, w tym także odłączanie po przekroczeniu umówionego limitu zużycia, ciągła możliwość wprowadzania usprawnień i nowych funkcji w działaniu systemu (wykorzystanie na potrzeby operatora danych pochodzących z pomiarów jakości energii, obsługa prosumentów) oraz obniżenie kosztów eksploatacji [13]. Zastosowanie technologii systemowej NES stanowi podstawę do stworzenia wspólnej platformy zarządzania danymi pochodzącymi z instalacji Smar Meteringu dla całej grupy biznesowej obsługującej Szwecję, Finlandię i Danię.

Drugi z projektów zrealizowano również na terenie Szwecji. Firma E.ON zdecydowała się na platformę NES, ponieważ oferuje ona otwartą, łatwo rozszerzalną infrastrukturę pomiarową, z komunikacją dwukierunkową, pozwalającą na obsługę inteligentnych liczników, wraz z możliwością dostarczenia nowych usług dla klientów końcowych (automatyczne tworzenie prostych bieżących rachunków) oraz usprawnieniem procesu dystrybucji (zarządzanie popytem). Ponadto system NES może być ciągle rozwijany tak, aby sprostać obecnym i przyszłym wymaganiom rynku. Zaimplementowany w firmie E.ON system NES pozwala na sprawną i efektywną organizację procesów obsługi zmian dostawców czy relokacji odbiorców, tworzenie prostych i złożonych bilingów rozliczeniowych, informowanie o czasie zużycia i cenach w „czasie rzeczywistym”. Ponadto umożliwia realizację usługi przedpłaty i związanych z nią niezbędnych

reklama

pomiarów, zdalnego załączania lub odłączania odbiorców, optymalizację wykorzystania systemu dystrybucji, wykrywanie awarii oraz raportowanie o ich usunięciu, eliminację ograniczeń dostaw energii elektrycznej na określonym terenie, w tym również blackoutów, pomiary parametrów jakości energii i wykrywanie prób niedozwolonej manipulacji z infrastrukturą pomiarową. Korzyści płynące z wdrożenia to: poprawa jakości obsługi klientów, zwiększenie dokładności i aktualności odczytów – tym samym zmniejszenie ilości pytań klientów związanych z rozliczeniami, usprawnienie działania i wydajności systemu i redukcja strat w systemie. Dodatkowo zastosowanie systemu NES pozwala na łatwą integrację informacji o awariach z dotychczas posiadanym w firmie E-ON systemem SCADA, wykorzystanie informacji o parametrach jakości energii do ulepszania pracy sieci dystrybucji, rozwój idei inteligentnych sieci elektroenergetycznych, ukierunkowanej na oferowanie dodatkowych usług klientom końcowym. Średnia obserwowana poprawność odczytów i komunikacji wynosi 99,5% [14].

### Podsumowanie

Rozwój współczesnych systemów elektroenergetycznych i pomiarowych zużycia energii bazuje przede wszystkim na dążeniu do usprawnienia obsługi odbiorców (niezawodność dostaw, wysoka jakość dostarczanej energii) oraz poprawie efektywności energetycznej i zrównoważeniu poziomów obciążenia systemu elektroenergetycznego. Ze względu na fakt, iż budynki, wraz ze swą techniczną infrastrukturą są jednym z największych odbiorców energii elektrycznej, celowe wydaje się wykorzystanie w tych procesach istniejących w nich systemów sterowania, monitoringu i komunikacji danych. Przedstawiony w artykule system NES firmy Echelon to kompletne rozwiązanie inteligentnej sieci pomiarowej – Smart Meter. Nie można rozpatrywać go tylko przez pryzmat technologii nowoczesnych liczników energii, gdyż tak naprawdę największa „inteligencja” i innowacyjność tych urządzeń pomiarowych tkwi w oferowanym systemie sieciowych usług energetycznych (NES). Każdy z jego elementów (licznik, koncentrator, oprogramowanie) pełni swoją istotną rolę, działając w sposób komplementarny. Na uwagę zasługuje też fakt wykorzystania w prezentowanej technologii wieloletnich doświadczeń firmy Echelon w zakresie otwartych systemów automatyki budynkowej. Idea otwartości w platformie technologicznej NES jest dostrzegalna w różnych miejscach – zastosowanie liczników wykorzystujących otwarty protokół komunikacyjny OSGP, zrealizowanie połączeń pomiędzy koncentratorami danych a licznikami z wykorzystaniem ustandaryzowanej i posiadającej ugruntowaną pozycję na rynku komunikacji po sieci zasilającej PLC standardu PN-EN ISO/IEC 14908 (LonWorks) lub też wykorzystanie otwartych mechanizmów wymiany danych w systemach nadrzędnych. Zastosowanie dobrze znanych mechanizmów komunikacji oraz technologii usług sieciowych zaowocowało uzyskaniem wysokich wskaźników poprawności działań systemu, co jest jednym z kluczowych wymogów stawianych narzędziom monitorowania jakości dostaw energii. Do pozytywnych cech systemu, oprócz rozbudowanych możliwości pomiarowych, należy zaliczyć szeroką gamę funkcji zaimplementowanych w licznikach. Opcje te pozwalają na kompleksowe wykorzystanie systemu NES w realizacji mechanizmów inteligentnych sieci elektro-


energetycznych (Smart Grids) – takich jak DSM i DSR. Przeprowadzona analiza technologicznego *case study* wskazuje na możliwość zastosowania platformy NES jako wysoko wydajnego, dokładnego i niezawodnego narzędzia w monitoringu zużycia i jakości dostawy energii elektrycznej.

### Przypisy

1. Ang. *Demand-Side Management* – zarządzanie popytem odbiorców energii.
2. Ang. *Demand Side Response* – oddziaływanie na odbiorców, którzy podejmują działania zmierzające do zmniejszenia zużycia energii w okresach tzw. obciążenia szczytowego systemu energetycznego w ciągu doby.

### Literatura

- [1] OŻADOWICZ A.: *Automatyka budynkowa w realizacji systemów smart grid – energooszczędność i integracja na poziomie odbiorcy energii*. „Wiadomości Elektrotechniczne” 11/2013, pp. 40–44.
- [2] NOGA M., OŻADOWICZ A., GRELA J., HAYDUK G.: *Active Consumers in Smart Grid Systems-Applications of the Building Automation Technologies*. „Przegląd Elektrotechniczny” 6/2013, s. 227–233.
- [3] BILLEWICZ K.: *Smart Metering. Inteligentny system pomiarowy*. PWN, Warszawa 2012.
- [4] Echelon Corp.: *Echelon Smart Metering*, 2013.
- [5] Echelon Corp.: *The NES Smart Metering System*, Echelon Whitepapers, 2009.
- [6] Echelon Corp.: *MTR 3000 Series IEC Poly Phase Smart Meters*, Echelon Whitepapers, 2013.
- [7] Echelon Corp.: *MTR 3500 CT Series Poly Phase Smart Meters*, Echelon Whitepapers, 2013.
- [8] Echelon Corp.: *DCN 1000 Series Data Concentrator*, Echelon Whitepapers, 2013.
- [9] Echelon Corp.: *Echelon System Software*, Echelon Whitepapers, no. Mdm, 2012.
- [10] Urząd Regulacji Energetyki: *Stanowisko Prezesa URE w sprawie niezbędnych wymagań dotyczących jakości usług świadczonych z wykorzystaniem infrastruktury AMI oraz ram wymienności i interoperacyjności współpracujących ze sobą elementów sieci Smart Grid oraz elementów*, Stanow. Prezesa URE – srt WWW URE, s. 1–23, 2013.
- [11] Zespół PTPiREE ds. AMI: *Stanowisko Zespołu PTPiREE ds. AMI Opis wymagań funkcjonalnych – Koncentrator*, 2012.
- [12] Zespół PTPiREE ds. AMI: *Stanowisko Zespołu PTPiREE ds. AMI Opis wymagań funkcjonalnych – Liczniki 1-fazowe i 3-fazowe*, 2012.
- [13] SÖDERBOM J.: *Smart Meter roll out experiences from Vattenfall*, 2012.
- [14] PEHRSSON T., COLTON L.: *E.ON REAPS THE BENEFITS OF ECHELON'S SMART METERING SYSTEM*. Metering International, 1/2009.

 dr inż. Andrzej Ożadowicz, dr inż. Zbigniew Mikoś,  
mgr inż. Jakub Grela – AGH Akademia Górniczo-Hutnicza;  
Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii  
Biomedycznej; Katedra Energoelektroniki i Automatyki Systemów  
Przetwarzania Energii

artykuł recenzowany