

System automatycznego odczytu liczników energii elektrycznej AMR

▶ Krzysztof Billewicz

System AMR umożliwia zdalny odczyt liczników energii elektrycznej. Liczniki odbiorców zasilanych niskim napięciem najczęściej są odczytywane użyciem technologii przesyłania danych po sieci zasilającej. Systemy takie mają wiele funkcji i możliwości. W artykule autor wyjaśnia ich strukturę, funkcje, działanie oraz sygnalizuje problemy występujące podczas instalowania i eksploatacji systemów AMR.

W latach 2001–2002 w Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych została wykonana praca naukowa: *Optymalizacja układów komunikacyjnych i diagnostycznych systemu nadrzędnego wraz z bazą danych dla potrzeb systemu zbierania danych z liczników z zastosowaniem technologii LonWorks, Internetu.*

Celem pracy było opracowanie systemu komunikacyjnego, który umożliwiłby automatyczne zbieranie danych dotyczących wartości energii z kilku tysięcy koncentratorów, rejestrujących dane z kilkuset urządzeń pomiarowych. Opracowano strukturę systemu zbierania danych uwzględniając możliwości optymalnych rozwiązań komunikacyjnych i protokoły komunikacyjne. Wykonano oprogramowanie transmisji danych dla podsystemów akwizycji.

Wynik tej pracy, zgłoszony jako: *System monitorowania i sterowania oraz zdalnego rozliczania użytkowników energii elektrycznej z zastosowaniem transmisji po sieci energetycznej niskiego napięcia – system NETPAF*, otrzymał II nagrodę podczas XXIX Wrocławskich Dni Nauki i Techniki.

Definicja

Rozproszone systemy pomiarowe, zbierające godzinowe wartości energii z wielu miejsc, w literaturze bywają różnie nazywane. Przyjęło się używanie uproszczonej nazwy: systemy AMR.

System AMR umożliwia zdalny odczyt liczników odbiorców komunalnych zasilanych niskim napięciem. Składa się ze specjalnych liczników lub przystawek komunikacyjnych połączonych z licznikami energii przez wyjście impulsowe. Urządzenia takie wymieniają się danymi z koncentratorami poprzez sieć zasilającą nN. Obecnie są dostępne rozwiąza-

nia z komunikacją przez modem radiowy lub GPRS. Taka transmisja jest jednak droższa. Dane z koncentratorów przesyłane są do hurtowni danych. Dostęp do danych oraz ich dalszą obróbkę umożliwia aplikacja kliencka na stacji roboczej.

Budowa

System AMR składa się z kilku poziomów:

A) Stacje klienckie

Stacje robocze, czyli komputery przemysłowe z aplikacjami klienckimi umożliwiającymi konfigurowanie liczników, koncentratorów, a także wyświetlanie odczytanych danych i ich obróbkę. Przykładowe funkcje modułów aplikacji klienckich:

- definiowanie odbiorców, płatników, liczników
- definiowanie grup taryfowych

Struktura

A) Stacje robocze
Udostępnianie i analiza zebranych danych

B) Hurtownia danych
Przetwarzanie i przechowywanie ogromnej ilości danych

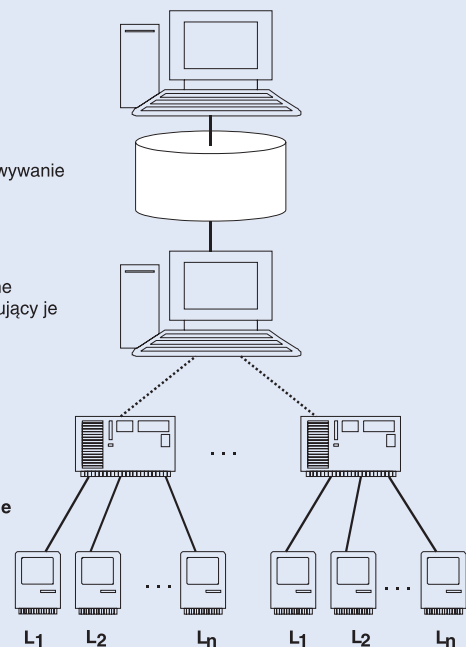
C) Serwery akwizycji
Komputer zbierający dane z koncentratorów i zapisujący je w bazie danych

D) Koncentratory
Zbieranie danych pomiarowych

E) Medium transmisyjne

F) Poziom odbiorców energii elektrycznej

Liczniki energii elektrycznej poszczególnych odbiorców



Rys. 1. Struktura systemu AMR

▶ dr inż. Krzysztof Billewicz
WINUEL SA, Wrocławski Park Biznesu

- definiowanie układów pierścieniowych
- zdalne konfigurowanie koncentratora/rejestratora
- odczyt dziennika zdarzeń
- monitorowanie zużycia energii
- tworzenie raportów do rozliczeń – automatyczne lub ręczne
- wizualizacja profilu, tworzenie bilansów, rozliczeń.

B) Hurtownia danych

Hurtownia stanowi rozbudowaną bazę danych, przechowującą olbrzymią ilość zbieranych danych. W rozwiązaniach, gdzie mamy do czynienia z ogromną ilością danych, hurtownie są lepsze niż relacyjne bazy danych, ponieważ architektura bazy hurtowni jest zorientowana na optymalizację szybkości wyszukiwania i najefektywniejszą analizę zawartości.

Słownik

AMM (*Automatic Meter Management*) – automatyczne zarządzanie licznikami

AMR (*Automatic Meter Reading*) – automatyczny odczyt licznika lub (*Automated Meters Reading*) – automatyczny odczyt liczników

AM (*Advanced Metering*) – zaawansowane układy pomiarowe

DSM (*Demand Side Management*) – sterowanie popytem energii

GPRS (*General Packet Radio Service*) – technologia stosowana w telefonach GSM do pakietowego przesyłania danych

LNS (*Network Operating System*) – sieciowy system operacyjny

PLC (*Power Line Communications*) – komunikacja za pośrednictwem sieci zasilającej

PSTN (*Public Switched Telephone Network*) – publiczna komutowana sieć telefoniczna

HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*) – wykorzystywany w telefonach GSM sposób dostępu do Internetu z prędkością do 57,6 kbit/s (przy wykorzystaniu 4 kanałów) lub 43,2 kbit/s (3 kanały na odbiór, 1 na wysyłanie)

klient-serwer – relacja między urządzeniami, z których zapytujące to klient, przetwarzające zapytanie i odsyłające odpowiedź to serwer. W jednym momencie urządzenie A może być klientem, B serwerem, natomiast za chwilę może być odwrotnie

master-slave – relacja między dwoma urządzeniami, z których pierwsze, master, jest nadrzędne w stosunku do drugiego, slave; tylko urządzenie master jest uprawnione do wysyłania zapytań

P2P (*Peer-to-Peer*) – architektura sieciowa wykorzystująca bezpośrednią komunikację pomiędzy dwoma urządzeniami bez konieczności istnienia urządzenia nadrzędnego (np. centralnego serwera) inicjującego tego typu komunikację.

C) Serwery akwizycji

Serwery akwizycji to przemysłowe komputery, które odczytują dane z koncentratorów i zapisują w hurtowni danych.

D) Koncentratory

Koncentratory lub rejestratory synchronizowane zegarem satelitarnym odczytują dane z liczników za pośrednictwem sieci energetycznej i jednocześnie synchronizują ich zegary. Koncentratory są odczytywane za pośrednictwem Ethernetu, łączy komutowanego PSTN lub radiowo w technologiach HSCSD lub GPRS.

Koncentrator to komputer przemysłowy odczytujący liczniki w relacji *master-slave*. Rozwiązania, w których koncentratory były zwykłymi przerzutnikami lub rutarami pomiędzy licznikami a serwerem akwizycji, nie sprawdziły się.

Do niedawna kupując liczniki, które można zdalnie odczytywać za pośrednictwem sieci energetycznej, trzeba było kupić razem z koncentratorami u tego samego producenta. Obecnie na rynku są dostępne koncentratory, które umożliwiają odczyt liczników różnych producentów. W takiej sytuacji może dochodzić do konfliktu protokołów odczytywania różnych urządzeń np. zaobserwowano, że rozkaz odczytujący licznik jednego producenta, restartował inny.

Koncentratory pracują w bardzo trudnych warunkach atmosferycznych przy słupach lub transformatorach na powietrzu. Każdy z nich powinien pracować w systemie 7/24, czyli 7 dni w tygodniu przez 24 godziny, w temperaturze otoczenia od -35 °C do + 50 °C (kiedy nagrzej się szafka licznikowa). Są najsłabszym elementem całego systemu AMR.

E) Medium transmisyjne

W systemach AMR medium transmisyjnym są najczęściej sieci i instalacje nN. Płynie nimi prąd do odbiorców oraz rozkazy sterujące do urządzeń. W niektórych rozwiązaniach stosowano modemy radiowe lub modemy GSM z transmisją GPRS.

Polski system AMR, nazwany NETPAF XP, oparty został na technologii LonWorks opracowanej przez firmę Echelon. Transfer danych za pośrednictwem sieci energetycznej odbywał się wyłącznie z wykorzystaniem urządzeń tej firmy.

LonWorks to technologia, która dostarcza platformę do realizacji nowoczesnych systemów o rozproszonej inteligencji, służących do pomiarów i kontroli, sterowania, przesyłania danych itp. w obiektach rozłożonych (rozległych) przestrzennie. Najważniejszym elementem tej technologii jest wielofunkcyjny układ scalony Neuron Chip 3120 lub 3150 z wbudowanym wielozadaniowym systemem operacyjnym. Istotną zaletą LonWorks jest możliwość realizacji sieci o różnych topologiach i z wykorzystaniem różnych mediów transmisyjnych. Umożliwia to zoptymalizowanie sieci odpowiednio do realizowanego zadania i jej rozbudowę, a także budowę rozproszonych, zdecentralizowanych sieci przemysłowych, charakteryzujących się dużą elastycznością.

F) Liczniki

Specjalne liczniki lub zwykle liczniki impulsowe z modułami komunikacyjnymi, które co 15 min zatrzymują wartości energii lub wskazań liczydeł, są najczęściej odczytywane za pośrednictwem sieci energetycznej PLC (w niektórych rozwiązaniach radiowo w technologii GPRS).

Liczniki pokazują odbiorcy bieżącą strefę czasową oraz wskazania liczydła każdej ze stref, ponieważ odbiorca powinien wiedzieć, w której strefie pracuje, aby w każdej chwili mógł wyliczyć, ile będzie musiał zapłacić za energię.

W licznikach wyświetlających bieżącą strefę czasową na Zachodzie zauważono problem, z którym również mogą spotkać się użytkownicy takich systemów w Polsce. Można wyobrazić sobie odbiorcę pobierającego energię w dwóch strefach czasowych. Od 1 lipca 2007 r. jest możliwy swobodny wybór dostawcy energii przez odbiorców komunalnych. W takiej sytuacji za samą energię trzeba będzie zapłacić wg taryfy Obrótu, a za jej dostarczenie wg taryfy Dystrybucji. Jeżeli jednak godziny zmian stref czasowych Odbioru i Dystrybucji będą się różnić, to którą z nich powinien pokazywać licznik?

Liczniki można podzielić na: ● pasywne, jeżeli komunikacja polega na wysłaniu do licznika zapytania np. o wartość energii, a on zwraca na nie odpowiedź ● aktywne – za ich pomocą można sterować np. odłączać instalację odbiorczą, zmieniać rozkład stref czasowych, załączać lub wyłączać dodatkowy odbiornik.

Liczniki najczęściej mają dwa wyjścia dwustanowe – pierwsze do wyłączenia instalacji odbiorczej poprzez sygnał wysłany do bezpiecznika instalacyjnego, drugie do zdalnego dołączania lub odłączania odbiorów. Najczęściej są stosowane w przypadku odbiorców taryf dwustrefowych.

Bezpieczniki instalacyjne są załączane, kiedy odbiorca pobiera energię w tańszej strefie, natomiast wyłączane, kiedy – w droższej. Mogą służyć do odłączania odbiorników o niższym priorytecie np. zbędnego oświetlenia oraz do sterowania klimatyzacją lub ogrzewaniem pomieszczeń np. piecem akumulacyjnym. Piec nagrany podczas pracy w tańszej strefie, ogrzewa pomieszczenia przez całą dobę. Żarówka wyłączona jako odbiornik o niższym priorytecie, po włączeniu nie nadrobi zaległości.

Umowa między dostawcą a odbiorcą jest zawarta na rozliczenie zużytej energii wg wskazań określonego licznika. Jeżeli licznik połączony jest z rejestratorem lub modułem komunikacyjnym słabszej jakości, to wartości wskazań licznika są większe niż wyliczone z impulsów. Różnica wartości wskazań licznika i wyliczona na podstawie impulsów jest coraz większa. Wynika to z faktu nierejestrowania wszystkich impulsów z różnych przyczyn np. chwilowego zawieszenia się modułu komunikacyjnego. Zazwyczaj system nieznacznie zaniża wartość zużywanej energii.

W przypadku dobrej jakości modułów komunikacyjnych różnica między wskazaniami systemu i licznika jest na niezauważalnym poziomie np. dziesiątków watów na rok.

Możliwości techniczne

Systemy tego typu zazwyczaj umożliwiają:

- monitorowanie bieżącego zużycia energii elektrycznej przez poszczególnych odbiorców
- stworzenie indywidualnego profilu obciążenia dla każdego z odbiorców
- wykreślenie charakterystyki narastania wskazania wybranego licznika w czasie
- bilansowanie określonych obszarów (podsieci liczników) oparte na jednoczesnych pomiarach (wiarygodne dane) z różnych liczników
- tworzenie rozkładu niebilansowania bezwzględnego w kWh i względnego w %, w zadanym okresie
- rozliczanie odbiorców wg dowolnego rozkładu stref czasowych
- automatyzację rozliczeń, bilingi, automatyczne systemy przedpłatowe
- zdalną zmianę parametrów w urządzeniach kontroli dostaw energii, np. zmianę wartości maksymalnej mocy odbieranej, zdalną zmianę rozkładu stref czasowych
- usługi dodane „na miejscu”, np. w domu klienta zdalne załączanie określonego odbioru, gdy licznik zlicza w tańszej strefie czasowej (np. urządzenie o niższym priorytecie) i wyłączanie go, gdy pracuje w droższej
- stosowanie dynamicznych taryf – np. jeżeli odbiorca używa pieca akumulacyjnego załączanego w wyżej opisany sposób, można w niektórych przypadkach zmienić rozkład stref czasowych, rozszerzając czasokres obowiązywania tańszej strefy czasowej
- sterowanie popytem (DSM) – zasadniczy cel to zmniejszenie kosztów zakupu energii przez wyrównanie krzywej obciążenia w wyniku stosowania określonych taryf; w konsekwencji zmniejszenie poboru energii w szczycie lub przesunięcie obciążenia poza szczyt (nazywane czasem zapełnieniem dolin), także zmniejszenie zużycia energii np. przez wprowadzenie nowoczesnych, energooszczędnych technologii
- sterowanie zabezpieczeniami
- archiwizowanie danych
- kontrolowanie poziomu strat handlowych, w tym kradzieży oraz innych zdarzeń.

Korzyści finansowe

Korzyści finansowe to:

- skrócenie cyklu (okresu) rozliczeniowego za energię – uniknięcie kosztów kredytowania odbiorców
- sterowanie zabezpieczeniami – efekt techniczny: obniżenie ryzyka poważnej awarii sieci elektroenergetycznej
- monitorowanie obciążeń (monitorowanie punktów pomiarowych) – poprawa bezpieczeństwa dostaw, alarm, większa trafność prognozy
- możliwość rozliczania odbiorców w kilku strefach czasowych – efekt marketingowy polegający na poszerzeniu oferty taryfowej
- wizualizacja danych – obniżenie kosztów robocizny i materiałów piśmiennych oraz skrócenie czasu podejmowania decyzji

- obróbka danych – poszerzenie możliwości wizualizacji w różnych układach, obniżenie kosztów robocizny i materiałów piśmiennych, ograniczenie możliwości popełnienia pomyłek
- archiwizowanie danych – obniżenie kosztów robocizny i materiałów piśmiennych
- po zainstalowaniu specjalnych, elektronicznych liczników, następuje zmniejszenie ilości energii zużywanej przez te urządzenia (ta energia wliczana jest w straty zwane potrzebami sieci).

Klasyfikacja systemów wg dostępnych funkcji

Niektórzy producenci systemów zdalnie odczytujących dane pomiarowe dokonują ich klasyfikacji na podstawie ilości dostępnych funkcji:

- a) AMR – system umożliwiający zdalny odczyt liczników energii elektrycznej,
- b) AMM – system ma dodatkowe funkcje:
 - zdalnego zarządzania obciążeniem
 - zdalnego odłączenia instalacji odbiorczej
 - zdalnej rekonfiguracji
 - realizacji funkcji przedpłatowych.
- c) AM – zaawansowany układ pomiarowy (w Europie), ma funkcje:
 - miesięczne fakturowanie na podstawie zmierzonej energii
 - szybko informuje odbiorcę o zużyciu energii
 - upraszcza proces zmiany dostawcy energii na liberalnym rynku energii
 - umożliwia zdalne zarządzanie
 - zapewnia umowy bazujące na elastycznych taryfach (*time-of-use*),
 - zapewnia umowy bazujące na ograniczaniu maksymalnego poboru (kary za przekroczenia lub odłączanie)
 - umożliwia korzystanie z rozwiązań przedpłatowych
 - umożliwia przygotowanie taryf na podstawie zmierzonych profili obciążenia dużej grupy odbiorców
 - identyfikacja sieci, w których występują zbytne straty
 - identyfikacja odbiorców z nietypowym profilem obciążenia
 - możliwość pomiaru parametrów jakościowych.

Nowinki techniczne

Systemy AMR rozwijają się. Obecnie technicznie możliwe są funkcje i rozwiązania, które jeszcze kilka lat temu były niedostępne. Są to:

- możliwość przesłania informacji przez transformator
- koncentrator czytający liczniki różnych firm
- standard odczytu PLC – ten sam protokół zaimplementowany w licznikach różnych producentów
- komunikacja wzajemna liczników.

Problemy z dużą ilością danych

Już na pierwszy rzut oka można zauważyć, że system gromadzi bardzo dużą liczbę danych. $96 \text{ odczytów dziennie} \times \text{liczba liczników} \times \text{liczba dni w miesiącu} \times \text{liczba miesięcy}$. Wyświetlanie takiej ilości danych jest w zasadzie niemożliwe i jak okazuje się, niepotrzebne. Interesujące są natomiast wyniki obróbki tych danych i zaprezentowanie ich w formie przystępnych tabel, raportów, rozliczeń i wykresów.

Systemy AMR gromadzą bardzo wiele danych, które mogą, chociaż nie muszą się kiedyś przydać. Przykładem mogą być np. dokładne profile każdego z odbiorców, które mogą pomóc przy wyliczaniu strat obciążeniowych dla danego obszaru. Inne dane to np. zdarzenia z licznika, zwłaszcza informujące o nieprawidłowościach pracy lub wpływie na licznik silnego pola magnetycznego. Można spróbować wyobrazić sobie przetwarzanie informacji o zdarzeniach z milionów liczników. Czasami zbierane są dane o parametrach jakościowych prądu.

Problemy z infrastrukturą sieciową

Najpoważniejszym problemem podczas wdrożeń systemów AMR w Polsce jest problem przesyłu danych po sieci energetycznej z liczników do koncentratorów. Taki przesył jest często utrudniony lub wręcz niemożliwy. Przyczyna tego problemu leży po stronie bardzo niedoinwestowanej infrastruktury sieciowej.

System pilotażowy został wdrożony w kilku miejscowościach. Generalnie lepsza transmisja danych odbywała się w instalacjach miejskich. System zainstalowany w nowym bloku cechował się prawie 100 % odczytem danych.

Na obszarach wiejskich nie było już tak dobrze. W jednej z miejscowości sieć napowietrzna była wielokrotnie zrywana przez wiatr halny. Końcówki przewodów połączone metalowymi złączkami utrudniały przesył danych. Z niektórymi licznikami udawało się nawiązać krótki kontakt tylko kilka razy w miesiącu. Podczas wdrożenia, za pomocą kamery termowizyjnej, zlokalizowano elementy grzejące się – złączki, które miały dużą rezystancję styku. Kilka przyłączy przeniesiono na zewnątrz budynków. Ponieważ była to instalacja pilotażowa, prace nie pociągały za sobą zbyt dużych wydatków. Natomiast na skalę masową mogłyby to być bardzo znaczące koszty.

Zakończenie

Systemy AMR mając wiele funkcji i możliwości wydają się jednak być zbyt skomplikowane i za drogie jak na polskie warunki. Problemem nie do przeskoczenia jest niedoinwestowana przez lata infrastruktura sieciowa, która potrzebuje jeszcze sporych nakładów pieniężnych. Bez takich inwestycji podążanie Polski za światowymi trendami oraz korzystanie z najnowszych technologii informatycznych w energetyce wydaje się być mało prawdopodobne. ■