

Damian MAZUR

POLITECHNIKA RZESZOWSKA,
ul. Wincentego Pola 2, 35-959 Rzeszów

System monitoringu oddalonych kotłowni

Dr inż. Damian MAZUR

Pracuje w Zakładzie Podstaw Elektrotechniki i Informatyki Politechnik Rzeszowskiej na stanowisku adiunkta. W pracy dydaktycznej zajmuje się diagnostyką urządzeń elektromechanicznych (obliczeniami i pomiarami maszyn elektrycznych), metodami numerycznymi (metodą elementów skończonych, brzegowych), programowaniem obiektowym i bazami danych.



e-mail: mazur@prz.edu.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono system monitoringu oddalonych kotłowni na przykładzie stworzonego narzędzia opartego o aplikację internetową SMOK. System SMOK zainstalowano w kilkudziesięciu kotłowniach o mocach >100 kW. Dzięki zdalnej rejestracji i monitorowaniu parametrów kotłów można optymalnie wprowadzać zmiany i korekty dla zapewnienia optymalnej ich pracy. Suma zysków to spadek zużycia gazu lub oleju do 10% w stosunku do analogicznych temperaturowo lat minionych. Przedstawiono przykłady zarejestrowanych awarii oddalonych od siebie kotłów oraz zaprezentowano systemy zdalnego odczytu liczników energii elektrycznej.

Słowa kluczowe: zdalny monitoring, kotłownie, zdalne sterowanie.

Monitoring system for remote boiler rooms**Abstract**

A monitoring system for remote boiler rooms using the special created tool based on Internet application SMOK is presented in this paper. The SMOK system was installed at the tens of boiler rooms of more than 100 kW power. Thanks to the remote recording and monitoring of boiler parameters, the optimal changes and corrections can be made to ensure the optimal operation of boilers. The benefit from such a solution is less usage of gas and oil, by up to 10% in relation to the previous years of comparable temperature. There are presented some examples of the recorded breakdowns of remote boiler rooms and the systems for remote reading of electricity meters. These systems support remote reading meters of different types and from different manufacturers. The measurement data are stored in databases from where they can be retrieved and processed by the client software. Data at different levels can be transmitted using various transmission media such as (PSTN, GSM-CSD, GPRS, Ethernet). Another system that has been implemented in some regions of our country is the system based on PLC technology ADDAX. The network for the transmission of digital data is used for two-way ADDAX.Net exchange of information between the device remote users and network customers.

Keywords: remote monitoring, boiler room, remote controlling.

1. Wprowadzenie**1.1. Architektura systemu**

System składa się z zestawu równorzędnych, wzajemnie komunikujących się ze sobą usług. Usługi te komunikując się wzajemnie działają jako system i umożliwiają sprawne funkcjonowanie systemu. Funkcjonalnie system SMOK składa się z zestawu usług i bibliotek: Baza danych – MySQL, Wspólna biblioteka dostępowa, Usługa protokołu SSSP, Usługa MODBUS dla urządzeń SSSP, Usługa protokołu P24, Dostępowa aplikacja internetowa, Usługa raportowania błędów, Usługa archiwizacji, Usługa kalendarza, Mostek wiadomości dla aplikacji internetowych, Usługa synchronizacji daty/czasu.

Wspólna biblioteka dostępowa

Ze względu na to że projekt pisany jest w języku Python wymagana była wspólna biblioteka, dzięki której w jednym miejscu będą znajdowały się wszystkie funkcje dostępu do danych, aby

w razie zmiany formatu w bazie nie trzeba było zmieniać niczego w kodzie poszczególnych usług. Biblioteka ta realizuje dostęp do warstw aplikacji, portów oraz pozwala na wymianę informacji między usługami.

Usługa protokołu SSSP

Klienci nowego protokołu podłączają się do systemu za pomocą zaprojektowanego na potrzeby SMOK-a protokołu SSSP. Jest to protokół służący do transportowania zestawu wirtualnych kanałów komunikacyjnych po TCP/IP, ze wsparciem szyfrowania i uwierzytelniania. Dzięki temu znacznie zwiększa się elastyczność systemu, m.in. jeden klient może udostępniać kilka portów szeregowych. Usługa ta udostępnia innym usługom porty dostępne, dzięki którym można skorzystać z funkcji udostępnianych przez klienta. Usługa ta zapewnia także w sposób transparentny szyfrowanie i uwierzytelnianie, jeśli klient zażąda takiej funkcjonalności.

Usługa MODBUS dla protokołu SSSP

Jej zadaniem jest przyjmowanie od innych usług żądań odczytu/zapisu sensorów na urządzeniu docelowym i wykonywanie ich np. w procesie sterowania. Zapewnia ona także, że dane żądanie, jeśli zlecający tego chce, zostanie na pewno wykonane.

Usługa protokołu P24

Jest on bardzo cienką otoczką na MODBUS-a i ściśle realizuje jego schemat adresacji. Cecha ta stanowi o jego słabości, gdyż nie jest możliwe na tym protokole tworzenie rozszerzeń niezgodnych z MODBUS.

Dostępowa aplikacja internetowa

Dostępowa aplikacja internetowa wykonana jest w technologii Django i pozwala na dostęp do danych oraz usług SMOK-a przez WWW i jest jedynym środkiem dostępu do systemu ze strony użytkownika. Pozwala ona na rysowanie wykresów, komunikację z usługami alarmów, archiwizacji oraz kalendarza, oraz na interaktywny podgląd stanu kotłowni. Wykresy są rysowane przy pomocy biblioteki matplotlib.

Usługa raportowania błędów

Zadaniem tej usługi jest okresowe odpytywanie urządzeń – a konkretnie, zdefiniowanych przez użytkownika sensorów – i sprawdzanie czy spełniona jest pewna wartość. Jeśli nie jest ona spełniona, usługa zapisuje informację o tym do logu i opcjonalnie wysyła SMS-a lub e-mail do użytkownika. Eksperymentalnym modulem usługi raportowania błędów jest moduł różniczkująco-całkujący, który zgłasza administratorowi sytuację w której przebieg temperatury jest drastycznie odmienny do występujących do tej pory. Funkcjonalność ta może być ściśle powiązana z RTC co pozwala na jej aktywność jedynie w założonych ramach czasowych. Eliminuje się przez to obecność stanów nieustalonych (np. chłodzenie systemu) wprowadzanych programem grzewczym. Definiowany jest dopuszczalny poziom błędów (w %).

Mostek wiadomości dla usługi internetowej

Ze względu na wykonanie dostępowej aplikacji internetowej w technologii Django, jest ona usługą asynchroniczną. Komendy takie jak „odczytaj harmonogram i powiadom użytkownika jak skończył” wymagają możliwości odebrania komunikatu zwrotnego z usługi odpowiedzialnej. Usługa ta odbiera wiadomości od usługi odpowiedzialnej, gdy ta wykona zadane polecenie, a aplikacja dostępowa jest w stanie odpytać się taką usługę czy wiadomość już doszła.

Usługa synchronizacji daty/czasu

SMOK zdejmuje z użytkownika obowiązek dbania o poprawne nastawy czasu i daty na urządzeniu. Co określony czas do urządzenia wysyłany jest aktualny czas i data. Dzięki temu w razie

awarii zasilania i utraty czasu na sterowniku szybko zostanie on przywrócony, a użytkownik nie musi się już martwić o zmianę czasu na letni czy zimowy.

2. Podstawowe idiomy i pojęcia

2.1. Sensor

Sensor to podstawowa jednostka zarządzania SMOK-a. Sensor określa jedną, konkretną wartość zdanego systemu. Jest to najmniejsza jednostka którą można odczytywać, modyfikować czy archiwizować. System określa sensor tzw. tagami, czyli nazwą obowiązującą wewnątrz systemu oraz ścieżką, czyli wartością która określa co należy czytać po stronie kotłowni. Dzięki takiemu rozprzężeniu można zmieniać wartości odczytywane w tabeli sprzężeń ścieżki i tagów bez zmieniania struktury programowej wyświetlanej kotłowni.

2.2. Moduły dostępne

Do pracy z systemem SMOK przeznaczone są dwa typy modułów dostępnych - moduł Ethernet, oraz tam gdzie nie ma możliwości położenia skrętki UTP - moduł GSM. Od strony serwera urządzenia te nie różnią się niczym.

2.3. Moduł Ethernet

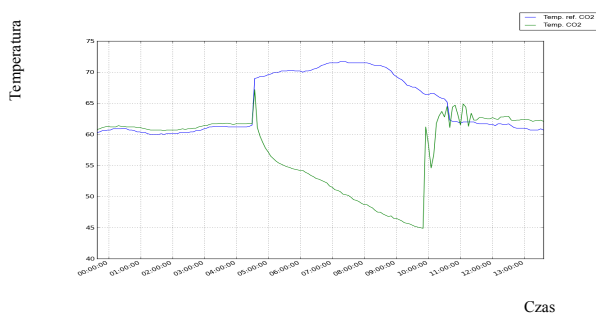
Instalacja modułu Ethernet wymaga doprowadzonego do miejsca instalacji internetu, podłączonego przez Ethernet. Można na miejscu zastosować Access Point, takie rozwiązanie jest z powodzeniem stosowane w kilkunastu kotłowniach gdzie jest zasięg WiFi. Moduł na miejscu można skonfigurować aby korzystał z statycznych nastaw IP, gdyż domyślnie wykorzystuje protokół DHCP, dzięki czemu w większości przypadków jest to rozwiązanie Plug and Play. W znakomitej większości przypadków nie jest wymagane przekierowywanie portów, gdyż to urządzenie łączy się z serwerem a nie odwrotnie. Rozwiązanie takie wymagane jest tylko wtedy gdy nastawy firewalla są bardzo restrykcyjne - do tej pory taką przeszkodę napotkano w sieci tylko jednej kotłowni. Stosowany jest powszechnie moduł TIBBO.

2.4. Moduł GSM

Moduł ten wykorzystuje GPRS do połączenia się z serwerem. Wymagany jest jedynie zasięg sieci GSM, przy czym moduł może korzystać z dowolnego operatora. Moduł ten, w odróżnieniu od modułu Ethernet, ma zintegrowany port RS485, dzięki czemu łączenie go do kaskad sterowników jest bezproblemowe i nie wymaga konwertera. Stosowany jest powszechnie model Sierra typu Fastrack Xtend.

3. Przypadki awarii

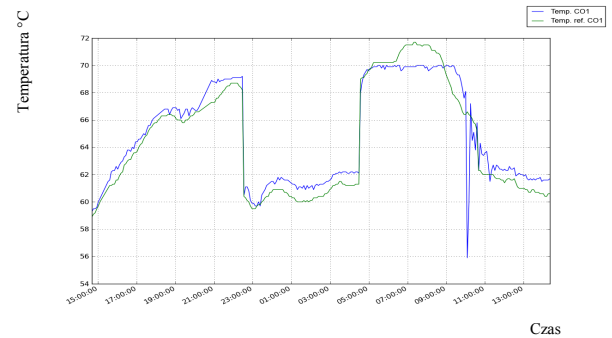
Przypadek zarejestrowany przez system i zakwalifikowany jako awaria pompy obiegowej.



Rys. 1. Awaria pompy obiegowej

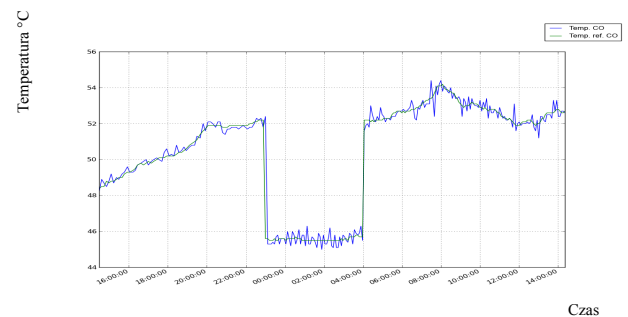
Fig. 1. Failure of the circulating pump

Jak widać awaria powstała o godz. 04.30 a usunięta została o 10:30. System wysłał sms do służb serwisu.



Rys. 2. Błędy regulacyjne spowodowane nieprawidłowymi nastawami regulatora PID sterującym pracą siłownika zaworu mieszającego

Fig. 2. Control errors caused by wrong settings of PID regulator that controls mixing valve servomotor operation



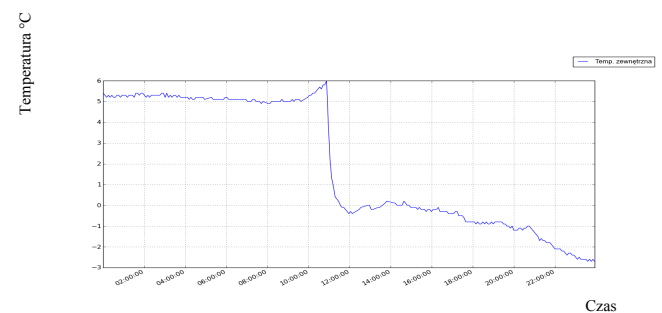
Rys. 3. Wartości po wprowadzeniu korekt w ustawieniach regulatora PID

Fig. 3. Values after the correction of PID regulator settings

Po dobraniu prawidłowych nastaw otrzymano wartości jak powyżej.

3.1. Oszczędzanie energii poprzez ocieplenie styropianem czujnika temperatury zewnętrznej

W Zespole Szkół ekipa wykonując elewację zewnętrzną zaizolowała również czujnik temp. zewnętrznej, który wskazując zawyżoną temperaturę spowodował błędne działanie regulatora. Tak więc po zgłoszeniu anomalii przez system i reakcji serwisu możemy zaobserwować bardzo ciekawy przebieg. Widać tutaj przebieg pomiaru „błędnej” zawyżonej temp. zewnętrznej oraz po wymianie czujnika i prawidłowym montażu *na* elewacji (a nie pod elewacją).



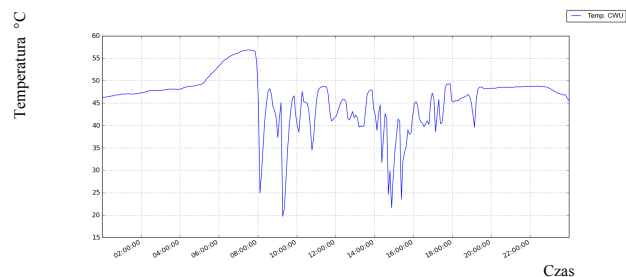
Rys. 4. Przebieg pomiaru „błędnej” zawyżonej temperatury zewnętrznej oraz po wymianie i prawidłowym montażu czujnika

Fig. 4. Measurement values of the „wrong” inflated external temperature and after replacement and proper installation of the sensor

Czujnik dość szybko przyjął odpowiednią wartość, a system powrócił do poprawnej pracy [2].

3.2. Nieprawidłowo dobrany podgrzewacz c.w.u.

Klient zgłosił, brak ciepłej wody. Po sporządzeniu wykresu ze SMOK-a, który wyglądał mniej więcej tak:

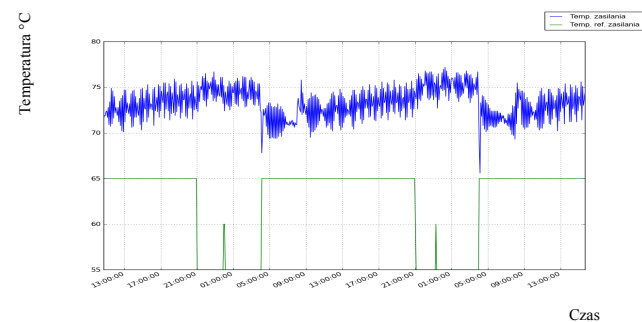


Rys. 5. Wykres sporządzony przez aplikację SMOK w związku z awarią
Fig. 5. The chart made by SMOK application due to failure

Na podstawie wykresu stwierdzono niedostosowanie mocy wymiennika podgrzewacza do mocy kotła. Bliższa inspekcja wykazała, że 200-litrowy podgrzewacz miał podłączoną jedynie górną węzownicę grzewczą (dolna węzownica była od systemu solarnego) co *de facto* ograniczało pojemność cieplną zbiornika do ~80 litrów, tak więc spadek temperatury z 55C do 25C w przeciągu 5 minut nie wydawał się niczym dziwnym.

Zalecono takie rozplanowanie poboru c.w.u. aby do minimum ograniczyć rozbiór z wydajnością maksymalną zbiornika lub wymianę podgrzewacza c.w.u. [4].

3.3. Złe parametry regulacyjne kaskady kotłów



Rys. 6. Charakterystyka temperaturowa sprężgła hydraulicznego kaskady trzech kotłów gazowych

Rys. 6. Temperature characteristic of the hydraulic clutch of the three gas boiler cascade

Powyżej widać charakterystykę temperaturową sprężgła hydraulicznego kaskady trzech kotłów gazowych o łącznej mocy 1500 kW. Rzuca się w oczy ogromny błąd regulacji co skutkuje permanentnym przegrzewaniem instalacji kotłowej. Użytkownik nie zauważał tego faktu przez pięć lat eksploatacji, gdyż obwody dystrybucji ciepła z mieszaczami regulowały temperaturę wyjściową z kotłowni. Istotne znaczenie ma tutaj jednak fakt, iż są to duże jednostki pobierające około 1650 m³/h gazu i przepływy wody rzędu 100m³/h. Przy takich przepływach gazu i wody generowane są duże średnioroczne straty z tytułu niedotrzymywania temperatur referencyjnych na obwodach sprężgłowych.

Anomalii zarejestrowanych przez system było oczywiście znacznie więcej. Analiza graficzna w przeciwieństwie do postaci stabularyzowanej pozwoliła na wychwycenie błędów zarówno

projektowych, montażowych ale i eksploatacyjnych systemów grzewczych.

System SMOK zainstalowano w kilkudziesięciu kotłowniach o mocach >100 kW. Dotychczasowa analiza ich pracy pozwala stwierdzić jednoznacznie, iż w niemalże w każdej kotłowni konieczne było wprowadzenie zmian i korekt dla zapewnienia optymalnej pracy. Suma zysków powstałych z tego tytułu jest trudna do oszacowania ze względu na brak zainstalowanej aparatury pomiarowej (ciepłomierze i inne) ale też nie sposób jej nie docenić. Użytkownicy stwierdzają spadek zużycia gazu lub oleju (im droższe paliwo tym zyski nominalnie wyższe) do 10% w stosunku do analogicznych temperaturowo lat minionych.

4. System zdalnego odczytu liczników energii elektrycznej

Wychodząc naprzeciw potrzebom użytkowników energii elektrycznej wprowadzone zostały systemy zdalnego odczytu liczników energii elektrycznej. Systemy zdalnego odczytu obsługują liczniki różnych typów i różnych producentów, a odczytywane dane pomiarowe gromadzone są w bazach danych pomiarowych skąd mogą być pobierane i przetwarzane przez odpowiednie oprogramowania klienckie. Dane na poszczególnych poziomach mogą być przesyłane za pomocą różnego rodzaju medium transmisyjnego np. (PSTN, GSM-CSD, GPRS, Ethernet).

PSTN (Public Switched Telephone Network) – publiczna komutowana sieć telefoniczna. Były to pierwsze zdalne odczyty oparte na tej technologii, obecnie w zasadzie wykorzystywane w marginalnym stopniu ze względu na niską prędkość transmisji 1200 – 4800 Bit/s, oraz konieczności doprowadzenia do urządzenia pomiarowego linii telefonicznej.

GSM-CSD (Circuit Switched Data), (pol. transmisja danych z wykorzystaniem komutacji łączy) - technologia, dzięki której możliwe jest przesyłanie w sieci GSM danych z prędkością 9.6 kBit/s (od i do użytkownika). Technologia nowsza od PSTN pozostaje stosowana, lecz generuje dość wysokie koszty po stronie pozyskującej dane pomiarowe. Cena połączeń GSM jest stosunkowo wysoka a w przypadku konieczności pozyskiwania danych systematycznie np. każdego dnia przez kilka, kilkanaście minut z jednego urządzenia generowane są dość wysokie koszty wzięwszy pod uwagę skalę tj. liczbę odczytywanych urządzeń pomiarowych.

Ethernet technologia stosowana głównie do transmisji danych na poziomie (Stacje Elektroenergetyczne WN / SN – Operator Systemów Pomiarowo Rozliczeniowych). Mały zakres stosowania tej technologii wynika z ograniczeń związanych z rozbudową wewnętrznych sieci Ethernet, w zasadzie ich brak na niższym poziomie niż stacje WN/SN.

GPRS (General Packet Radio Service) – sposób pakietowego przesyłania danych w sieciach GSM. Oferowana w praktyce prędkość transmisji rzędu 9.6 – 19.2 kBit/s. Użytkownik płaci w niej za faktycznie wysłaną lub odebraną ilość bajtów, a nie za czas, w którym połączenie było aktywne. Istnieje też pojęcie "Sieć GPRS", która umożliwia transmisję pakietową. Składa się ona ze stacji bazowych używanych w klasycznej sieci GSM do transmisji głosu i z niezależnie rozbudowywanej sieci szkieletowej, która łączy sieć radiową z zewnętrznymi sieciami IP oraz z innymi sieciami komórkowymi. Specyfikacja GPRS jest rozwijana, jako część standardu GSM przez konsorcjum standaryzacyjne 3GPP. Obecnie najszerzej stosowany system zdalnej transmisji danych pomiarowych. Przedstawię to na przykładzie PGE Dystrybucja Rzeszów S.A. która to firma w przedziale ostatnich dwóch lat wdrożyła ok. 2 tys. punktów pomiarowych odczytywanych w tej technologii. W tym celu została podpisana umowa z operatorem sieci GSM na dostarczenie zamówionej ilości kart SIM z przypisanymi numerami Voice, numerami CSD oraz numerami IP. Ponadto udostępniono został APN dedykowany dla w/w celów.

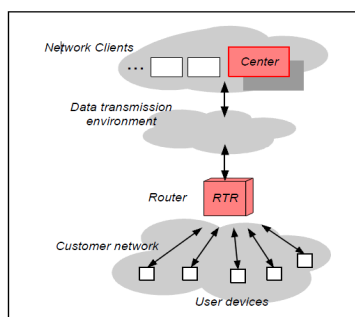
APN (Access Point Name) - nazwa wskazująca na konkretną sieć pakietową i usługę (np. MMS, WAP, GPRS), dzięki której w sieciach komórkowych GSM i UMTS użytkownik terminala może korzystać z transmisji danych przesyłanych z zewnętrznych

sieci. Formalnie *Access Point Name* jest adresem IP (lub nazwą, która przez serwer DNS zostanie zamieniona na taki adres) elementu sieci szkieletowej nazywanego GGSN. Jedną z jego funkcjonalności jest routowanie pakietów pomiędzy siecią operatora a zewnętrzną siecią pakietową. Skonfigurowanie przez użytkownika nazwy punktu dostępowego (APN) jest niezbędne dla korzystania z takich usług jak WAP lub GPRS. Po odpowiednim programowaniu modem komunikacyjny, w którym umieszczona jest karta SIM/GPRS loguje się do APN-u i od tego momentu można pozyskiwać dane pomiarowo – rozliczeniowe w/w drogą transmisji. Technologia ta jest bardzo ekonomiczna generuje w miarę niskie koszty ze strony Operatora Sieci Energetycznej a także powoduje możliwość jednoczesnego pozyskiwania danych w zasadzie z nieograniczonej liczby punktów pomiarowych przez jednego pracownika obsługującego system bilingowy. Nie było to możliwe w przypadku transmisji PSTN oraz GSM-CSD, w których to technologiach dane pozyskiwane są poprzez „wdzwianie” się na numery przypisane czy to do linii PSTN czy też do karty SIM w technologii GSM-CSD. Ograniczenia były spowodowane koniecznością instalacji na stanowiskach odczytowych dużej liczby modemów oraz każdy z modemów musiał być podłączony do indywidualnej linii telefonicznej. Każdy z modemów mógł w danym czasie pozyskiwać dane tylko z jednego urządzenia, co w efekcie było bardzo pracochłonne i czasochłonne. Technologia, która powoli wchodzi do systemów rozliczeniowych jest tzw. *Smart Metering*, czyli system inteligentnego opomiarowania. W Polsce obecnie działa kilka systemów pilotażowych różnych producentów po ok. kilkaset punktów pomiarowych, jednak jest to technologia, która wkrótce powinna być szerzej stosowana [1].

AMR (Automatic Meter Reading) – automatyczny odczyt licznika lub (**Automated Meters Reading**) – automatyczny odczyt liczników system umożliwia zdalny odczyt liczników energii elektrycznej odbiorców zasilanych niskim napięciem najczęściej są odczytywane użyciem technologii przesyłania danych po sieci zasilającej. System AMR umożliwia zdalny odczyt liczników odbiorców komunalnych zasilanych niskim napięciem. Składa się z liczników elektronicznych (statycznych). Urządzenia takie wymieniają się danymi z koncentratorami poprzez sieć zasilającą nN. Obecnie są dostępne rozwiązania 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.

4.1. Technologia PLC

Kolejnym systemem który został pilotażowo wdrożony w niektórych regionach naszego kraju jest system oparty na technologii PLC *ADDAX*. Sieć do transmisji danych cyfrowych *ADDAX.Net* służy do dwukierunkowej wymiany informacji między urządzeniami użytkowników zdalnych i klientami sieci [3].



Rys. 7 Sieć transmisji danych *ADDAX.Net*

Fig. 7. *ADDAX.Net* system of data transmission

Każda sieć, w której mierzy się zużycie energii, steruje lub zarządza się stanami urządzeń użytkownika, jest uważana za sieć zu-

żywającą energię. Dowlone liczniki, czujniki, końcowe elementy sterujące i inne mogą spełniać rolę urządzeń użytkownika.

Struktura sieci obejmuje routery (*RTR*) i urządzenia interfejsu *ADDAX (AIU)*. Routery i urządzenia interfejsu *ADDAX* wykonują funkcje transmisji danych między urządzeniami użytkownika, a klientami sieciowymi. Routery są w stanie zapewnić wymianę danych w różnorodnych środowiskach. Dzięki temu sieć *ADDAX.Net* jest uniwersalna i dostępna do szerokich zastosowań. Następujące elementy są uważane za klientów sieciowych: *Centrum* i dowolne systemy nadrzędne wspierające protokół wymiany danych w sieci. Protokół wymiany danych jest oparty głównie na przyjętym modelu wzajemnej relacji typu „klient-serwer” (żądanie-odpowiedź). Jedna ze stron (klient) wysyła żądanie odpowiedzi do drugiej (serwer), które zawiera kod określonej instrukcji i informacje towarzyszące (w razie potrzeby). W odpowiedzi druga strona wysyła wiadomość zawierającą ten sam kod instrukcji i informacje towarzyszące odpowiedzi. Optymalna realizacja sprzętowa sieci jest określana pod względem technicznym i ekonomicznym przez typ sieci zużywającej energię, jej topologię, obecność i długość linii przesyłowej, liczbę kanałów komunikacyjnych, charakter źródła zużycia energii i inne parametry. Wszystkie te cechy powinny być brane pod uwagę podczas organizowania sieci. Poniżej podano kilka cech dotyczących organizacji linii komunikacyjnych w sieci *ADDAX.Net*.

Kanały komunikacyjne sieci *ADDAX.Net*

Router (*RTR*) jest centralnym urządzeniem kanałowym w sieci *SIMS*. Router może być wykonany w różny sposób w zależności od określonych wymagań organizacji sieci. Uzasadniony wybór typu routera dla każdego segmentu sieci i jego prawidłowa eksploatacja znacznie zmniejszają koszt sieci oraz zwiększają prędkość pracy sieci i jej niezawodność. Routery, w zależności od wersji wykonania, służą do transmisji danych przez następujące kanały:

- Magistrala PL średniego napięcia (linie elektroenergetyczne 6/22 kV).
- Magistrala PL niskiego napięcia (linie elektroenergetyczne trójfazowe 0,4 kV).
- Komunikacja w sieciach GSM.
- Magistrala niskiego napięcia CM.BUS.
- Sieć Ethernet.

5. Wnioski

Korzyści:

- stworzenie indywidualnego profilu obciążenia dla każdego z odbiorców
- rozliczanie odbiorców wg dowolnego rozkładu stref czasowych
- zdalną zmianę parametrów w urządzeniach kontroli dostaw energii, np. zmianę wartości maksymalnej mocy odbieranej
- sterowanie zabezpieczeniami
- skrócenie cyklu (okresu) rozliczeniowego za energię – uniknięcie kosztów kredytowania odbiorców
- monitorowanie obciążeń (monitorowanie punktów pomiarowych) – poprawa bezpieczeństwa dostaw, alarm, większa trafność prognozy
- wizualizacja danych – obniżenie kosztów robocizn i materiałów piśmiennych oraz skrócenie czasu podejmowania decyzji

6. Literatura

- [1] Noga M., Ożadowicz A.: Certyfikowane laboratoria oceny efektywności energetycznej i automatyki budynkowej, Innowacyjny Start, Urząd Marszałkowski Województwa Małop., nr 1/2010, s. 26-27.
- [2] Clark W. Gellings: The Smart Grid: Enabling Enrgy Efficiency and Demand Response, Wydawnictwo CRC Press, 2009.
- [3] Zarządzanie energią i teleinformatyka, Wydawnictwo KAPRINT, Lublin 2012.

- [4] Lewandowski Witold M.: Proekologiczne odnawialne źródła energii,
Wydawnictwo WNT, 2010.

otrzymano / received: 24.08.2012

przyjęto do druku / accepted: 01.10.2012

artykuł recenzowany / revised paper