

Marian HYLA

Institut Elektrotechniki Teoretycznej i Przemysłowej

SYSTEM MONITOROWANIA PRZEMYSŁOWYCH SIECI ELEKTROENERGETYCZNYCH

Streszczenie. W związku z rozwojem techniki cyfrowej oraz postępem w dziedzinie telekomunikacji powszechne staje się budowanie systemów zdalnego sterowania i nadzoru urządzeń przemysłowych. W artykule przedstawiono przemysłowe rozwiązanie systemu monitorowania zakładowej sieci elektroenergetycznej wraz z rozdzielniami zrealizowanej przy założeniu minimalizacji kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych. System monitorowania zbudowano opierając się na specjalnie w tym celu skonstruowanych urządzeniach oraz własnych rozwiązaniach procedur komunikacyjnych. Zamieszczono krótki opis poszczególnych elementów systemu. Omówiono sposób realizacji łączności pomiędzy urządzeniami. Przedstawiono program komputerowy do obsługi systemu monitorowania.

THE INDUSTRY POWER GRID MONITORING SYSTEM

Summary. Thanks to digital technique expansion and telecommunications progress the construction of the remote control and supervision system for industry devices are generally available. The paper presents industry solution of the power grid and power switching station monitoring system build according to minimisation of the investment and operating costs. The monitoring system is based on the specially designed devices and the author's communication procedures solutions. The function and technical data of the system's components are presented in the paper and the communication method between installed units is discussed. The computer program of monitoring system is presented too.

1. WPROWADZENIE

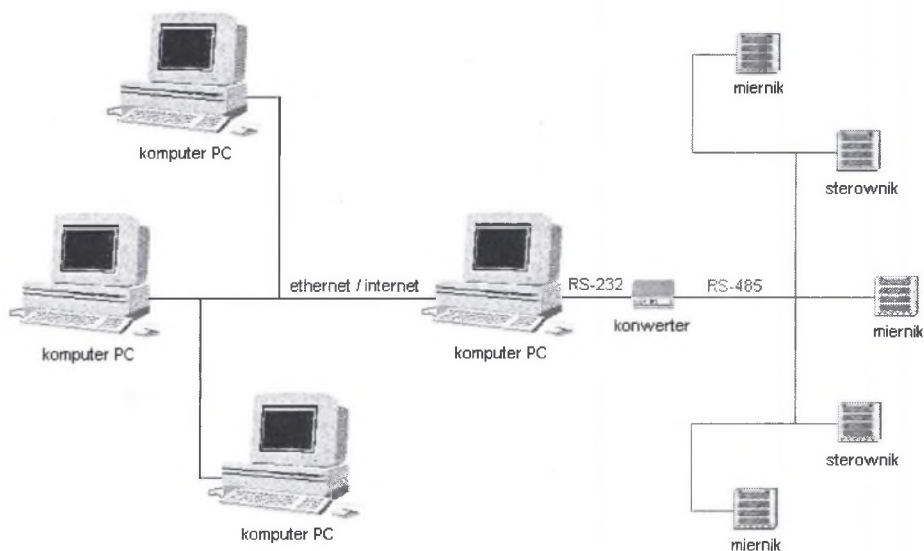
W przemysłowych rozwiązaniach systemów zdalnego sterowania i nadzoru niebagatelne znaczenie mają koszty inwestycyjne i eksploatacyjne systemu łączności. Minimalizacja kosztów była motywacją do realizacji celu, jakim było opracowanie systemu monitorowania sieci elektroenergetycznej przy minimalizacji kosztów z wykorzystaniem innowacyjnych, skonstruowanych w tym celu urządzeń oraz własnych rozwiązań komunikacyjnych.

Postęp w dziedzinie telekomunikacji znacząco wpływa na obniżenie cen urządzeń, jednak koszty ich eksploatacji nie zawsze są zachęcające dla potencjalnych klientów, szczególnie w systemach o rozproszonej strukturze i znacznych odległościach pomiędzy poszczególnymi elementami. Dąży się więc do grupowania urządzeń w obrębie własnej, bezabonamentowej sieci komunikacyjnej o prostej konstrukcji, jednak z możliwością „wyjścia na świat”, np. z wykorzystaniem globalnej sieci internetowej.

W urządzeniach przemysłowych standardem stały się interfejsy umożliwiające komunikację z innymi urządzeniami na drodze cyfrowej transmisji danych. Najpopularniejszym obecnie standardem transmisji danych w urządzeniach przemysłowych jest protokół MODBUS. Interfejs MODBUS jest standardem opracowanym przez firmę Modicon i przyjętym przez producentów sterowników przemysłowych dla asynchronicznej znakowej wymiany informacji pomiędzy urządzeniami systemów pomiarowo-kontrolnych.

Punkt styku wewnętrznej sieci komunikacyjnej z globalną siecią Internet pozwala na uzyskanie połączenia z siecią wewnętrzną, po spełnieniu określonych kryteriów wymaganych przez system kontroli dostępu, z dowolnego komputera na świecie.

Na potrzeby monitorowania zakładowej sieci elektroenergetycznej opracowano system przedstawiony na rys. 1.



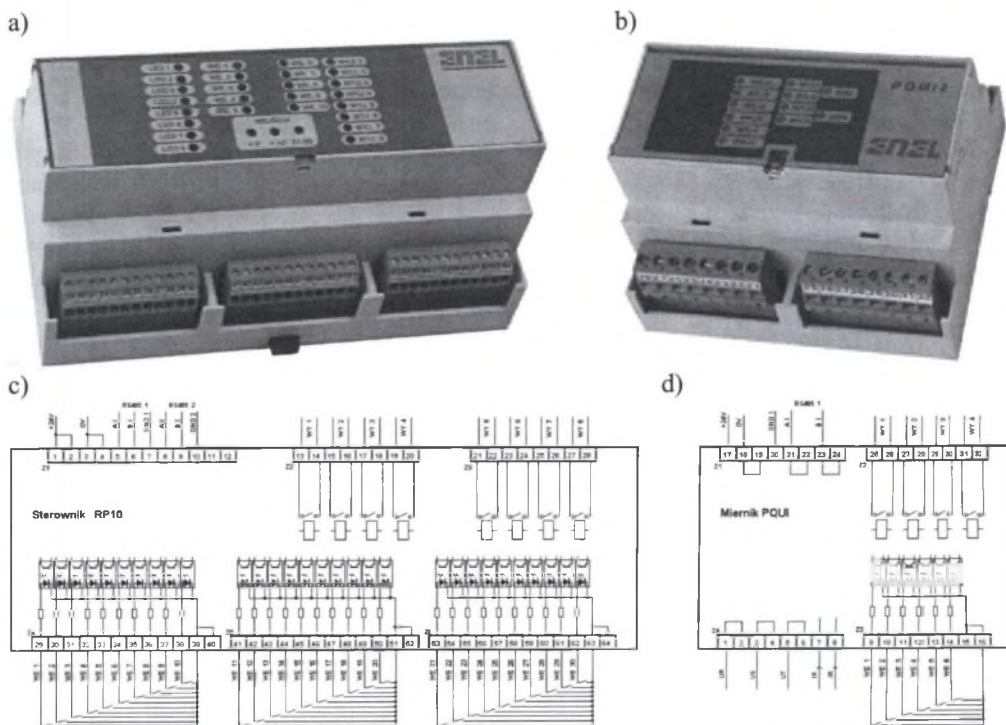
Rys. 1. Schemat systemu monitorowania
Fig. 1. Scheme of the monitoring system

2. PODSTAWOWE ELEMENTY SYSTEMU

Jako podstawowe elementy systemu monitorowania wykorzystywane są dwa specjalnie w tym celu skonstruowane urządzenia: sterownik uniwersalny RP-10 oraz miernik parametrów sieci PQUI.

Budowę obydwu urządzeń oparto na systemie mikroprocesorowym na bazie nowoczesnego mikrokontrolera H8/3048 firmy Hitachi i wyposażono w szereg wejść i wyjść cyfrowych z pełną separacją galwaniczną od pozostałej części układu.

Oprogramowanie układów pozwala na niezależne definiowanie każdego z wyjść przekaźnikowych jako wyjścia bistabilnego bądź astabilnego, łącznie z czasem powrotu styku do położenia spoczynkowego, domyślnego stanu styku po ресecie układu czy powrotu do ostatniego stanu styku sprzed resetu. Stan wyjść i wejść cyfrowych sygnalizowany jest na płytach czołowych urządzeń za pomocą diod elektroluminescencyjnych z możliwością konfigurowania sposobu sygnalizacji.



Rys. 2. Podstawowe elementy systemu monitorowania: a) sterownik typu RP-10; b) miernik parametrów sieci typu PQUI; c) schemat połączeń sterownika RP-10; d) schemat połączeń miernika PQUI

Fig. 2. Elementary elements of the monitoring system: a) RP-10 type controller; b) PQUI power grid measurements unit; c) scheme of RP-10 controller connections; d) scheme of PQUI measurements unit connections

Sterownik uniwersalny RP-10 wyposażony jest w 30 wyjść cyfrowych wykorzystywanych do identyfikacji konfiguracji łączników sieci elektroenergetycznej. 8 wyjść cyfrowych może być wykorzystanych do zdalnego sterowania sygnałami dwustanowymi.

W innych wdrożonych w przemyśle zastosowaniach wyjścia te wykorzystywane są do sterowania baterii kondensatorów z urządzenia nadrzędnego oraz do sterowania przełącznikami położenia zacze­pów transformatorów zasilających 110/6 kV.

Sterownik posiada dwa niezależne porty szeregowo wykorzystywane do transmisji danych pracujące w standardzie RS-485, służące do komunikacji z innymi urządzeniami. Dzięki możliwości wykorzystania dwóch portów szeregowych urządzenie RP-10 może pracować jako tzw. repeater, co ma szczególne znaczenie przy rozległych sieciach komunikacyjnych.

Taka możliwość konfiguracji trybu komunikacji sterownika RP-10 umożliwia konstruowanie dużych sieci komunikacyjnych bez konieczności stosowania dodatkowych urządzeń służących do wzmacniania sygnałów w oddalonych fragmentach sieci.

Miernik PQUI służy do pomiaru podstawowych wielkości elektrycznych: napięcia, prądu, mocy czynnej, biernej i pozornej oraz energii czynnej i biernej. Równocześnie wyposażony jest on w 6 wejść cyfrowych do identyfikacji stanu łączników pól, w których zainstalowano urządzenia. 4 wyjścia cyfrowe mogą być wykorzystane do zdalnego sterowania sygnałami dwustanowymi.

W innym z wdrożonych w przemyśle systemów monitorowania poprzez wejścia cyfrowe miernika PQUI przekazywane są dodatkowo informacje o przeciążeniu oraz awaryjnym wyłączeniu pola rozdzielni.

Układ wyposażony jest w port szeregowy wykorzystywany do transmisji danych pracujący w standardzie RS-485 służący do przesyłania wartości pomiarowych oraz stanu wejść cyfrowych do urządzenia nadrzędnego.

Obydwa urządzenia produkowane są na skalę przemysłową przez firmę ENEL z Gliwic.

3. REALIZACJA PRZEMYSŁOWA

Idea systemu monitorowania przedstawiona na rys. 1 z wykorzystaniem sterowników uniwersalnych RP-10 oraz mierników parametrów sieci PQUI została wykorzystana przy budowie systemu monitorowania w kilku kopalniach węgla kamiennego. Oprócz prezentowanych urządzeń wykorzystano również mierniki parametrów sieci typu CVM-BD firmy Circutor zainstalowane w polach dopływowych transformatorów 110/6 kV.

Nadzorowane fragmenty sieci elektroenergetycznej jednego z wdrożeń przedstawiono na rys. 3.

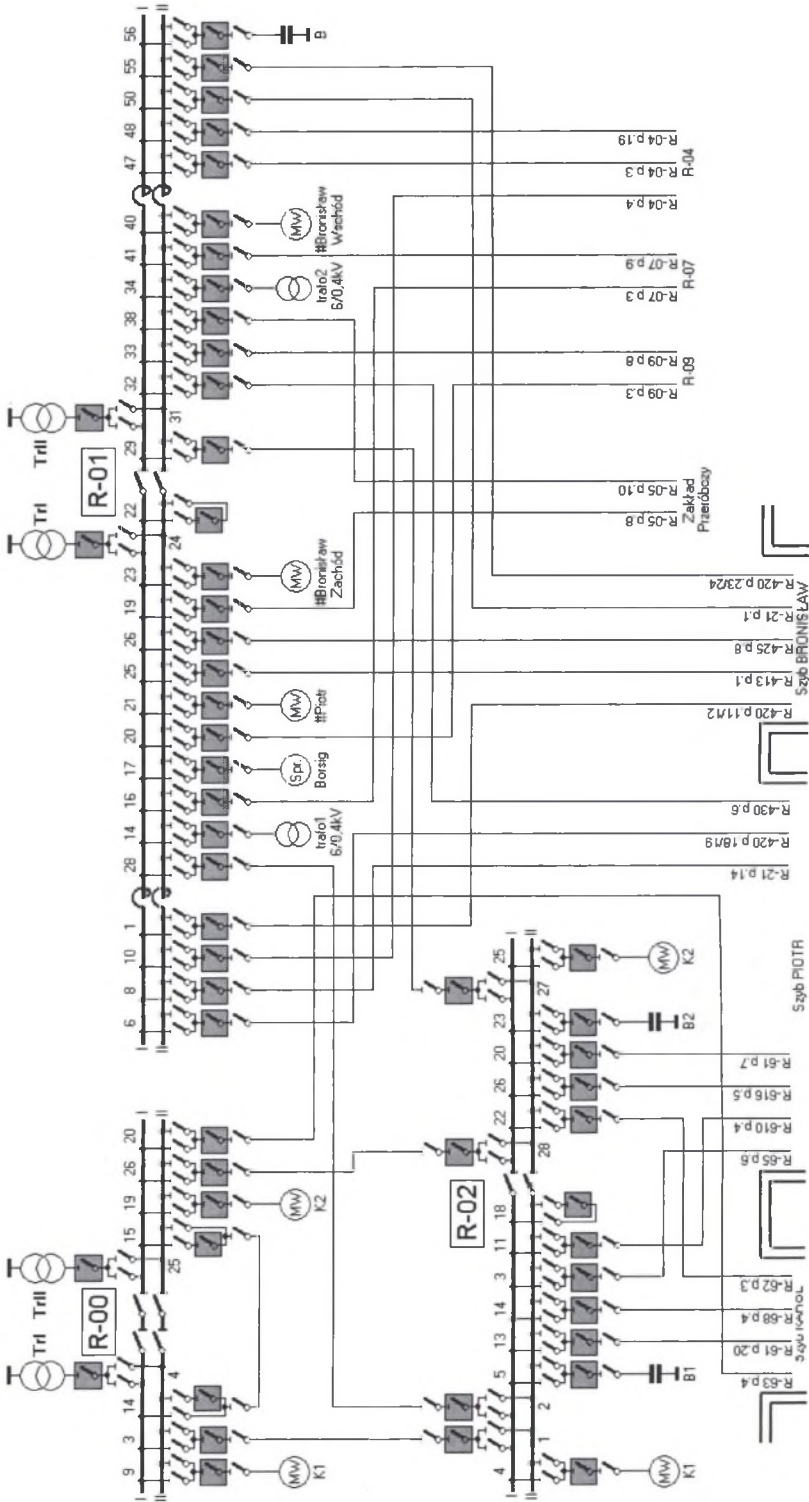
System monitorowania kontroluje stan każdego z widocznych na schemacie łączników oraz przeprowadza pomiary podstawowych wielkości elektrycznych we wszystkich widocznych polach dopływowych i odpływowych.

Łączność pomiędzy urządzeniami pomiarowymi, sterownikami identyfikacji konfiguracji sieci elektroenergetycznej oraz komputerem PC będącym urządzeniem nadrzędnym zrealizowano opierając się na wydzielonej sieci komunikacyjnej standardu RS-485.

Oprogramowanie systemu monitorowania pozwala na sterowanie przepływem informacji w sieci komunikacyjnej z maksymalnie 255 urządzeniami wyposażonymi w łącze szeregowe RS-485 za pomocą jednego portu szeregowego komputera. W celu realizacji połączenia z urządzeniami wyposażonymi w porty komunikacyjne pracujące w standardzie RS-485 konieczne jest zainstalowanie odpowiedniej karty w komputerze lub wykorzystanie zewnętrznego konwertera sygnału standardu RS-232 (komputer) na standard RS-485 (sieć komunikacyjna).

Łączność pomiędzy nadrzędnym komputerem PC a pozostałymi komputerami umożliwiającymi wizualizację stanu sieci elektroenergetycznej zrealizowano opierając się na sieci informatycznej Ethernet z wykorzystaniem protokołu transmisji TCP/IP. Przydzielając globalny routowalny adres sieciowy nadrzędnemu komputerowi PC można uzyskać dostęp do systemu monitorowania z dowolnego komputera podłączonego do sieci Internet.

System jest otwarty, łatwy do rozbudowy, pozwalający w przyszłości rozszerzyć monitorowanie o kolejne rozdzielnie zakładowej sieci elektroenergetycznej.



Rys. 3. Schemat sieci elektroenergetycznej jednego z wdrożonych systemów monitorowania
Fig. 3. Diagram of the industry power grid for one of the implemented monitoring systems

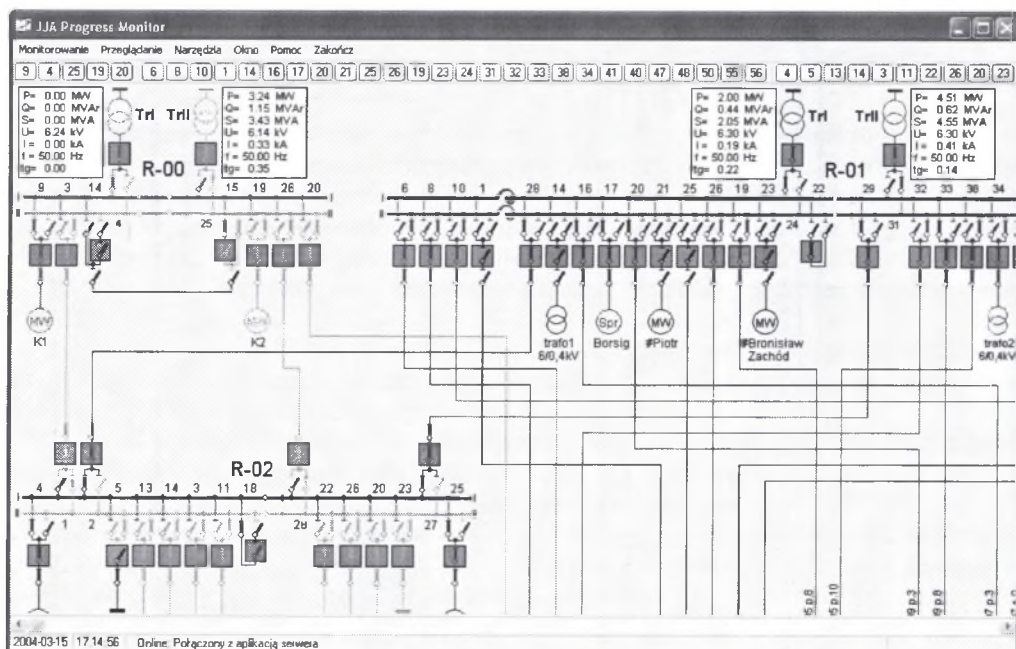
4. OPROGRAMOWANIE

Oprogramowanie systemu monitorowania składa się z dwóch aplikacji. Podstawową aplikacją jest program serwera będący koncentratorem danych transmitowanych do i z sieci RS-485 oraz translatorem pakietów informacji pomiędzy protokołami transmisji MODBUS i TCP/IP. Umożliwia on nawiązanie łączności z urządzeniami wyposażonymi w porty szeregowej transmisji danych z oddalonych komputerów poprzez komputerową sieć Ethernet lub Internet. System kontroli zdalnego dostępu eliminuje możliwość nieautoryzowanego nawiązania połączenia z systemem monitorowania.

Program serwera działa w tle systemu Windows i widoczny jest jedynie jako ikona w pasku zadań.

Drugą aplikacją pakietu oprogramowania jest właściwy program monitorowania. Aplikacja ta łącząc się z programem serwera z wykorzystaniem protokołu TCP/IP posiada możliwość transmisji danych z i do sieci RS-485.

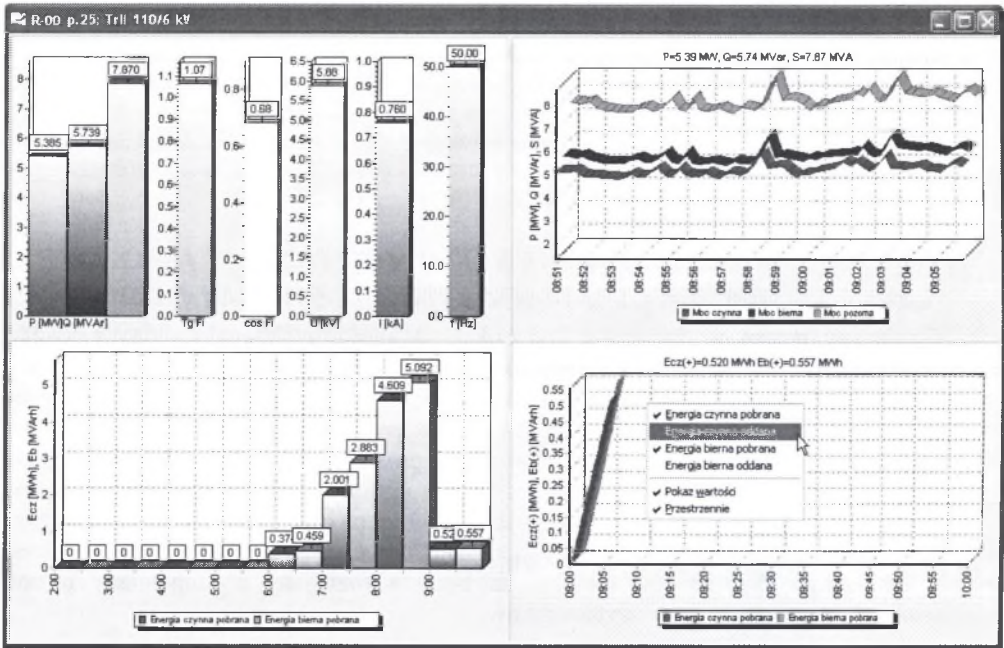
Okno główne programu monitorowania przedstawiono na rys. 4.



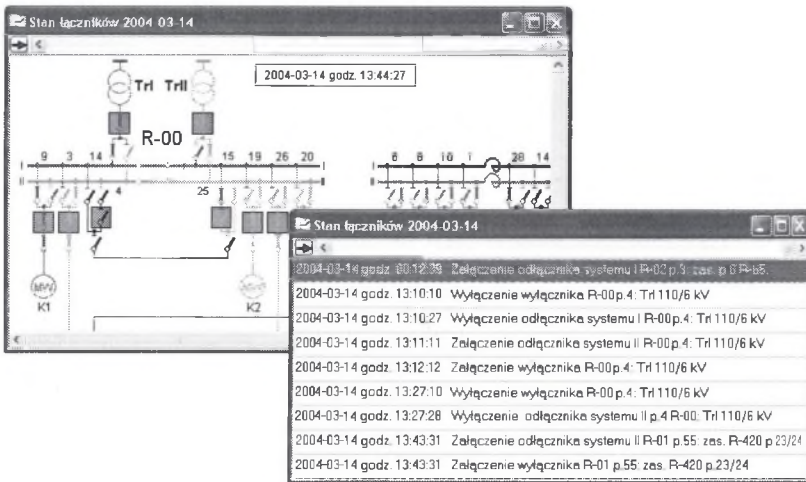
Rys. 4. Okno główne programu monitorowania systemu elektroenergetycznego zakładu
Fig. 4. Main window of the industry power grid monitoring program

W tle okna głównego odwzorowywana jest aktualna konfiguracja sieci elektroenergetycznej z oznaczeniem transformatorów zasilających 110/6 kV oraz odbiorów z nich zasilanych wybranymi kolorami. Dodatkowo wyświetlane są aktualne wartości pomiarowe podstawowych wielkości elektrycznych w punktach zasilania zakładu.

System monitorowania rejestruje i zapisuje na dysk komputera wartości pomiarowe odczytywane z każdego mierników. Umożliwia to bieżącą wizualizację obciążenia wybranych punktów sieci, jak i późniejszą ich analizę.



Rys. 5. Standardowe okno monitorowania pola rozdzielni
Fig. 5. Standard window of the switching station field monitoring



Rys. 6. Przeglądanie zarejestrowanych zmian konfiguracji sieci
Fig. 6. Review of the registered power grid configuration changes

Na rys. 5 przedstawiono standardowe okno monitorowania pola rozdzielni. Okno to prezentuje w postaci graficznej wartości chwilowe oraz przebiegi czasowe podstawowych wielkości elektrycznych, wartości energii 1-godzinnych (lub 15-minutowych w zależności od konfiguracji programu) oraz ich przyrosty w wybranych odcinkach czasu.

Oprogramowanie na bieżąco kontroluje stany łączników. Każda zmiana konfiguracji sieci elektroenergetycznej sygnalizowana jest odpowiednim komunikatem, a aktualny stan sieci zapisywany jest automatycznie do pliku. Umożliwia to późniejsze przeglądanie zmian konfiguracji sieci zarówno w formie tekstowej, jak i graficznej (rys. 6).

Wdrożenia przemysłowe opracowanego systemu monitorowania realizowane są przez firmę JJA Progress z Bielska-Białej.

5. PODSUMOWANIE

Gwałtowny postęp w dziedzinie konstrukcji urządzeń telekomunikacyjnych skutkuje opracowaniem nowych systemów komunikacyjnych coraz częściej opartych na łączności satelitarnej, systemach transmisji danych GPRS czy wykorzystaniu globalnej sieci informatycznej – Internetu. Jednak w układach sterowania i nadzoru obiektów przemysłowych wystarczające zazwyczaj są rozwiązania oparte na prostych, lokalnych sieciach telekomunikacyjnych. Takim rozwiązaniem jest prezentowany system monitorowania przemysłowych sieci elektroenergetycznych. Prezentowane rozwiązanie opracowane pod kątem minimalizacji kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych zostało dotychczas wdrożone w 2 kopalniach węgla kamiennego. System jest otwarty, na bieżąco rozwijany i uzupełniany o nowe możliwości zgodnie z sugestiami użytkowników.

LITERATURA

1. *Delphi User's Manuals*. Borland. Inc., USA 2000.
2. *Hitachi Single Chip Microcomputer H8/3048 Series Hardware Manual*. Hitachi Inc. USA 2001.
3. Hyla M.: *Sieć telekomunikacyjna jako medium sterowania i nadzoru*. Konferencja Naukowo-Techniczna Telekomunikacja w uprzemysłowionych aglomeracjach miejskich dziś i jutro TELPRZEM 2001, Gliwice 21-22.06.2001. Gliwice 2001, s.191-200.
4. Jajszczyk A.: *Wstęp do telekomunikacji*. Wydaw. Naukowo-Techniczne, Warszawa 1998.
5. Mielczarek W.: *Szeregowe interfejsy cyfrowe*. Helion, Gliwice 1993.
6. *Miernik parametrów sieci PQUI. Dokumentacja techniczno-ruchowa*. ENEL Sp. z o.o., Gliwice 2002.
7. *Modicon MODBUS Protocol Reference Guide*. Modicon Inc., USA 1993.
8. Parker T., Sportach M. : *TCP/IP. Księga eksperta*. Helion, Gliwice 2000.
9. *Sterownik uniwersalny RP-10. Dokumentacja techniczno-ruchowa*. ENEL Sp. z o.o., Gliwice 2000.

Recenzent: Dr hab. inż. Kazimierz Buczek, prof. Pol. Rzeszowskiej

Wpłynęło do Redakcji: 6 maja 2004 r.