

SYSTEM ZDALNEGO ZARZĄDZANIA I MONITOROWANIA OBIEKTÓW WODOCIĄGOWYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono autorski system zdalnego zarządzania i monitorowania rozproszonych układów regulacji i sterowania automatyki wodociągowej. Przedstawiono podstawowe właściwości sterownika STPC-09 będącego elementem wykonawczym układu automatycznej regulacji. Zaprezentowano system łączności pomiędzy sterownikami obiektów, serwerem, bazą danych i aplikacjami klienckimi. Przedstawiono ideę transmisji i buforowania informacji z obiektów regulacji. Omówiono wybrane możliwości konfiguracyjne systemu. Zaprezentowano wybrane elementy interfejsu użytkownika, zarówno z poziomu dedykowanego oprogramowania klienckiego, jak i przeglądarki internetowej.

WSTĘP

Gwałtowny rozwój techniki i postęp w dziedzinie konstrukcji urządzeń mikroprocesorowych skutkuje opracowaniem nowych systemów komunikacyjnych opartych o sieć Internet, bezprzewodową transmisję danych w sieciach GSM czy systemy satelitarne. W układach zdalnego sterowania i nadzorowania obiektów przemysłowych niebagatelne znaczenie ma koszt inwestycyjny i eksploatacyjny wybranego rozwiązania. Dzięki powszechnemu dostępowi do Internetu po przystępnych kosztach, zarówno w formie przewodowej jak i poprzez sieć telefonii komórkowej, powstaje wiele stosunkowo tanich systemów zdalnego dostępu do informacji, w tym systemów typowo przemysłowych.

Prezentowany w artykule system STPC-09 jest autorskim rozwiązaniem opracowanym przez krajowe firmy ENEL-PC oraz mKomp przy współudziale naukowców Politechniki Śląskiej, przeznaczonym do zdalnej obsługi urządzeń automatyki wodociągowej.

1. SYSTEM STPC-09

System STPC-09 jest dedykowanym systemem zdalnego ste-

rowania i monitorowania obiektów wodociągowych z wykorzystaniem sterowników przemysłowych STPC-09 [6]. Umożliwia zdalny dostęp, nadzór i sterowanie oraz akwizycję, archiwizację i analizy danych związanych ze stanem pracy obiektów. Pozwala na niezwłoczne powiadomienie obsługi w przypadku wystąpienia stanów wymagających interwencji użytkownika.

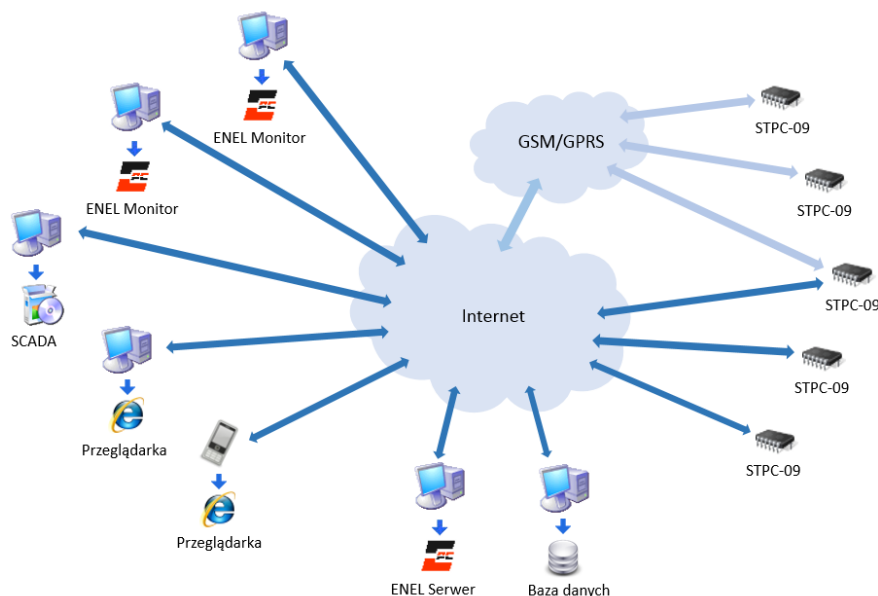
Opracowane rozwiązanie umożliwia integrację wielu oddalonych obiektów w spójny system zarządzania dostępny praktycznie z dowolnego miejsca na świecie.

W skład systemu wchodzi sterownik STPC-09, oprogramowanie serwera STPC-09, oprogramowanie serwera bazy danych oraz oprogramowanie klienckie.

1.1. Sterownik przemysłowy STPC-09

Sterownik STPC-09 pozwala na sprawowanie zdalnej kontroli nad obiektami automatyki wodociągowej. Zaimplementowane funkcje sterownika PLC umożliwiają sterowanie różnorodnych, praktycznie dowolnych układów pomp i urządzeń dodatkowych.

Sterownik STPC-09 wyposażony jest w zestaw 32 wejść i 32 wyjść cyfrowych, 24 wejścia analogowe, 8 wyjść analogowych i 32 definiowane cyfrowe sygnały wewnętrzne, może automatycznie



Rys. 1. Schemat łączności systemu STPC-09

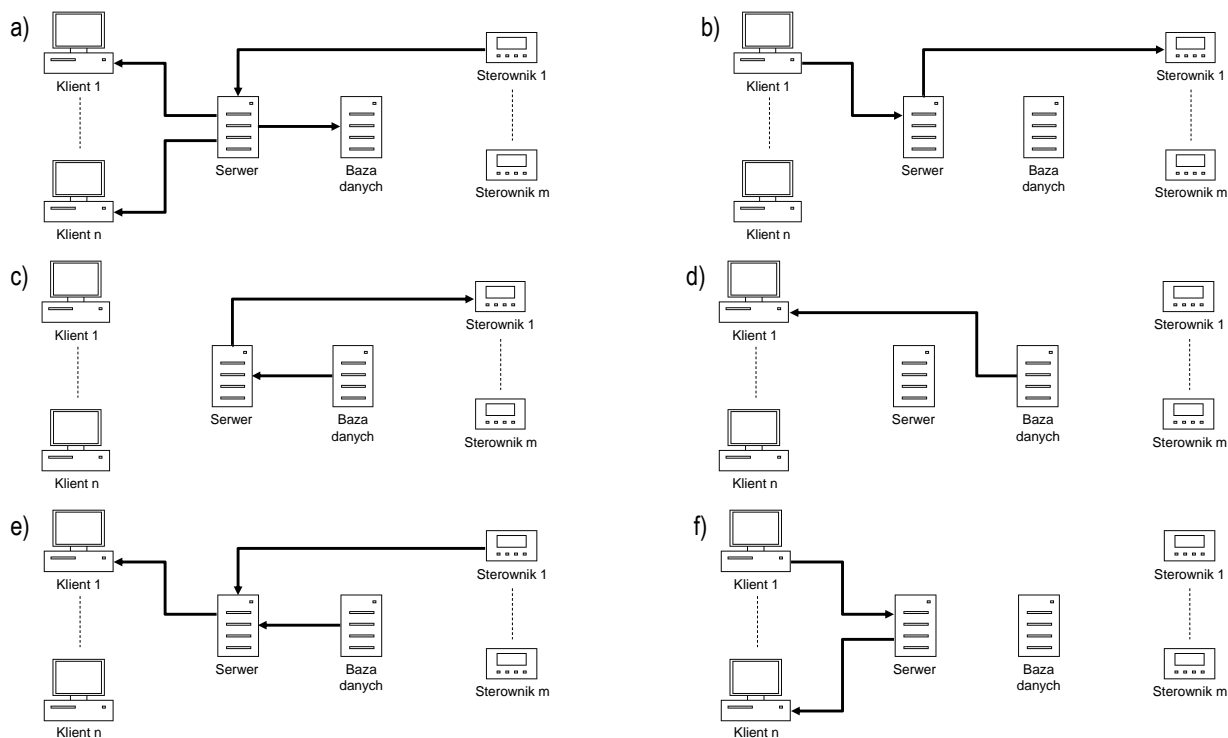
sterować pracą maksymalnie 8 pomp w układzie regulacji ciśnienia lub poziomu cieczy w jednej z kilku predefiniowanych konfiguracji sterowania pomp. Niezależnie od wybranej konfiguracji sterowania pomp możliwe jest wymuszenie zdalnej lub lokalnej zmiany stanu dowolnego sygnału wyjściowego przez operatora. Urządzenie udostępnia możliwość rekonfiguracji wejść/wyjść w zależności od potrzeb współpracujących urządzeń dodatkowych, a sprzężony z nimi programowy system zadań i alarmów pozwala na zdefiniowanie reakcji układu na dowolny sygnał pomiarowy lub wykonawczy pochodzący z obiektu. System zadań i alarmów zrealizowano w oparciu o funkcje logiki programowalnej, konfigurowalne przez użytkownika bez ingerencji w oprogramowanie wewnętrzne urządzenia i niewymagające znajomości żadnego z języków programowania.

Sterownik może utrzymywać wielotorową łączność z serwerem systemu, zapewniając automatyczną zmianę kanału transmisji w przypadku awarii jednego z medium. Wyposażony jest w interfejs komunikacyjny Ethernet (Internet, LAN, VPN) [2, 3, 7] będący podstawowym kanałem komunikacji, interfejs GPRS (Internet) [8] będący kanałem redundantnym, oraz łącze RS-485 (interfejs lokalny umożliwiający m.in. realizację łączności radiomodemowej lub współpracę z urządzeniami dodatkowymi zainstalowanymi na obiekcie).

Ze względu na mogące wystąpić w sieciach publicznych problemy z niezawodnym przesyłem informacji sterownik działa autonomicznie realizując wszystkie zdefiniowane procedury. W przypadku zerwania połączenia z serwerem systemu dane pomiarowe oraz informacje o stanach alarmowych i awaryjnych rejestrowane są w pamięci nieulotnej wewnętrznego bufora urządzenia. Po przywróceniu łączności dane te są automatycznie przesyłane do serwera.

2. SYSTEM ŁĄCZNOŚCI

Na rys.1 przedstawiono schemat łączności elementów systemu STPC-09.



Rys. 2. Schematy komunikacji w systemie STPC-09: a) przesłanie danych z inicjatywy sterownika, b) zdalne sterowanie, c) automatyczna konfiguracja sterownika, d) odczyt danych archiwalnych, e) tworzenie strony dla przeglądarki internetowej, f) komunikacja pomiędzy klientami

System łączności oparty jest o centralny serwer z dedykowanym oprogramowaniem. Serwer zarządza połączeniami z obiektami wyposażonymi w sterowniki STPC-09 oraz połączeniami z aplikacjami klienckimi. Współpracuje także z SQL-ową bazą danych Firebird [1, 5, 11]. Jako protokół komunikacji pomiędzy urządzeniami wykorzystywany jest protokół TCP/IP umożliwiający m.in. automatyczne retransmisje i kontrolę stanu połączenia.

Sterowniki STPC-09 łączą się z aplikacją serwera, a wymiana informacji odbywa się z wykorzystaniem autorskiego protokołu enkapsulowanego w pakietach protokołu TCP/IP [3]. Wszelkie dane z obiektów przesyłane są w czasie rzeczywistym do serwera oraz rejestrowane i archiwizowane w bazie danych. Baza danych może znajdować się na dowolnym komputerze w sieci. Rejestracja wielkości pomiarowych i zdarzeń związanych ze zmianami stanu obiektu umożliwia śledzenie zachowania się układu oraz wykonanie różnorodnych analiz z wykorzystaniem danych aktualnych i archiwalnych. W przypadku awarii możliwe jest odtworzenie stanu systemu przed jej wystąpieniem oraz analiza powodu wystąpienia awarii.

Nadzór na obiektami ze strony obsługi umożliwia dedykowane oprogramowanie klienckie [4]. Służy ono do bezpośredniego, autoryzowanego połączenia z serwerem, bazą danych oraz poprzez serwer z każdym ze sterowników zainstalowanych na obiektach. Wszystkie informacje odebrane przez aplikację serwera retransmitowane są do aktywnych aplikacji klienckich.

Dzięki wbudowanej w oprogramowanie serwera obsłudze połączeń protokołu HTTP możliwy jest także podgląd stanu systemu oraz poszczególnych obiektów z wykorzystaniem przeglądarki internetowej, np. za pomocą urządzenia mobilnego z dostępem do Internetu.

Oprogramowanie serwera posiada także możliwość współpracy z zewnętrznymi systemami SCADA z wykorzystaniem protokołu MODBUS/TCP.

Na rys.2 przedstawiono wybrane schematy komunikacji w zależności od przesyłanego typu danych.

Sterowniki STPC-09 realizują łączność z serwerem z wykorzystaniem protokołu TCP/IP w trybie klienta, tzn. inicjują połączenie do serwera pod konkretny, konfigurowalny adres IP i port. Nie ma możliwości nawiązania połączenia ze sterownikiem z inicjatywy jakiegokolwiek urządzenia zewnętrznego. Takie rozwiązanie zabezpiecza przed próbą nieautoryzowanego zdalnego dostępu do urządzenia z poza systemu.

Po nawiązaniu połączenia z serwerem realizowana jest obustronna procedura weryfikacji, polegająca na przesłaniu i sprawdzeniu zakodowanego, zmiennego hasła dostępu. Brak poprawnej weryfikacji w określonym czasie skutkuje rozłączeniem połączenia, co zabezpiecza przed utrzymaniem połączenia z aplikacją inną niż oprogramowanie serwera systemu.

Połączenie aplikacji klienckiej z serwerem systemu inicjowane jest od strony aplikacji klienta. W tym przypadku również realizowana jest obustronna procedura weryfikacji na podstawie zmiennego hasła dostępu. Brak autoryzacji skutkuje odrzuceniem połączenia przez serwer.

Połączenie do serwera z poziomu przeglądarki internetowej wymaga podania loginu oraz hasła dostępu identyfikującego użytkownika. Wbudowany w oprogramowanie serwera systemu serwer HTTP umożliwia jedynie odczyt podstawowych informacji o zdefiniowanych obiektach, bez możliwości dokonywania jakichkolwiek zmian parametrów lub trybu pracy urządzeń.

Dostęp do bazy danych chroniony jest przez mechanizm uprawnień i autoryzacji wbudowany w serwer bazy danych.

3. WYBRANE ELEMENTY KONFIGURACJI SYSTEMU

Konfiguracja systemu realizowana jest z programu klienckiego. Dane konfiguracyjne przesyłane są do sterowników oraz zapisywane w bazie danych. Konfiguracja wykonana z jednego stanowiska dostępna jest dla wszystkich aplikacji klienckich, a wprowadzone zmiany są natychmiast uwzględniane w pozostałych interfejsach użytkownika zalogowanych do systemu.

3.1. System zadań

W sterowniku zaimplementowano programowalny system zadań, realizujący funkcjonalność sterowników PLC, umożliwiający zdefiniowanie reakcji sterownika na dowolne stany wejść i wyjść analogowych i cyfrowych.

Zadaniem nazywana jest określona reakcja sterownika polegająca na zmianie stanu wyjścia cyfrowego lub zmianie wartości wyjścia analogowego przy określonych, zdefiniowanych przez użytkownika warunkach. Zadanie może zostać wykonane bezwarunkowo lub jego wykonanie może być uzależnione od stanu innych sygnałów.

Realizacja zadań użytkownika przebiega niezależnie od wbudowanych w sterownik procedur regulacji i może być wykorzystana do automatyzacji obsługi innych urządzeń zainstalowanych na obiekcie.

Konfiguracja systemu zadań realizowana jest z poziomu aplikacji klienckiej i poprzez serwer przesyłana do sterownika. Zdefiniowane zadania po przesłaniu do sterownika realizowane są niezależnie od stanu łączności z serwerem systemu. Wykonanie zadania rejestrowane jest przez system rejestracji zdarzeń.

Konfiguracja systemu zadań nie wymaga znajomości żadnego z języków programowania. Na rys.3 przedstawiono przykładowe okna konfiguracji zadań.

3.2. System alarmów

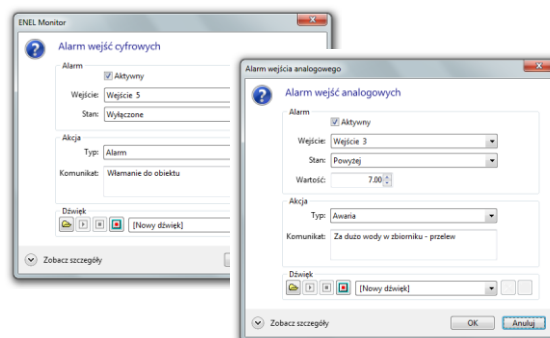
W oprogramowaniu sterownika STPC-09 zaimplementowano system alarmów, umożliwiający zdefiniowanie stanów alarmowych

i awaryjnych w reakcji na dowolne stany wejść i wyjść analogowych lub cyfrowych.

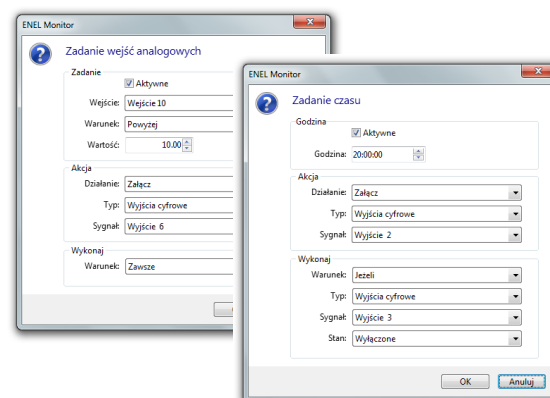
Zdefiniowane zdarzenie alarmowe może mieć jeden z 3 priorytetów: rejestracja (zarejestrowanie zdarzenia w systemie rejestracji zdarzeń bez powiadamiania obsługi), alarm lub awaria (rejestracja z powiadomieniem obsługi). Zdefiniowane stany alarmowe po przesłaniu do sterownika zostają wykrywane niezależnie od stanu łączności z serwerem systemu. Przy aktywnym połączeniu sterownika z aplikacją serwera, w przypadku wystąpienia zdefiniowanego alarmu informacja taka przesyłana jest do serwera oraz aplikacji klienckich w czasie rzeczywistym.

Dla każdego zdefiniowanego alarmu można przypisać własny komunikat tekstowy oraz własny plik dźwiękowy odtwarzany w oprogramowaniu klienckim w przypadku wystąpienia zdarzenia.

Na rys.4 przedstawiono przykładową konfigurację zdarzeń alarmowych.



Rys. 3. Konfiguracja systemu zadań



Rys. 4. Konfiguracja systemu alarmów

3.3. Wizualizacja stanu systemu i stanu obiektów

Oprogramowanie klienckie pozwala na skonfigurowanie wizualizacji stanu systemu za pomocą mapy obiektów oraz umieszczenie zdefiniowanych obiektów w wybranych pozycjach na mapie. Mapą może być dowolny plik graficzny, a każdy z obiektów może być oznaczony wybranym symbolem i kolorem. Zdefiniowana mapa obiektów wyświetlana jest jako tło okna głównego programu wraz z odpowiednimi komunikatami dotyczącymi stanu każdego z umieszczonych na mapie obiektów. Na rys 5a) przedstawiono okno konfiguracji mapy obiektów z wczytanym plikiem graficznym w trakcie edycji położenia obiektu nr 1.

Oprogramowanie klienckie posiada wbudowany graficzny edytor umożliwiający utworzenie wizualizacji obiektu przez użytkownika. Edytor udostępnia predefiniowane elementy, takie jak pompy o określonym kierunku wirowania, rury przepływowe z animacją przepływu cieczy, kolanka, złączki, zawory, zbiorniki, wskaźniki i mierniki wielkości analogowych, diody sygnalizacyjne itp. Umóli-

wia także wczytanie własnego pliku graficznego, na który można nałożyć wybrane elementy.

Elementy wizualizacji zmieniające stan, np. poziom wody w zbiorniku, obrót wirnika pompy, stan zaworów i diod itp. umożliwiają przypisanym im sygnałów sterownika odpowiadających za stan elementu. Możliwe jest także przypisanie do elementów sygnałów wyjściowych sterownika, co umożliwia zdalne sterowanie elementami wykonawczymi z komputera z aplikacją kliencką.

Na rys.5b) przedstawiono przykładową konfigurację wizualizacji stanu obiektu.

4. MONITOROWANIE I ZDALNE ZARZĄDZANIE

4.1. System rejestracji pomiarów

W sterownikach STPC-09 zaimplementowano system rejestracji pomiarów. Rejestrowane są informacje w postaci punktów pomiarowych, z których każdy zawiera informacje o dacie i czasie rejestracji, wartości wielkości zadanej, wartościach wejść i wyjść analogowych, stanach wejść i wyjść cyfrowych oraz stanach sygnałów wewnętrznych. Częstotliwość rejestracji punktów pomiarowych jest definiowana przez użytkownika. Zarejestrowane wartości przesyłane są do serwera systemu i zapisywane w bazie danych oraz przesyłane do aplikacji klienckich w czasie rzeczywistym. Przesłane do serwera pomiary dostępne są w formie różnorodnych analiz w oprogramowaniu klienckim.

4.2. System rejestracji zdarzeń

Sterownik STPC-09 wyposażono w system rejestracji zdarzeń. Rejestrowane są informacje o wystąpieniu predefiniowanych zdarzeń związanych z pracą sterownika takie jak zmiana stanu pracy pompy, wyłączenia awaryjne, uszkodzenia torów pomiarowych

i zmiany stanu łączności z serwerem sytemu itp. oraz zdarzenia konfigurowane przez użytkownika. Zdarzeniami użytkownika są zdarzenia związane z wykonaniem zadania zdefiniowanego poprzez system zadań oraz zdarzenia alarmowe zdefiniowane poprzez system alarmów. W chwili wystąpienia zdarzenia, zarejestrowane zdarzenie przesyłane jest do serwera systemu oraz aplikacji klienckich czasie rzeczywistym.

4.3. Wizualizacja stanu systemu

Skonfigurowanie mapy obiektów powoduje wyświetlenie w tle okna głównego oprogramowania klienckiego prostej wizualizacji stanu systemu za pomocą symboli poszczególnych obiektów.

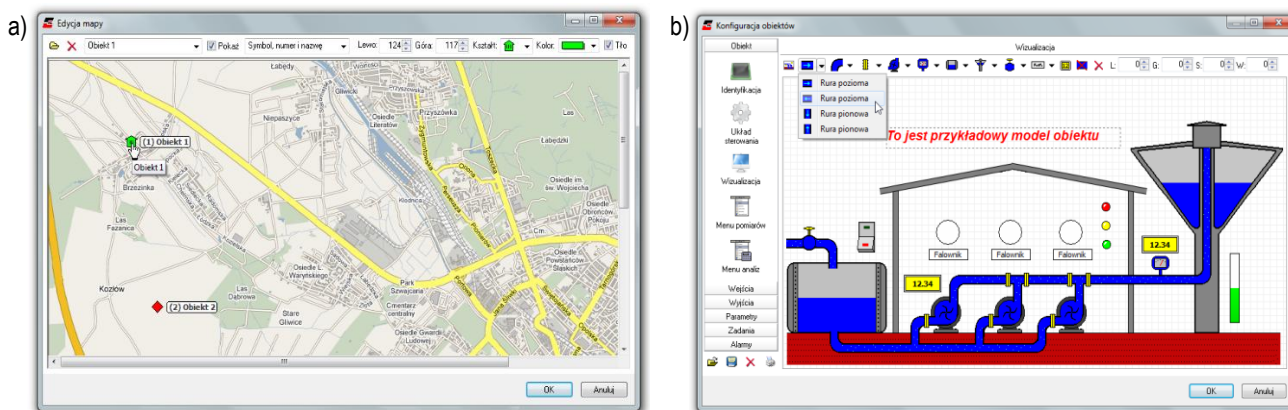
Jeżeli obiekt nie wymaga ingerencji nadzoru reprezentowany jest przez zdefiniowany symbol. Odebranie informacji z systemu alarmów powoduje wyświetlenie komunikatu tekstowego opisującego zdarzenie oraz odtworzenie pliku dźwiękowego przypisanego do zdarzenia. Dodatkowo możliwe jest aktywowanie paska alarmów w dolnej części okna głównego zawierającego informacje o wszystkich aktualnych stanach awaryjnych i alarmowych zdefiniowanych obiektów.

Kontrolowany jest także stan łączności ze sterownikami, a w przypadku braku połączenia generowane jest zdarzenie alarmowe z odpowiednim komunikatem.

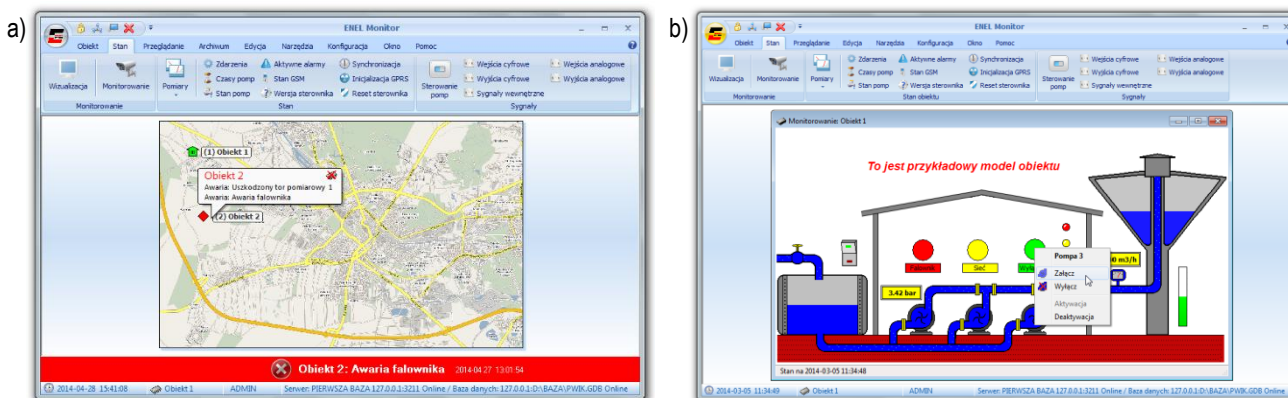
Na rys.6a) przedstawiono wizualizację stanu systemu przy wystąpieniu zdarzenia awaryjnego na obiekcie nr 2.

4.4. Wizualizacja stanu i zdalne sterowanie obiektem

Oprogramowanie klienckie udostępnia ilustrację stanu obiektu zgodnie ze zdefiniowaną wizualizacją. Elementy wizualizacji odrysowywane są dynamicznie, zgodnie z aktualnym stanem obiektu, w takt informacji napływających ze sterownika do serwera systemu.



Rys. 5. Wbudowane edytory: a) edytor mapy obiektów, b) edytor konfiguracji wizualizacji i sterowania elementami wykonawczymi obiektu



Rys. 6. Wizualizacja w aplikacji klienckiej: a) monitorowanie stanu systemu w tle okna głównego, b) monitorowanie i zdalne sterowanie elementami wykonawczymi sterownika obiektu

Zdefiniowanie wizualizacji obiektu pozwala także na zdalne sterowanie elementami wykonawczymi z aplikacji klienckiej.

Na rys.6b) przedstawiono wizualizację obiektu w trakcie zdalnego załączania pompy 1.

4.5. Analizy

Zarchiwizowane w bazie danych informacje na temat pracy systemu mogą być wykorzystane do przeprowadzenia różnorodnych analiz dotyczących pracy zarówno pojedynczych obiektów, jak i całego systemu. Oprogramowanie pozwala na przeprowadzenie predefiniowanych, typowych analiz dla systemu wodociągowego oraz analiz definiowanych przez użytkownika.

Na rys.7 przedstawiono przykładowe analizy dostępne w oprogramowaniu klienckim systemu.

5. SERWER HTTP

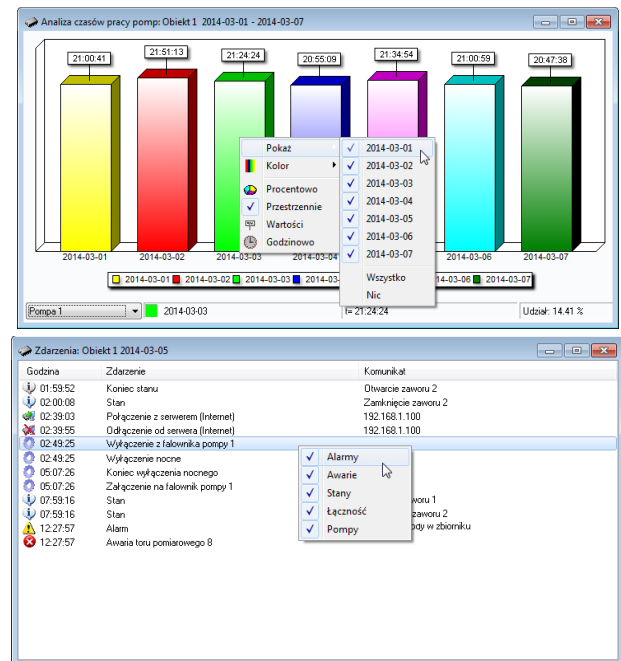
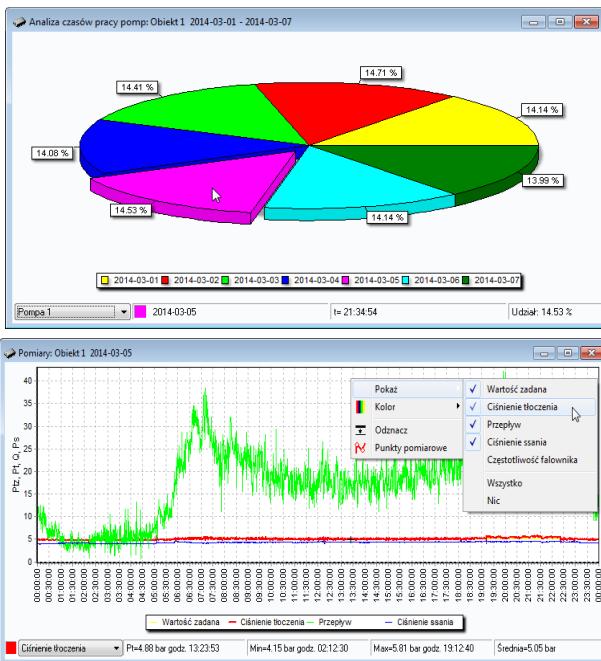
Oprogramowanie serwera systemu STPC-09 zawiera wbudowany serwer HTTP umożliwiający, po zalogowaniu użytkownika, dostęp do podstawowych informacji o pracy systemu z poziomu przeglądarki internetowej.

Strony WWW generowane przez serwer HTTP tworzone są dynamicznie na podstawie informacji zawartych w bazie danych oraz informacji przesyłanych do serwera ze sterowników obiektów i odświeżane są w przeglądarce internetowej automatycznie co 10 sekund. Udostępniają informacje o stanie łączności z poszczególnymi obiektami, stanach alarmowych lub awaryjnych oraz umożliwiają przeglądanie przebiegów pomiarowych i wizualizację aktualnego stanu obiektów.

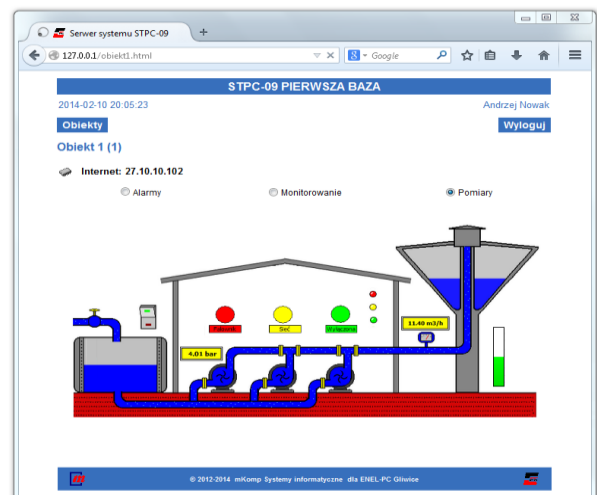
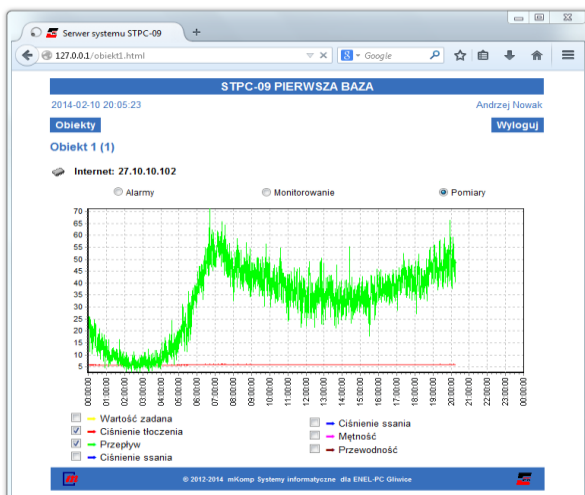
Na rys.8 przedstawiono przykładowe strony WWW generowane przez serwer systemu.

PODSUMOWANIE

Prezentowany system wykorzystujący zaawansowane techniki łączności zarówno przewodowej jak i bezprzewodowej stanowi kompleksowe rozwiązanie w zakresie zdalnego sterowania i nadzoru rozproszonych obiektów wodociągowych. Umożliwia integrację w systemie praktycznie dowolnej, ograniczonej jedynie wydajnością sprzętu komputerowego i przepustowością sieci, ilości zdalnych układów automatyki przemysłowej. Szerokie możliwości konfiguracyjne umożliwiają dostosowanie do indywidualnych potrzeb i wyma-



Rys. 7. Przykładowe analizy dostępne w oprogramowaniu klienckim systemu



Rys. 8. Przykładowe strony WWW generowane dynamicznie przez serwer systemu

gań użytkownika, w tym włączenie do systemu urządzeń niebędących integralną częścią układu regulacji

Możliwość ciągłego nadzoru i zdalnego wpływania na realizowane procesy pozwala na wyeliminowanie miejscowej obsługi. Automatyczny nadzór nad pracą elementów systemu wraz z powiadomianiami wizualnym i głosowym w przypadkach wymagających ingerencji obsługi oraz możliwość zdalnej reakcji operatora na nietypowe zjawiska pozwala na zmniejszenie awaryjności systemu wodociągowego.

Archiwizacja danych oraz dostępność różnorodny analiz umożliwiają weryfikację poprawności działania zarówno pojedynczych obiektów, jak i całego systemu.

Wdrożenie w jednym z górnośląskich przedsiębiorstw wodociągowych obejmujące ponad 70 rozproszonych obiektów potwierdza słuszność wybranej koncepcji i wysoką efektywność systemu.

BIBLIOGRAFIA

1. Borrie H., *The Firebird Book. A Reference for Database Developers*. Apress, 2004.
2. Comer D. E., *Sieci komputerowe TCP/IP. Tom 1. Zasady, protokoły i architektura*. WNT, Warszawa, 1997.
3. Comer, D. E., Stevens, D. L., *Sieci komputerowe TCP/IP. Tom 2. Projektowanie i realizacja protokołów*. Tom 2. WNT, Warszawa 1997.
4. Comer, D. E., Stevens, D. L., *Sieci komputerowe TCP/IP. Tom 3. Programowanie w trybie klient-serwer*. WNT, Warszawa 1997.
5. Date, C.J., *Wprowadzenie do systemów baz danych*, WNT, Warszawa 2000.
6. ENEL-PC, *Sterownik STPC-09. Programowalny sterownik wodociągowy z wielodrożnym systemem łączności*. ENEL-PC, Gliwice 2014.
7. Jarczyk A., *Biblia TCT/IP*. Helion, Gliwice 2002.
8. Simon A., Walczyk M., *Sieci komórkowe GSM/GPRS. Usługi i bezpieczeństwo*. Xylab, Kraków 2002.
9. Siyan K.S., Parker T., *TCP/IP. Księga eksperta*. Helion, Gliwice 2002.
10. Sportack M., *Sieci komputerowe. Księga eksperta*. Helion, Gliwice 2004.
11. Ullman J. D., *Systemy baz danych*. WNT, Warszawa 1988.

SYSTEM OF REMOTE MANAGEMENT AND MONITORING OF WATER SUPPLY FACILITIES

Abstract

The article presents a system for remote management and monitoring of distributed automatic control systems of water supply. The basic properties of the facility controller STPC-09 which is main part of the control system was presented. Communication system between facility controllers, server, database and customer applications was described. The idea of transmission and buffering data from control facilities was discussed. Some selected possibilities for system configuration were shown. Selected user interface elements from both dedicated client software and a web browser were presented.

Autor:

dr inż. **Marian Hyla** – Politechnika Śląska w Gliwicach, Katedra Energoelektroniki, Napędu Elektrycznego i Robotyki, Wydział Elektryczny, e-mail: marian.hyla@polsl.pl