

dr inż. Małgorzata Kaliczyńska
inż. Marcin Zmarzły
Politechnika Opolska
Wydział Elektrotechniki i Automatyki

MAŁE SYSTEMY SCADA - PROBLEMY REALIZACJI 'OPTYMALNEJ' APLIKACJI

Ostatnie lata to okres burzliwego rozwoju systemów nadzorowania i wizualizacji procesów przemysłowych. Efektem jest stosowanie nowoczesnych pakietów programowych SCADA nawet na niewielkich obiektach. W referacie podjęto próbę zdefiniowania pojęcia mały system SCADA oraz zasad realizacji optymalnej aplikacji. Podano sposoby doboru odpowiedniego sprzętu i oprogramowania, pod kątem kosztów oraz funkcjonalności, przy jednoczesnym uwzględnieniu realizacji koniecznych zadań – optymalności aplikacji. Temat opracowano na przykładzie Stacji Uzdatniania Wody.

SMALL SCADA SYSTEMS - PROBLEMS IN DESIGN OF AN 'OPTIMAL' APPLICATION

Recently, we can observe the immense development of supervisory and visualisation systems for industrial processes. As a result, implementations of modern SCADA programme packages even on small plants are encountered. In the paper, a 'small' SCADA system and principles for the design of its 'optimal' application are defined. The methods for selection of proper hardware and software, in terms of costs and system functions combined with a correct realisation of necessary tasks, define the optimal application. A case study deals with the exemplary application to a water treatment station.

1. WPROWADZENIE

Systemy sterowania nadrzędnego i wizualizacji procesów przemysłowych SCADA (ang. *Supervisory Control and Data Acquisition*) stanowią dziedzinę automatyki, która w ostatnich latach gwałtownie zwiększyła zakres swoich zastosowań [2]. Przed laty systemy wizualizacji, archiwizacji i przetwarzania danych opierały się na drogich rozwiązaniach sprzętowych, często elektromechanicznych. W chwili obecnej koszt wydajnego sprzętu komputerowego oraz specjalizowanego oprogramowania SCADA jest znacznie niższy. Stąd coraz częstsze stosowanie tego typu narzędzi również w postaci małych aplikacji.

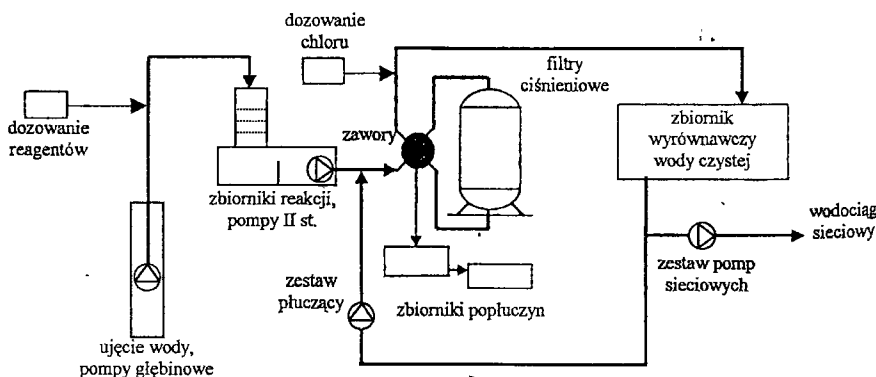
Małe systemy SCADA to specjalizowane oprogramowanie zainstalowane w małym obiekcie przemysłowym. Pojęcie mały obiekt przemysłowy można rozumieć wielorako. Można rozmiar obiektu rozpatrywać w aspekcie wielkości rozproszenia terenowego, kosztów inwestycji, ilości punktów pomiarowych lub innych, np. pod kątem złożoności realizowanych algorytmów. Taka definicja nie jest odpowiednia w kontekście niniejszego referatu. Mała aplikacja, to aplikacja, bez której obiekt może poprawnie funkcjonować przez dłuższy lub krótszy okres czasu. W przypadku Stacji Uzdatniania Wody SUW, system SCADA nie jest elementem

niezbędnym dla zapewnienia ciągłości dostaw wody do sieci wodociągowej. Jak należy uzasadnić potrzebę inwestycji niemałych w końcu pieniędzy na element, który nie jest potrzebny? Uzasadnienie można znaleźć we wnioskach końcowych referatu. Tam też dokonano próby określenia warunków, jakie musi spełniać układ sterowniczy oraz aplikacja systemu SCADA, aby całość była uzasadniona w znaczeniu ekonomicznym oraz użytkowym. Referat powstał na podstawie doświadczeń nabytych w trakcie wdrażania kilkunastu systemów sterowania Stacji Uzdzielania Wody na terenie całej Polski [5].

2. AUTOMATYZACJA STACJI UZDATNIANIA WODY

2.1 Krótko o procesie technologicznym

Stacja Uzdzielania Wody (rys. 1) jest obiektem, który realizuje proces technologiczny w trzech etapach – pobór wody z ujęć podziemnych, jej uzdatnienie oraz dostarczenie do sieci wodociągowej. Woda pobierana jest z szeregu studni ujęciowych. Ich liczba waha się od co najmniej 2 do kilkunastu, są one rozmieszczone na terenie stacji lub odległe nawet do kilku kilometrów. Woda pobrana z ujęcia wzbogacana jest w koagulanty ułatwiające fluktuację oraz sedymentację zawieszin w zbiorniku reakcji. Dodatkowo woda jest napowietrzana w desorberach lub kolumnach ociekowych zasilanych stałym strumieniem powietrza z wentylatorów. Drugi stopień pompowania składa się najczęściej z 2 pomp przewałowych tłoczących wodę przez filtry ciśnieniowe do zbiornika wyrównawczego. Woda tłoczona jest przez jedno- lub dwustopniowy układ filtracji - po 2, 3 lub 4 filtry w każdym stopniu.

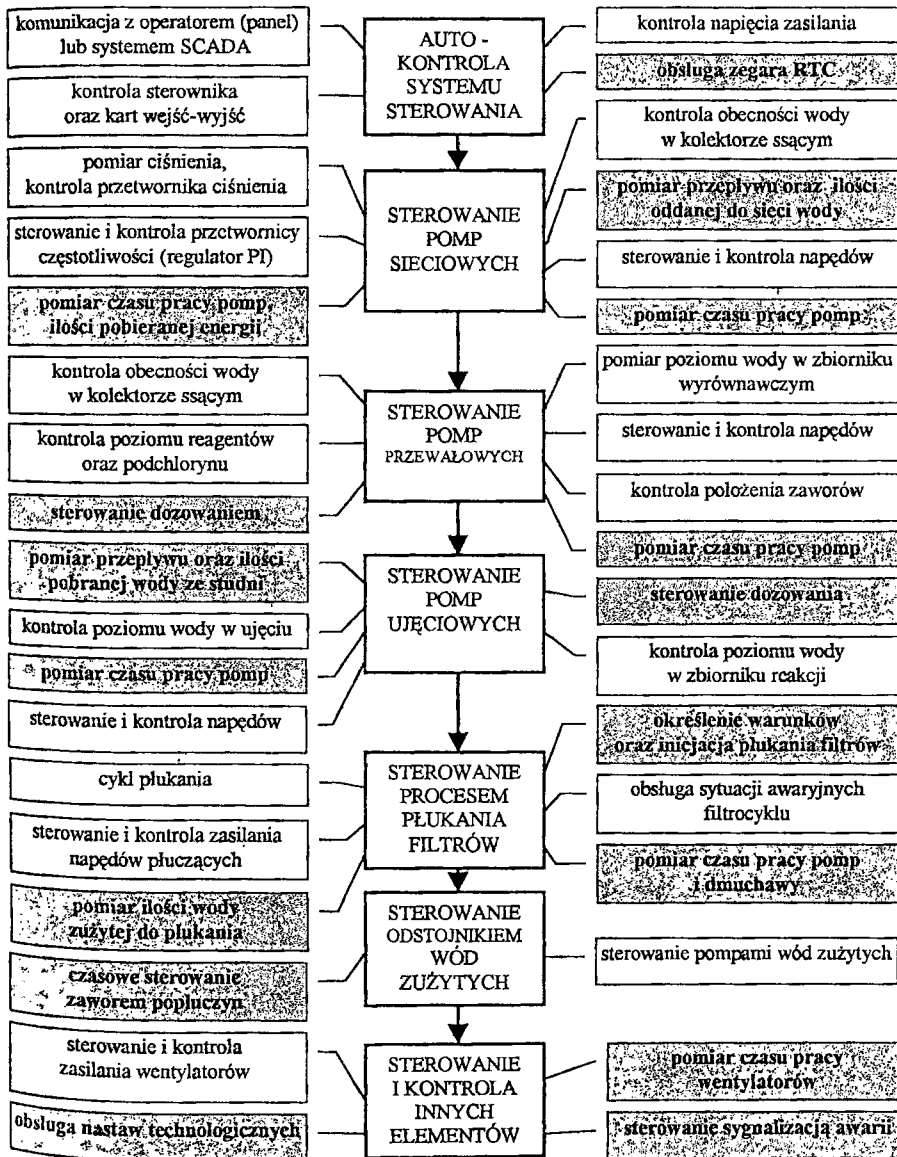


Rys.1. Uproszczony schemat technologiczny SUW

Zestaw przepustnic lub zaworów wielodrogowych kieruje wodę surową do góry filtra, natomiast wodę uzdatnioną odbiera ze spodu filtra, kierując ją do zbiornika wyrównawczego [3]. Stacja wyposażona jest najczęściej w chlorator załączany doraźnie w przypadku skażenia bakteriologicznego. Każdy z filtrów musi być regularnie czyszczony. Cykl pracy filtra zwany filtrocyklem określa, jak często oraz w jaki sposób powinien być filtr płukany. Płukanie filtra odbywa się najczęściej wodą uzdatnioną z wykorzystaniem dmuchawy oraz pompy płuczającej. Uzdatniona woda tłoczona jest do wodociągu sieciowego przy pomocy zestawu pomp sieciowych, których liczba waha się od 2 do 6. Wydajność pomp uzależniona jest od rozborów przewidywanych w planach długoterminowych [4].

2.2 Algorytmy sterowania Stacji Uzdatniania Wody

Aby zadanie uzdatniania wody oraz zasilania sieci wodociągowej przebiegało prawidłowo, układ sterowania i kontroli SUW powinien realizować określone algorytmy sterownicze oraz dokonywać kontroli pracy wszystkich urządzeń. Algorytmy te podzielone zostały na grupy (rys. 2) wynikające z układu technologicznego SUW.



Rys. 2. Podstawowe algorytmy regulacji realizowane na Stacji Uzdatniania Wody

Autokontrola systemu sterowania obejmuje obsługę (kontrolę) komunikacji z różnymi elementami systemu. Można tu wymienić, w zależności od złożoności takie elementy, jak panel operatorski, komputer nadrzędny z systemem wizualizacyjnym, inne sterowniki pracujące w konfiguracji sieci przemysłowej. Do zadań można zaliczyć również kontrolę zasilania (praca z załączonym zasilaniem rezerwowym), obsługę zegara czasu rzeczywistego oraz kontrolę wszystkich elementów sterownika ze szczególnym uwzględnieniem kart wejść-wyjść analogowych i cyfrowych. **Sterowanie pomp sieciowych** obejmuje elementy odpowiedzialne za dostarczanie wody do sieci wodociągowej. Realizowane są tutaj energooszczędne algorytmy, które muszą spełniać zadanie nie tylko w warunkach normalnego rozbioru wody, muszą również uwzględniać sytuacje nietypowe, np. zwiększony pobór wody w razie pożaru. Elementy kontroli obejmują tutaj przetwornicę częstotliwości, silniki, przetworniki ciśnienia i przepływu. Dodatkowo kontrolowane są obwody sterowania (styczniki i przekaźniki) napędów. Odpowiednie czujniki dokonują pomiaru ilości przepompowanej wody, oprogramowanie gwarantuje pomiary tych wielkości wraz z rejestracją czasu pracy oraz zużycia energii. **Sterowanie pomp przevalowych oraz pomp ujęciowych** grupuje algorytmy mniej złożone. Zapewniają one prawidłową pracę pomp w funkcji poziomu wody w zbiornikach. Algorytmy uwzględniają zabezpieczenie pomp przed suchobiegiem oraz dokonują pomiarów przepływu, ilości przepompowanej wody, czasu pracy, zużycia energii itp. W grupach tych ujęto sterowanie dozowaniem oraz chloratorem. Wynika to z oddziaływania przepływu wody na wydajność tych elementów. **Sterowanie procesem płukania** wynika z potrzeby okresowego czyszczenia filtrów. Algorytmy gwarantują poprawną inicjację płukania każdego z filtrów, sterowanie przebiegiem (cyklem) płukania oraz kontrolę urządzeń wykorzystywanych do płukania. **Sterowanie odstożnikiem popłuczyn oraz sterowanie innymi elementami** należą do algorytmów mniej istotnych lecz niezbędnych podczas pracy SUW. Do wyróżniających się należy zaliczyć sterowanie sygnalizacją awarii oraz obsługę nastaw technologicznych. Sygnalizacja może polegać na prostym zapaleniu czerwonej diody sygnalizacyjnej lub też na wysłaniu komunikatu pocztą elektroniczną *e-mail*. Nastawy technologiczne stanowią element charakterystyczny, wynika to z zakładanej bezobsługowości pracy SUW.

Wymienione zadania realizowane są przez sterownik PLC lub przez połączenie sterownika PLC z systemem SCADA. W przypadku samodzielnego funkcjonowania sterownika, całość realizowana jest przez PLC, natomiast w przypadku współdziałania sterownika z systemem SCADA, rozdział jest inny. System nadrzędny przejmuje m.in.: obsługę zegara RTC, pomiar przepływów oraz ilości pobranej wody w każdym stopniu pompowania, sterowanie dozowaniem podchlorynu oraz innych reagentów, pomiary czasów pracy wszystkich napędów, obsługę nastaw technologicznych, określanie warunków inicjacji płukania. Zadania sterownika są zwiększone o algorytmy obsługi nastaw - w przypadku braku komunikacji z systemem SCADA. W takiej sytuacji sterownik przejmuje ostatnie nastawy z komputera lub określa nastawy na wartości domyślne. Algorytmy wyróżnione na rys. 2 możliwe są do wykonania przez system SCADA. Aby aplikacja pracowała optymalnie, wskazane jest przeniesienie części zadań ze sterownika do systemu nadrzędnego.

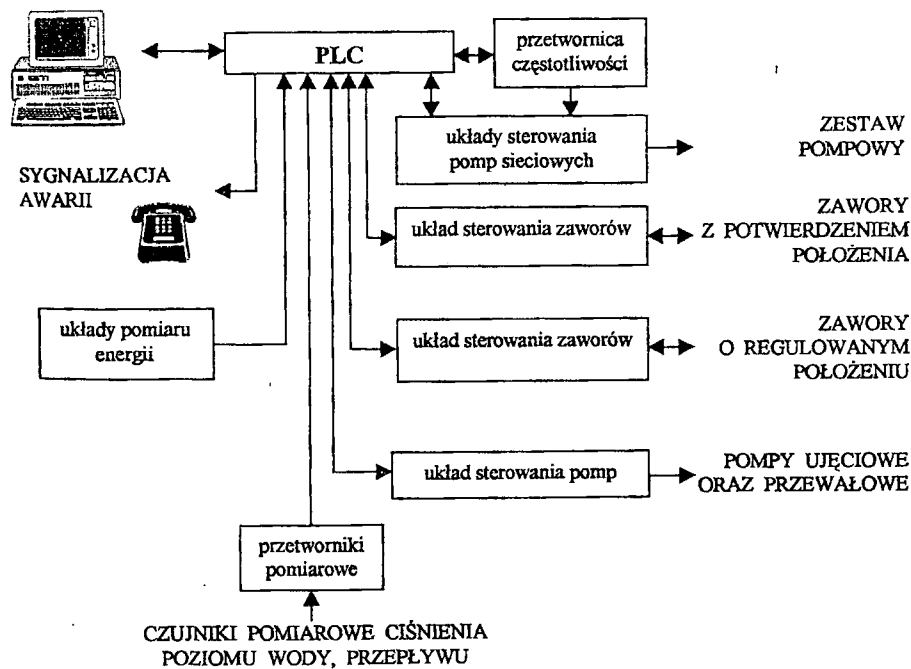
3. STRUKTURA UKŁADU STEROWANIA I KONTROLI SUW

3.1 Konfiguracja sterownika

Układ sterowania i kontroli SUW [2] składa się z dwóch części - sterownika PLC wraz z czujnikami pomiarowymi, przetwornikami i sondami (rys. 3) oraz systemu SCADA (rys. 4). Systemy te wspólnie nadzorują proces. Sterownik PLC na SUW steruje wszystkimi elementami stacji oraz stanowi koncentrator danych dla aplikacji SCADA. Do wejść sterownika

podłączone są wszystkie wykorzystywane sygnały. Sterownik steruje oraz kontroluje następujące elementy:

- przetwornica częstotliwości (sterowanie pracą, kontrola awarii napędu, kontrola napięcia zasilania, sterowanie częstotliwością wyjściową),
- obwody sterowania zasilaniem napędów (załączanie pompy do pracy z falownikiem lub z pełnym napięciem sieciowym, kontrola zabezpieczeń silnikowych, kontrola obwodów sterowania),
- sterowanie zaworami (kontrola potwierdzenia położenia zamknięcia lub otwarcia),
- sterowanie zaworami o zmiennej przepustowości (kontrola serwomechanizmu),
- skalowanie oraz kontrola przetworników ciśnienia, przetworników hydrostatycznych oraz przetworników przepływomierzy elektromagnetycznych,
- układy pomiarowe zużycia energii elektrycznej,
- sygnalizacja optyczna, dźwiękowa, modem.

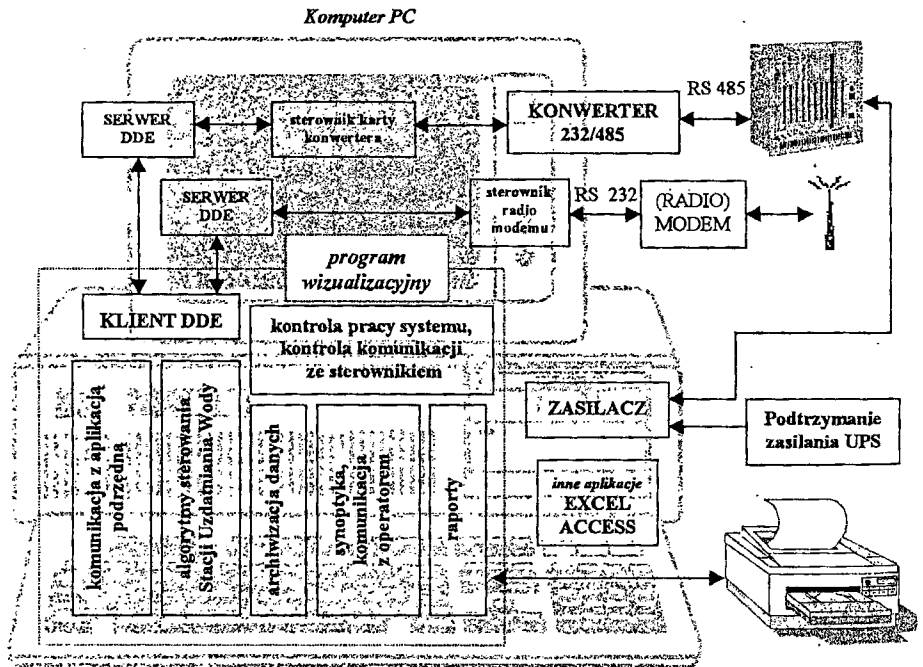


Rys. 3. Konfiguracja sterownika PLC Stacji Uzdatniania Wody

3.2 Konfiguracja systemu SCADA

System sterowania nadrzędnego i wizualizacji SCADA (rys. 4) umożliwia realizację podstawowych zadań wynikających z funkcjonowania stacji, zapewnia długoterminową kontrolę, jak również stanowi most do aplikacji podrzędnych umieszczonych w znacznych odległościach. Do komunikacji ze sterownikiem PLC wykorzystano kartę konwertera 232/485 z odpowiednimi driverami. Aplikacja w DELPHI lub C++ pozwala zintegrować oprogramowanie konwertera z dowolnym systemem wizualizacyjnym pracującym pod kontrolą systemu MS Windows. Należy zwrócić uwagę, że każdy pakiet wizualizacyjny zapewnia komunikację poprzez łącze DDE. Podobnie wygląda konfiguracja radiomodemu lub modemu do połączeń

telefonicznych. Elementy te pozwolą na komunikację z aplikacją podrzędną na znaczne odległości. Jako funkcje dodatkowe system wykorzystuje aplikacje pomocnicze typu arkusz kalkulacyjny, program do obsługi baz danych czy też program do wyłączania komputera po dłuższej pracy z układem UPS.



Rys. 4. Schemat systemu SCADA Stacji Uzdzielania Wody

Zadania systemu sterowania nadrzędnego i wizualizacji pogrupowano w kategorie:

algorytmy sterowania stacją:

algorytmy wyznaczania warunków inicjacji płukania filtrów (w funkcji ilości przefiltrowanej wody, w funkcji różnicy ciśnień na filtrze, według zegara czasu rzeczywistego); obliczanie czasu pracy oraz poboru energii przez urządzenia; sterowanie ciśnieniem w wodociągu w zależności od przepływu (wykrywanie poboru pożarowego wody, wykrywanie usterek w wodociągu) i innych warunków zewnętrznych; kontrola zwierciadeł dynamicznych pomp głębinowych; kontrola rezerwy zasilania;

synoptyka, komunikacja z operatorem (rys. 5):

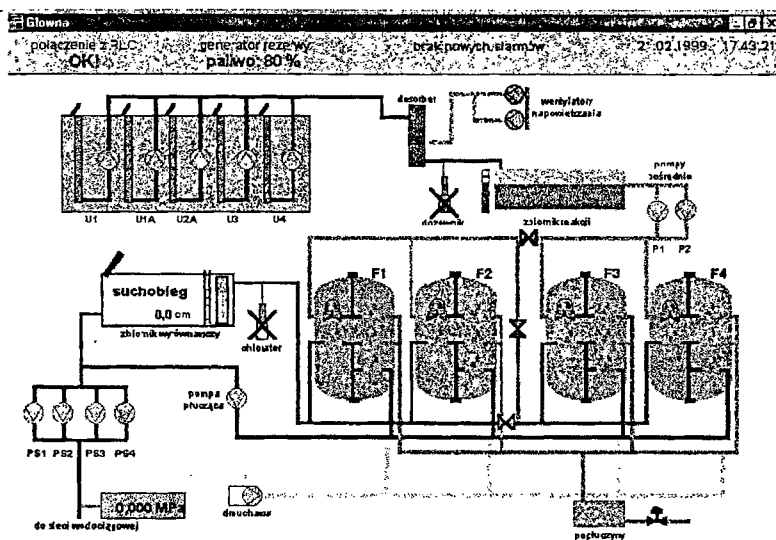
wizualizacja stanu napędów, zbiorników, zaworów w postaci graficznej i tekstowej; pomoc dla operatora w przypadku awarii; system haseł zabezpieczających przed niepowołanym dostępem, ochrona pracy stacji przed niedoświadczonym operatorem (ograniczenia w nastawach, komunikaty ostrzegawcze w przypadku nietypowych działań operatora itd.);

kontrola pracy systemu:

kontrola połączenia ze sterownikiem, kontrola pracy systemu operacyjnego oraz zasobów komputera;

komunikacja z aplikacją nadrzędną:

wysyłanie wybranych informacji o pracy stacji poprzez łącze (radio)telefoniczne; ze względu na małą szybkość oraz inne ograniczenia w transmisji dane te muszą być odpowiednio przygotowane; ochrona dostępu do aplikacji (system haseł);



Rys. 5. Przykładowy ekran synoptyczny Stacji Uzdatniania Wody

archiwizacja danych, raporty:

archiwizacja informacji istotnych z punktu widzenia rozliczeń SUW z pobranej wody z ujęcia oraz wody oddanej do wodociągu (wodomierze), archiwizacja przepływów, poziomów wody, archiwizacja zużycia energii; dane archiwizowane mogą być w okresie kilkudziesięciu lat; archiwizacja sytuacji awaryjnych oraz zdarzeń wynikających z normalnej pracy; wyznaczanie parametrów pracy stacji (zużycie energii na m^3 wody, średnie zużycie wody, stosunek wody oddanej do sieci do pobranej z ujęcia itd.).

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Zastosowanie systemu SCADA zwiększa bezpieczeństwo pracy SUW. Stwierdzenie to dobrze ilustrują przykłady. Na jednej ze stacji dokonano modyfikacji dwóch studni ujęciowych. Modyfikacja pozwoliła uzyskać zwiększenie wydajności jednej studni oraz zmniejszenie wydajności drugiej. Zmiana wydajności była możliwa dzięki obserwacji dynamiki lustra wody w studni. W przypadku, gdyby ujęcie pracowało z wcześniej zamontowaną zbyt dużą pompą, mogłaby nastąpić awaria ujęcia. Opłaty karne za zniszczone ujęcie są nieporównywalnie większe niż koszt zastosowanego systemu SCADA. W innym przypadku kontrola przepływu pozwoliła wykryć błędy pomiaru ilości wody przepływającej przez wodomierz. W normalnym układzie wodomierz posiada kontaktronowy nadajnik impulsów, wysyłający sygnał co określonej porcji przepłyniętej wody ($0.1 m^3$, $1 m^3$ lub $10 m^3$). Podczas dłuższej pracy okazywało się, że wskazania licznika różniły się od wskazań wodomierza. Obserwacja obiektu przy pomocy systemu SCADA pozwoliła znaleźć i wyeliminować przyczynę tych błędów.

Wykonane realizacje systemów SCADA wykazują wyższość tego typu rozwiązań nad klasycznym sprzętowym rozwiązaniem ze sterownikiem. Można sformułować kilka wniosków.

- Nie wszystkie algorytmy sterowania można uruchomić na sterowniku PLC. Spowodowane jest to między innymi ograniczonymi możliwościami sterowników. Istnieje bardzo wiele zależności, które można ująć w sterowniku. Jednak w przypadku, gdy będą się one rozrastać, to dostrzeżemy problem ograniczonej ilości pamięci oraz ograniczoną szybkość sterownika. W przypadku realizacji złożonych algorytmów okaże się, że sterownik jest tak spowolniony, iż algorytmy podstawowe są realizowane zbyt wolno.
- Obraz animowany i czytelne komentarze są łatwiejsze w interpretacji w odróżnieniu od lakonicznych komunikatów na panelu operatorskim sterownika. Obsługa szybko diagnozuje awarię i podejmuje decyzję. System SCADA pamięta nieograniczoną ilość komunikatów alarmowych, każdy komunikat może być opatrzony tekstem pomocy, który pozwala podjąć decyzję nawet niedoświadczonemu operatorowi.
- Dostęp do trendów, histogramów, zarejestrowanych zmiennych, jak przepływy, dynamika lustra wody, czasy pracy oraz poboru energii pozwala kontrolować pracę stacji w dłuższym okresie czasu. Niespodziewane zmiany wydajności ujęć wodnych, wzrost zapotrzebowania na wodę lub nadmierny wzrost poboru energii przez pompę są przesłankami do wzmożonej obserwacji stacji. Tego typu sytuacje nie są możliwe do oprogramowania w sterowniku ze względu na ich nieprzewidywalność.

Na koniec wypada wrócić do tematu referatu, odpowiadając na pytanie o optymalność małej aplikacji SCADA. Odpowiedź jest możliwa na przykładzie SUW. Do najważniejszych cech, jakimi powinien charakteryzować się optymalny układ, należy odpowiedni podział zadań pomiędzy sterownik a aplikację SCADA. Zadania niezbędne do wykonania w każdych warunkach powinny być realizowane przez sterownik. Krótkotrwały brak aplikacji SCADA (np. w wyniku awarii komputera) nie powinien powodować braku dostaw wody do wodociągu. Pewne zadania, jak okresowe płukanie filtrów, muszą być realizowane w trybie sterowania remontowego. Należy też ograniczać ilość nastaw dostępnych dla operatora, aby w razie dłuższej awarii systemu SCADA, możliwa była praca przy nastawach domyślnych lub wcześniej wybranych. Nie wolno jednak obarczać sterownika zadaniami nieistotnymi, do których należy m.in. pomiar czasu pracy czy zliczanie impulsów z wodomierzy. System SCADA może natomiast gromadzić i archiwizować nadmiarowe informacje (ilości pracujących pomp, czas zakończenia płukania), prowadząc tym samym dokładną długofalową obserwację stacji. Zapamiętanie większej liczby informacji nie zwiększy kosztów realizacji systemu, a może przynieść wymierne efekty.

LITERATURA

- [1] Kaliczyńska M., Zmarzły M.: *Aspekty doboru systemu sterowania i wizualizacji dla obiektów o różnej specyfice działania*; Konferencja Naukowo-Techniczna *Automatyzacja - Nowości i Perspektywy AUTOMATION '99*, Warszawa 24-26.III.1999r., str. 106-114.
- [2] Kościelny J. M.: *Systemy nadzorowania i wizualizacji procesów przemysłowych - wymagania, kryteria i oceny*; PAK 3, 1998, 69-72.
- [3] Kowal A.L.: *Technologia wody*; Arkady, Warszawa 1977.
- [4] Mantusiewicz A., Anasiewicz - Sompór E.: *Projektowanie stacji uzdatniania wody i oczyszczalni ścieków*; Politechnika Lubelska, Lublin 1992.
- [5] Projekt technologiczny *Stacja Uzdatniania Wody*; Funam Sp. z o.o., Wrocław 1998.