

ETAPY PROJEKTOWANIA I REALIZACJI SYSTEMU STEROWANIA I WIZUALIZACJI

Ostatnie lata to okres burzliwego rozwoju systemów nadzorowania i wizualizacji procesów przemysłowych. W referacie poruszono problematykę projektowania i realizacji systemów SCADA ze szczególnym uwzględnieniem metod rozwiązywania nietypowych problemów. Temat opracowano na przykładzie Stacji Uzdatniania Wody.

PROBLEMS IN DESIGN AND REALIZATION OF SCADA SYSTEMS

Recently, we can observe the immense development of supervisory and visualisation systems for industrial processes. This paper tackles the problems in design and realization of SCADA systems, with special attention paid to methods for solving non-typical issues. An illustrating case study deals with the application to a water treatment station.

1. WPROWADZENIE

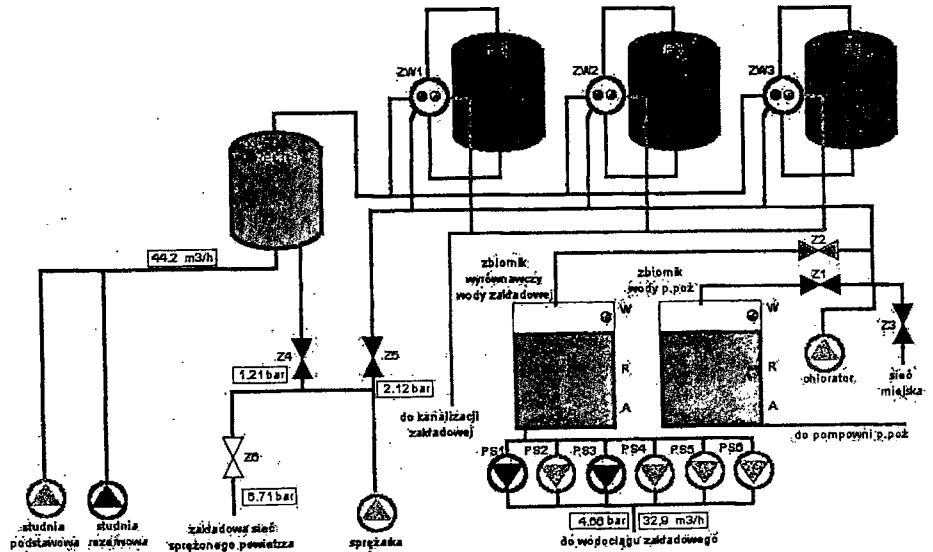
Systemy sterowania nadrzędnego i wizualizacji procesów przemysłowych SCADA (ang. *Supervisory Control and Data Acquisition*) stanowią dziedzinę automatyki, która w ostatnich latach gwałtownie zwiększyła zakres swoich zastosowań [3], a ostatnio zesza „pod strzechy”. Systemy komputerowe automatyki są coraz częściej stosowane w zakładach gospodarki komunalnej [1, 2]. Dzięki monitorowaniu ujęć wodnych, stacji uzdatniania wody oraz oczyszczalni ścieków gospodarka wodą pitną i ściekami już dzisiaj w licznych przypadkach jest w stanie sprostać wymaganiom narzuconym przez Dyrektywę Unii Europejskiej.

2. AUTOMATYZACJA STACJI UZDATNIANIA WODY

2.1 Krótko o procesie technologicznym

Woda surowa ze studni głębinowych (ujęcia) podawana jest przez dwie naprzemiennie pracujące pompy do aeratora w celu napowietrzenia (rys. 1). Powietrze napowietrzenia pochodzi z zakładowego ciśnienia sprężonego lub z małej sprężarki. Napowietrzona woda podawana jest na trzy równoległe pracujące filtry ciśnieniowe. Woda tłoczona jest poprzez zawory wielodrogowe. Po uzdatnieniu woda trafia na jeden z dwóch zbiorników. Zbiornik pierwszy to zbiornik przeciwożarowy. Wykorzystywany jest jedynie przez zakładowe spryskiwacze, posiada odrębny niezależny układ pompowania. Prawdopodobnie ten zbiornik nigdy nie będzie opróżniony. Zbiornik drugi to zbiornik retencyjny wody zakładowej. Woda do wodociągu zakładowego tłoczona jest z tego zbiornika przez zestaw 6 pomp pracujących w układzie kroczącym. Napływem na oba zbiorniki sterują zawory Z1 i Z2. Dodatkowo technologia [4,

5] przewiduje rezerwowe zasilanie wodą miejską, wykorzystywaną w sytuacjach awaryjnych w razie awarii ujęcia głębinowego. Zawór Z3 pozwala doprowadzić wodę miejską do zbiorników retencyjnych.



Rys. 1. Główny ekran synoptyczny przedstawiający SUW VW POZNAŃ

2.2 Etapy realizacji

Poniższa tabela przedstawia etapy realizacji systemu sterowania i wizualizacji SUW Volkswagen Poznań. Kolumny reprezentują poszczególne elementy układu, natomiast wiersze kolejne etapy realizacji. Podział na kolumny wynika z uwarunkowań technologicznych.

Pompy ujęciowe	Zawór Z1, Z2	Zawór Z3	Zawory ZA, Z5, Z6	Sprężarka	Zbiornik wody zakładowej	Zbiornik wody p. poz.	Zawory wielodrogowe	Synoptyki wizualizacji	Różne	Przetworniki ciśnienia	Elementy niemonitorkowane	Drukarka	ETAPY REALIZACJI	
1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1b	1a		1a	Projekt	
2	2				2	2					2		Automatyka filtracji (pompowania)	
					3								Obsługa panelu operatorskiego	
			4a	4b						4b	4b		Automatyka sprężonego powietrza	
5			5			5							Automatyka cyklu płukania	
									6a	6b			Inicjacja płukania	
	7					7							Zbiornik pożarowy	
		8			8	8							Dopełnianie wodą miejską	
											9		Kontrola zestawu pomp sieciowych	
								10		10			Wizualizacja pracy stacji	
									11	11			Rejestracja wielkości technologicznych	
												12	Wydruki raportów	
					13								Alarmy	
							14b				14a		Odbiór, korekty dodatkowe	

- 1a Na etapie projektowania pod uwagę brane są wszystkie elementy, następuje określenie wszystkich warunków pracy, funkcjonowania oraz eksploatacji układu. Nie uwzględnione są elementy inne, wynika to z faktu, że wszystko jest traktowane jako elementy podstawowe.
- 1b W skład dodatkowych elementów na etapie projektowania wchodzi m.in. dzwonek ostrzegawczy, zestaw dozujący itp. (układy pomocnicze).
- 2 Automatyzacja procesu filtracji polega na sterowaniu pracą pomp ujęciowych, stosowany jest jeden z 4 sposobów sterowania:
- Pracuje jedna pompa. Jest to pompa podstawowa, druga natomiast jest pompą rezerwową. O pracy pompy decyduje łącznik 3-pozycyjny (I, O, II), którym steruje obsługa stacji, o wyborze pompy decyduje układ elektryczny.
 - Pracuje jedna pompa. Pompy są równorzędne - przy każdym załączeniu następuje wybór pompy o najkrótszym czasie dotychczasowej pracy (pomiar czas bądź w formie absolutnej, bądź w formie lokalnej < 48 godzin).
 - Pracuje jedna pompa. Każda pompa pracuje przez pewien określony czas, po którym następuje przełączenie na kolejną pompę. Operator posiada możliwości nastawy czasu pracy każdego z urządzeń. Takie rozwiązanie zastosowano na SUW VWP. Pompa podstawowa pracuje 7 godzin, pompa rezerwowa pracuje 2 godziny.
 - Pracują obie pompy. Są załączane na zmianę, w krótkich odstępach czasu (kilka sekund), wyłączają się również jednocześnie.

W każdym z wymienionych przypadków o pracy pomp decyduje poziom wody w zbiorniku. Zamontowane są sondy współpracujące z urządzeniem do generowania histerezy pracy pompy. Sygnał o potrzebie załączenia lub wyłączenia pomp trafia do sterownika. Oczywiście sterowanie pompami może być realizowane jeszcze na wiele innych sposobów, jednak okazuje się, że te 4 rozwiązania sprawdzają się dla 2 napędów. Podczas płukania filtrów mogą pracować 2 pompy lub 1 pompa. Technologia określa przebieg płukania. Na SUW VWP zastosowano płukanie pompą aktualnie pracującą. Rozwiązanie to jest prawdopodobnie błędne. Wynika to z różnych wydajności obu pomp. Pompa podstawowa ma wydajność 44 m³/h, rezerwowa natomiast 35 m³/h. Oznacza to, że płukanie odbywa się losowo, parametry płukania są różne, co może doprowadzić do nierównomiernej pracy stacji.

Ustawienie zaworów wielodrogowych musi być jednoznaczne. Zawory nie mogą być w położeniu innym niż filtracja. W przeciwnym przypadku woda może popłynąć do kanalizacji, lub może nastąpić uszkodzenie zaworu lub filtra. Zastosowane filtry, są przewidziane do pracy przy ciśnieniu mniejszym niż 2.5 bara. Załączenie obu pomp pozwala wytworzyć ciśnienie na poziomie 4 barów.

Zawory Z1 i Z2 powinny sterować dopełnianiem zbiornika wody zakładowej oraz zbiornika wody p.poż. Projekt przewidywał następującą sekwencję sterowania:

W przypadku, gdy w zbiorniku poziom spadnie poniżej sondy MIN, nastąpi otwarcie zaworu oraz załączenie pompy głębinowej. Gdy poziom osiągnie MAX, nastąpi wyłączenie pompy. Taki algorytm dotyczył obu zbiorników. Oznaczałoby to, że gdy oba zbiorniki są pełne, zawory Z1 i Z2 są zamknięte.

Po zrealizowaniu algorytmu, okazało się, że ciśnienie na filtrach wzrasta do niebezpiecznie dużych wartości (zadziałał zawór bezpieczeństwa). Po konsultacjach z projektantem zmieniono algorytm - zawsze jeden z zaworów jest otwarty.

- 3 Panel operatorski obejmuje wszystkie grupy technologiczne. Każda z grup posiada osobny ekran, na którym pojawiają się komunikaty z sygnalizacją stanu, jak również sygnalizacją awarii. Najważniejszą funkcją panelu operatorskiego jest możliwość zmiany nastaw parametrów technologicznych. Parametry podstawowe - nastawy filtrocyklu

mogą zostać określone na etapie projektowania, jednak podczas eksploatacji konieczne są korekty. Na etapie rozruchu dochodzą pewne elementy pracy (np. ograniczenie ciśnienia rozdzielacza), które wymagają dodatkowego sparаметryzowania.

- 4a Zawory Z4, Z5 i Z6 kierują sprężone powietrze do napowietrzania wody w aeratorze, są również stosowane do wzruszania złoża przed procesem właściwego płukania filtrów:
Z4 – zawór napowietrzania – otwierany podczas pracy pomp głębinowych – funkcja realizowana na drodze elektrycznej,
Z5 – zawór płukania powietrzem filtrów (wzruszanie złoża) - otwierany w cyklu automatycznej regeneracji filtra,
Z6 – zawór odcinania dopływu powietrza z sieci zakładowej.

- 4b Przetworniki ciśnienia pozwalają kontrolować parametry napowietrzania oraz parametry płukania powietrzem. Projekt nie przewidywał zastosowania przetwornika pomiaru ciśnienia powietrza zakładowego. Podstawową funkcją realizowaną przez przetworniki pomiaru ciśnienia, przed zaworami Z4 i Z5, jest kontrola przed przekroczeniem wartości dopuszczalnej dla filtrów (2.5 bara). W przypadku niepoprawnego ustawienia zaworów redukcyjnych, które to ciśnienie stabilizują, następuje odcięcie zaworu Z6.

Sprężarka zastosowana w układzie technologicznym służy do celów napowietrzania. Jeśli w sieci powietrza zakładowego nie będzie odpowiedniego ciśnienia, nastąpi załączenie sprężarki, oraz odcięcie zaworu Z6. Aby zrealizować to zadanie, dołożono dodatkowy nie projektowany wcześniej przetwornik ciśnienia przed zaworem Z6. Pozwolił on wykonać zadanie automatycznego sterowania pracą sprężarki.

- 5 Automatyczny cykl płukania polega na wykonaniu szeregu operacji, których celem jest oczyszczenie filtra. Cykl polega na zablokowaniu pomp ujęciowych, obrocie zaworu wielodrogowego filtra do pozycji płukanie, otwarciu zaworu Z5 wzruszeniu złoża przez określony czas, dalej następuje proces płukania właściwego poprzez wymuszenie pracy pomp ujęciowych. Po wyphukaniu zawory przyjmują pozycję dopłukiwanie. Następuje wówczas filtracja, jednak woda kierowana jest nie do zbiornika retencyjnego, lecz do kanalizacji. Po kilkuminutowym dopłukiwaniu następuje przesterowanie zaworów do pozycji filtracja i odblokowanie pomp ujęciowych.

- 6a Inicjacja płukania odbywa się na jeden z 3 sposobów:
- inicjacja czasowa polega na rozpoczęciu płukania co określony okres czasu, z reguły 1 - 10 dni, płukanie może dotyczyć 1, kilku lub wszystkich filtrów jednocześnie,
 - inicjacja objętościowa polega na wyznaczeniu ilości wody przefiltrowanej od ostatniego płukania, wodomierze posiadają nadajniki impulsów, sterownik na tej podstawie wylicza ilość oczyszczonej wody,
 - inicjacja ciśnieniowa (nie stosowana w VWP) polega na pomiarze spadku ciśnienia wody na filtrach, zabrudzenie filtra powoduje wzrost oporów filtracji, w efekcie proporcjonalny wzrost spadku ciśnienia na filtrach. Przekroczenie określonej wartości powoduje rozpoczęcie cyklu płukania.

- 6b Rozpoczęcie płukania poprzedza kontrola pracy wszystkich urządzeń. W czasie płukania wykorzystywane są pompy, elektrozawory oraz zawory wielodrogowe. Wszystkie te elementy muszą być sprawne. Kontrolę podlega również ciśnienie na rozdzielaczu.

- 7 Obiekt VW Poznań wyposażony jest w układ tryskiwaczy pożarowych, które załączane są w razie pożaru. Specjalne pompy pobierają wodę ze zbiornika p.poż i tłoczą ją do układu pożarowego. Zbiornik p.poż nie wykorzystywany jest do innych celów. Założenia projektowe przewidywały równorzędną pracę obu zbiorników. Okazało się, że zbiornik wody p.poż jest zbiornikiem, który musi być zawsze pełen, w gotowości do pracy.

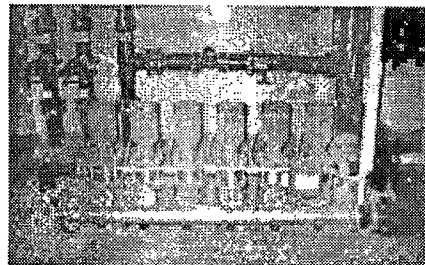
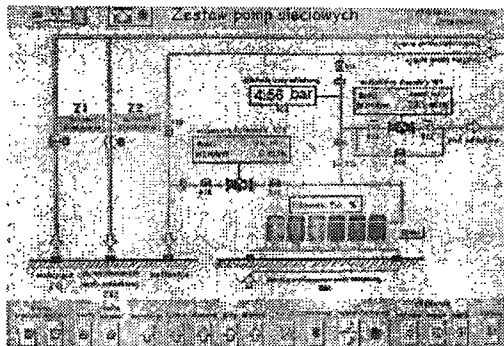
Jednak w przypadku, gdy oba zbiorniki zostaną opróżnione, należy dopełnić zbiorniki wody zakładowej w pierwszej kolejności, a dopiero później zbiornik p.poż.

- 8 W przypadku awarii stacji następuje opróżnianie zbiornika zakładowego. Jeżeli poziom wody w tym zbiorniku spadnie poniżej poziomu rezerwy, nastąpi jego dopełnienie wodą z wodociągu miejskiego. Przewidziano system automatycznego otwierania wodociągu poprzez zawór Z3. Podczas rozruchu okazało się, że jakość wody w wodociągu nie odpowiada warunkom technologii lakierni. Otwarcie zaworu Z3 musi zostać obwarowane dodatkowymi warunkami. Praktycznie nie możliwe jest pozostawienie tego zaworu w cyklu sterowania automatycznego. Taki cykl mógłby spowodować większe straty niż chwilowy brak wody z powodu nie usuniętej awarii pracy SUW.
- 9 Zestaw pomp sieciowych kontrolowany jest w zakresie pracy awarii każdej z 6 pomp, kontroli częstotliwości wyjściowej falownika oraz kontroli ciśnienia wodociągu zakładowego. Żaden z tych elementów nie był przewidziany w projekcie. Projekt przewidywał kontrolę całego zestawu jedynie poprzez nadzór nad dwoma sygnałami cyfrowymi: praca i awaria.
- 10 Wizualizacja polega na synoptycznym odzwierciedleniu stanu pracy każdego z urządzeń w formie graficznej, przejrzystej, dającej szybko i pewną informację o stanie procesu. Wszystkie dane potrzebne do wizualizacji przechowywane są w sterowniku, w postaci zmiennych dyskretnych. Niekiedy kłopot sprawiają przetworniki pomiarowe – konieczne jest wcześniejsze wyskalowanie przetworników, by wskazywały wartość rzeczywistą.
- 11 Trendy historyczne i bieżące pozwalają kontrolować podstawowe parametry pracy stacji. Ciśnienia, przepływy pozwalają określić stabilność pracy zestawu pomp sieciowych, układu dostarczania powietrza oraz wydajność pomp głębinowych. Możliwość wstecznej kontroli tych wielkości z punktu widzenia operatora jest zadaniem podstawowym. Dodatkowo rejestruje się ilości wody pobranej z ujęcia oraz oddanej do sieci, jak również dokonuje się kontroli innych wodomierzy. Każda z rejestrowanych wartości może być wydrukowana na drukarce.
- 12 Raporty przenoszą do formy papierowej informację o procesie:
 - występujące zdarzenia w systemie (np. logowanie operatora, zmiana nastaw, ingerencja na panelu operatora itd.),
 - występujące sytuacje alarmowe (np. awaria pompy),
 - raport wodomierzy.
- 13 Wykrywanie sytuacji awaryjnych jest najbardziej pracochłonnym zadaniem podczas realizacji stacji. Należy tu przewidzieć wszystkie możliwe sytuacje. Parametryzować pewne poziomy ostrzegawcze, wprowadzić możliwość blokady niektórych ostrzeżeń. Należy podzielić ostrzeżenia na grupy - ważniejszych i mniej ważnych, wprowadzić odpowiednią sygnalizację każdej z grupy alarmów.
- 14a Inspektor odbierający SUW wnioskował realizację dodatkowych funkcji - sygnalizację telefoniczną Dialer, sygnalizację komputerową (karta dźwiękowa), zamontowanie i podłączenie dodatkowych 3 wodomierzy (wody miejskiej, wody na lakiernię oraz wody do kotłowni). Zamontowano również dodatkowy przetwornik ciśnienia wodociągu zakładowego. Sygnał ten mógł pochodzić z rozdzielni sterowania zestawu pomp sieciowych, jednak zdecydowano się na niezależny pomiar, w celu uniezależnienia się od sterownika pomp.

14b Wykonano wiele przeróbek obrazów synoptycznych. Zmiany wynikały z potrzeby unifikacji z systemem wcześniej zainstalowanym na kotłowni VW Poznań. Aby obsługa sprawnie posługiwała się tymi dwoma systemami, należało system wizualizacji SUW upodobnić (w zakresie obsługi) do istniejącego systemu.

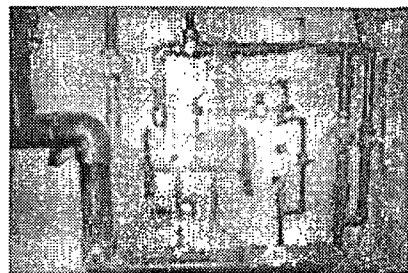
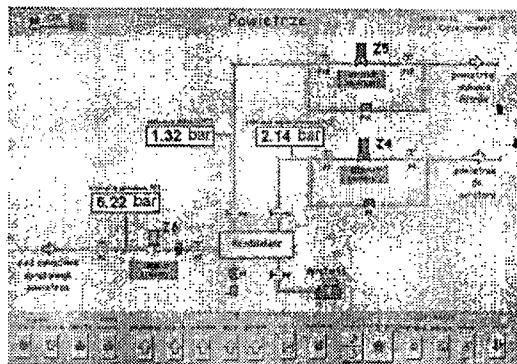
2.3 Efekt ostateczny

Ostatecznie do połowy grudnia 2000 roku udało się uruchomić układ automatyki wizualizacji stacji uzdatniania wody w VW P. Na kolejnych ekranach synoptycznych przedstawiono układ technologiczny. Rysunek 2 przedstawia zestaw pomp sieciowych. Widoczne jest wyraźne odzwierciedlenie stanu każdej z 6 pomp, jak również 2 zaworów (na zdjęciu – z tyłu).

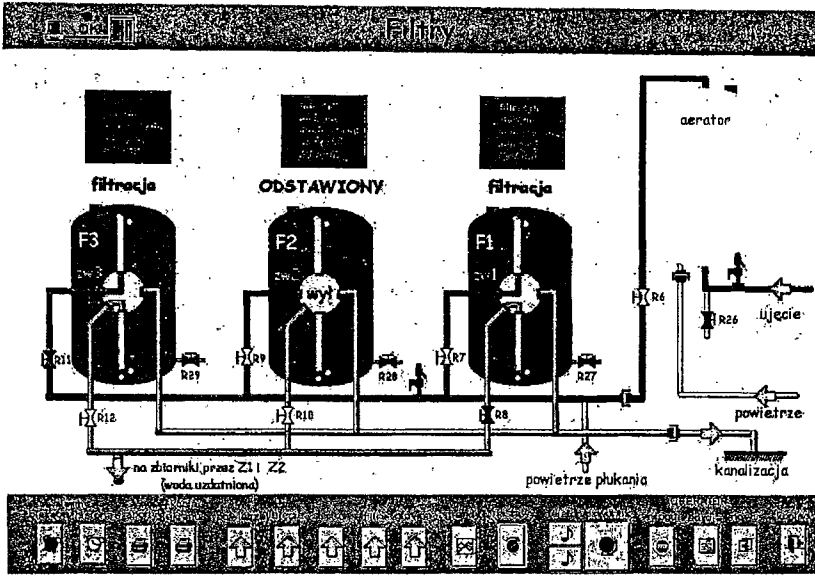


Rys. 2. Porównanie synoptyki wizualizacji zestawu pomp sieciowych z rzeczywistym układem pomp

Kolejny ekran (rys. 3) przedstawia układ sprężonego powietrza. Sposób odzwierciedlenia rzeczywistego układu rur technologicznych pozwala obsłudze w szybki sposób zrozumieć funkcjonowanie systemu uzdatniania. Należy zwrócić uwagę na odzwierciedlenie zaworków ręcznych, które nie posiadają swoich elektrycznych odpowiedników.

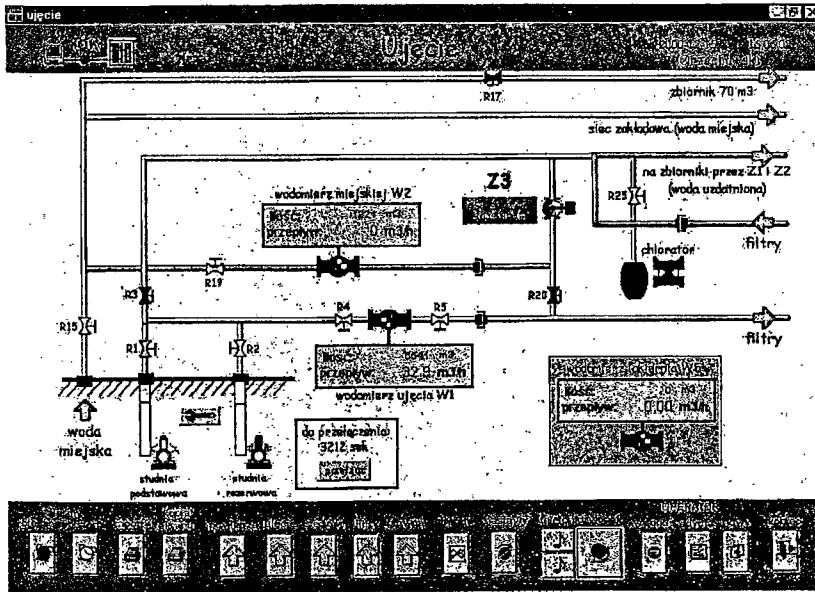


Rys. 3. Porównanie synoptyki układu rozdzielania sprężonego powietrza z rzeczywistym układem rozdzielacza



Rys. 4. Synoptyka układu filtracji

Najbardziej złożonym ekranem pod względem liczby informacji jest ekran filtrów (rys. 4). Na ekranie tym zaobserwujemy parametry procesu płukania, elementy sterowania filtrów, sposób inicjacji płukania i cały szereg innych parametrów technologicznych. Zawory wielodrogowe posiadają element animacyjny, który odzwierciedla w każdej chwili przepływ wody. Możliwe są 4 różne położenia: filtracja, płukanie, dopłukiwanie, odcięcie. Odpowiedni symbol pojawia się w oknie filtra.



Rys. 5. Synoptyka układu pomp głębinowych

Odbiorca układu uzdatniania wody zażyczył sobie dokładne (technologicznie) odzwierciedlenie stanu rurociągów wodnych i powietrznych. Pomimo, że większość elementów wykorzystywane jest wyłącznie w ręcznym sterowaniu (ręczne zawory), musiały znaleźć się na ekranie synoptyki. Ekran pomp ujęciowych jest tu dobrym przykładem przerostu formy nad treścią. Na ekranie tym można było umieścić wyłącznie 3 elementy sterowane (2 pompy i 1 zawór Z3), natomiast odwzorowano dość złożony układ rur pozwalający w różny sposób podać wodę do wodociągu zakładowego.

3. WNIOSKI KOŃCOWE

Realizację procesu sterowania i wizualizacji można podzielić na kilka etapów:

- realizacja systemu sterowania procesem technologicznym,
- wizualizacja,
- rejestracja parametrów pracy,
- alarmowanie.

Każdy z tych etapów wymaga odmiennego podejścia. Proces technologiczny wymaga dużej wiedzy, sporego doświadczenia, i ciągłego kontaktu z technologiemi. Wizualizacja wymaga umiejętności plastycznych, wycucia koloru, konieczny jest tutaj spory nakład pracy. Dobra wizualizacja wymaga dużego nakładu czasu. Rejestracja parametrów pracy w formie trendów, zbiorów *.dbf itd., wymaga jedynie dobrej znajomości narzędzi programowych oraz znajomości funkcjonowania systemu komputerowego. Wymagana jest tu przede wszystkim wiedza informatyczna i znajomość oprogramowania. Realizacja ostatniego punktu charakteryzuje się potrzebą dużej wyobraźni. Potrzebna jest ona w celu, przewidywania co może zdarzyć się w systemie w różnych okolicznościach, jakie może to przynieść negatywne skutki.

Narzędzia realizacji systemu SCADA, są coraz lepsze, coraz bardziej rozbudowane, oraz co jest równie ważne, coraz łatwiejsze w obsłudze. Jednak realizacja aplikacji wymaga szeregu innych umiejętności – wciąż niezbędny jest wszechstronnie wyszkolony automatyk.

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] Kaliczyńska M., Zmarzły M.: *SCADA dla małych procesów technologicznych*; PAR 9, 2000, 5-8.
- [3] Kościelny J. M.: *Systemy nadzorowania i wizualizacji procesów przemysłowych - wymagania, kryteria i oceny*; PAK 3, 1998, 69-72.
- [4] Kowal A.L.: *Technologia wody*; Arkady, Warszawa 1977.
- [5] Mantusiewicz A., Anasiewicz - Sompór E.: *Projektowanie stacji uzdatniania wody i oczyszczalni ścieków*; Politechnika Lubelska, Lublin 1992.