

440

BE 10

## ZAKŁAD POMIARU PARAMETRÓW PRZEPIYU

Nazwa ONB/ZNB

Główny wykonawca .....  
dr inż. Wiesław CzerwiecWykonawcy: .....  
mgr inż. Tomasz Krakowiak, Piotr Dopierałaetap 2: mgr inż. Tomasz Mańkowski (OAP)  
mgr inż. Andrzej Bratek (OAP)TEMAT: OPRACOWANIE PROJEKTU MODELOWEJ STRUKTURY SYSTEMU  
STEROWANIA I POMIARÓW DLA MAŁYCH ZAKŁADÓW  
GOSPODARKI WODNO – ŚCIEKOWEJEtap 1: Opracowanie projektu modelowej struktury systemu sterowania i pomiarów  
dla małych zakładów gospodarki wodno-ściekowejEtap 2: Opracowanie i uruchomienie przykładowego oprogramowania monitoringu  
z symulacją procesu oczyszczania ścieków

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

**DOKUMENT WZORCOWY**Zleceniodawca .....  
PIAPKierownik Zakładu DPO  
KIEROWNIK ZAKŁADU  
Pomiaru Parametrów Przepływu

mgr inż. Wojciech Winiarski

mgr inż. Wojciech Winiarski

Z-ca Dyrektora  
ds. Badawczo – Rozwojowych

dr inż. Jan Jabłkowski

Pracę zakończono dnia .....  
1998.07.31Nr arch. ....  
7576Nr zlecenia .....  
S1841

## Analiza deskrytorowa

Systemy pomiarowe, oczyszczalnie ścieków, monitoring komputerowy, programy symulacyjne, wizualizacja i przetwarzanie wyników pomiarów

## Abstrakt

Sprawozdanie zawiera:

- opis budowy i działania małej biologicznej oczyszczalni ścieków,
- opis struktury systemu monitoringu dla małej oczyszczalni ścieków,
- przegląd małych sterowników PLC i modułów do akwizycji pomiarów i sterowania urządzeniami wykonawczymi małej oczyszczalni ścieków,
- opis zadań symulacyjnych dot.pracy oczyszczalni i jej podzespołów,
- przedstawienie oprogramowania do monitoringu oczyszczalni z symulacją procesu oczyszczania ścieków.

## Tytuły poprzednich sprawozdań

## Rozdzielnik

Egz. 1. **OIN** .....

Egz. 2. **DPQ** .....

Egz. 3. **DPQ** .....

SPRAWOZDANIE  
z pracy statutowej nr zlec. 1841 nt.

OPRACOWANIE PROJEKTU MODELOWEJ STRUKTURY  
SYSTEMU STEROWANIA I POMIARÓW DLA MAŁYCH  
ZAKŁADÓW GOSPODARKI WODNO – ŚCIEKOWEJ

Warszawa 1998

## Spis treści

<b>ETAP I</b> .....	2
<b>1. Wprowadzenie</b> .....	2
1.1. Podstawa i cel realizacji pracy .....	2
1.2. Przedmiot pracy .....	2
<b>2. Struktura małej oczyszczalni ścieków</b> .....	3
2.1. Wielkości mierzone .....	3
2.2. Aparatura pomiarowa .....	7
2.3. Urządzenia wykonawcze .....	7
<b>3. Przegląd programowalnych sterowników</b> .....	8
<b>4. Moduły do komputerowego sterowania urządzeniami wykonawczymi</b> .....	11
<b>5. Programy do komputerowego przetwarzania rezultatów pomiarów</b> .....	12
<b>6. Struktura systemu monitoringu małej oczyszczalni ścieków</b> .....	14
<b>7. Zadania symulacyjne</b> .....	17
7.1. Symulacja pracy małej oczyszczalni ścieków .....	17
7.2. Symulacja układu regulacji kwasowości .....	20
7.3. Układ sterowania napełnianiem zbiornika .....	23
7.4. Układ napowietrzania zbiornika .....	24
<b>8. Podsumowanie etapu I</b> .....	26
<b>ETAP II</b> .....	27

# ETAP I

## 1. Wprowadzenie

### 1.1. Podstawa i cel realizacji pracy

Podstawą realizacji pracy było zlecenie nr S1841 z dnia 05.01.1998.

Planowanym celem pracy było zaprojektowanie modelowej struktury systemu sterowania i pomiarów dla małych zakładów gospodarki wodno-ściekowej. Ma to stworzyć podstawy do oferowania przez DPQ, we współpracy z innymi Zakładami PIAP, usług w zakresie projektowania i wdrażania systemów automatyzacji obsługi takich obiektów.

### 1.2. Przedmiot pracy

Planowany zakres prac obejmował zadania związane z rozeznaniem wymagań dotyczących niezbędnych pomiarów przepływów, poziomów cieczy i osadów, ich właściwości fizyko-chemicznych itp. realizowanych na typowych małych obiektach gospodarki wodno-ściekowej oraz potrzeb w zakresie akwizycji wyników pomiarów, ich wizualizacji, raportowania i archiwizacji. W szczególności zaplanowano następujące zadania:

- konsultacje na obiektach (wymagania potencjalnych klientów w zakresie automatyzacji pomiarów, sterowania i wizualizacji, stosowane urządzenia pomiarowe i wykonawcze),
- dokonanie przeglądu programowalnych sterowników z punktu widzenia ich przydatności do sterowania małymi obiektami,
- poznanie zasad pracy sterowników i programatorów oraz sposobu włączania ich w układy sterowania i monitoringu obiektów,
- poznanie programów do komputerowego przetwarzania rezultatów pomiarów (wizualizacja, histogramy, raporty),
- poznanie i symulacyjne przetestowanie modułów do komputerowego sterowania urządzeniami wykonawczymi oraz specyfikacja takich urządzeń (zawory, pompy itp.),
- opracowanie modelowej struktury systemu sterowania i pomiarów dla małych oczyszczalni ścieków.

Podczas wizyt konsultacyjnych i roboczych na obiektach oraz przy okazji prowadzonej sprzedaży aparatury do pomiarów parametrów fizyko-chemicznych stwierdzono dalsze obszary potrzeb potencjalnych klientów w zakresie wizualizacji pomiarów i sterowania obiektami w małych przedsiębiorstwach wodnych i innych, np. przemysłu farmaceutycznego. Podjęto zatem dodatkowo rozeznanie możliwości wykonania następujących zadań, których tematyka jest zbieżna z realizowanymi pracami:

- układ sterowania zaporami drogowymi i oprogramowania do komputerowej ewidencji wjazdów i wyjazdów - dla oczyszczalni i zlewni ścieków (zgłoszony przez oczyszczalnię w Mławie),
- sterowanie pomiarami pH i dozowaniem roztworów cieczy w celu regulowania kwasowości ścieków (Zakład Akumulatorów w Piastowie i inni),
- system zdalnego monitoringu, wizualizacji, sygnalizacji alarmów i raportowania pomiarów ciśnień w pomieszczeniach technologicznych produkcji antybiotyków (BIOTON w Ożarowie).

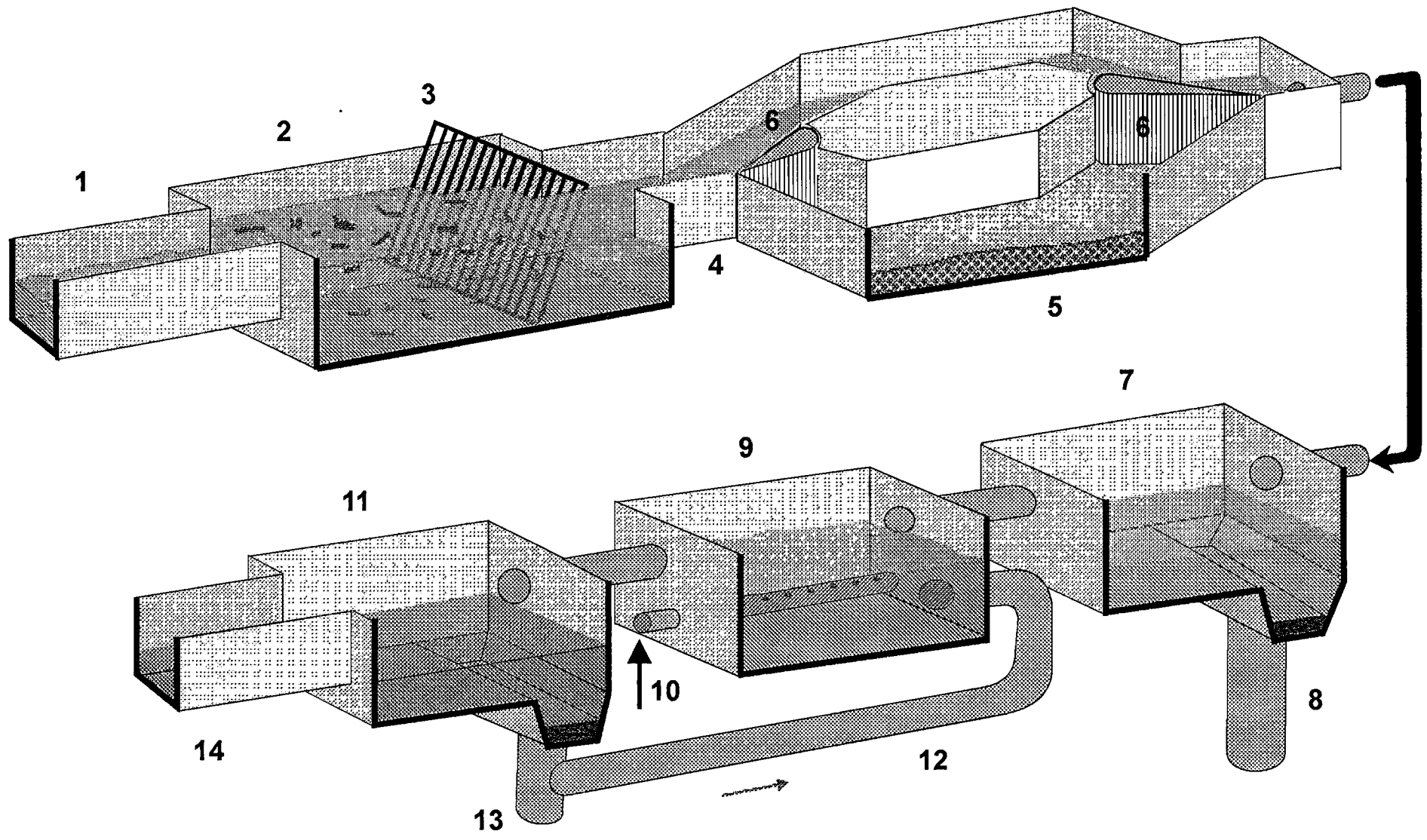
## 2. Struktura małej oczyszczalni ścieków

Uproszczona struktura małej biologicznej oczyszczalni ścieków jest przedstawiona schematycznie na rys. 1. Model ten zawiera tylko niezbędne elementy, konieczne dla zorientowania w sposobie działania oczyszczalni i wskazania mierzonych parametrów, usytuowania punktów pomiarowych oraz urządzeń wykonawczych.

Ścieki surowe są doprowadzane kanałem 1 do zbiornika 2 z przegrodą w postaci kraty 3, na której zatrzymują się większe zanieczyszczenia stałe (tzw. skratki), usuwane okresowo, gdy różnica poziomów przed i za kratą jest za duża. Następnie ścieki są kierowane kanałem 4 do komór piaskownika 5, gdzie osadzają się zanieczyszczenia stałe, takie jak piasek itp. Piaskownik może być dwukomorowy, z ruchomymi przegrodami 6, kierującymi ścieki do odpowiedniej komory. Po wypełnieniu piaskiem komory do odpowiedniego poziomu, przestawia się przegrody w drugie położenie, kierując ścieki do komory oczyszczonej z piasku. Następnym zbiornikiem jest osadnik wstępny 7, z którego tzw. osad wstępny może być odprowadzany rurą 8 do zbiorników składowych lub do dalszej utylizacji w systemie unieszkodliwiania osadu, np. produkującego gaz biologiczny. Ścieki przepływają dalej do komór osadu czynnego 9 (dla uproszczenia pokazano jedną komorę), zwanych też zbiornikami aeracyjnymi, w których odbywa się zasadniczy proces biologicznego oczyszczania ścieków. Warunkiem wysokiej aktywności bakterii w tych zbiornikach jest odpowiedni poziom tlenu (najczęściej w zakresie 0,5 - 2 mg O<sub>2</sub>/l), który jest regulowany dostarczaniem powietrza, wdmuchiwanego przez dyfuzory 10. Oczyszczone ścieki są kierowane do osadnika wtórnego 11, w którym osadzają się produkty stałe powstałe w wyniku procesów biologicznego oczyszczania oraz osad czynny. Część tych osadów jest kierowana rurą 12 do komory 9 (osad powrotny) do podtrzymania procesu oczyszczania, zaś reszta jako osad nadmierny jest odprowadzana do dalszej utylizacji przewodem 13. Oczyszczone ścieki z osadnika 11 są odprowadzane kanałem 14.

### 2.1. Wielkości mierzone

W oparciu o przedstawiony schemat układu strukturalnego małej biologicznej oczyszczalni ścieków można wskazać, jakie wielkości fizyko-chemiczne są (lub mogą



Rys. 1. Schemat małej oczyszczalni ścieków

14

być) mierzone w celu zapewnienia właściwej kontroli pracy oczyszczalni i uzyskania optymalnych parametrów procesu utylizacji ścieków: dużej wydajności i skuteczności oczyszczania przy minimalnym zużyciu energii i materiałów wsadowych.

Stosowane są następujące pomiary:

- pomiar strumienia przepływu objętościowego,
- zliczanie (sumowanie) przepływu objętościowego,
- pomiar poziomu lub różnicy poziomów ścieków,
- pomiar poziomu osadów,
- pomiar mętności wody,
- temperatury,
- kwasowości (pH),
- zawartości tlenu,
- zawartości związków azotu,
- zawartości związków toksycznych
- i inne, np. chloru, węgla, metali itd. (rzadziej w oczyszczalniach bytowych).

#### *Pomiar strumienia przepływu objętościowego i sumowanie przepływu*

Pomiar strumienia przepływu objętościowego wraz z sumowaniem objętości ścieków może być wykonywany przy zrzucie ścieków do oczyszczalni oraz na obiekcie zarówno na wejściu - najczęściej za kratą 3 (rys. 1), np. w korycie 4 - jak i na wyjściu oczyszczonego medium, czyli za osadnikiem wtórnym w kanale odpływowym 14. Ponadto strumień przepływu może być mierzony w innych miejscach obiektu, zwłaszcza dla nadzoru nad dozowaniem osadu powrotnego z osadnika 11 do komór osadu czynnego 9.

#### *Pomiar poziomu ścieków i osadów*

Pomiar poziomu ścieków może być prowadzony w różnych sekcjach oczyszczalni w zależności od konfiguracji przestrzennej obiektu (przepływ wymuszony czy grawitacyjny). Może być także mierzona różnica poziomów cieczy, np. przed i za kratą zatrzymującą zanieczyszczenia stałe. Nadmiar tych zanieczyszczeń na kracie powoduje zmniejszenie przepływu, co skutkuje zwiększaniem się różnicy poziomów i jest sygnałem do usunięcia zgromadzonych odpadów stałych.

Pomiar poziomu osadów pozwala kontrolować stopień wypełnienia komór piaskownika 5 lub osadników wstępnych lub wtórnych.

#### *Pomiar mętności wody*

Pomiar ten jest wykonywany w zasadzie na wyjściu oczyszczonych ścieków (kanał 11) dla sprawdzenia poprawności procesu oczyszczania ścieków.

#### *Pomiar temperatury*

Temperatura ścieków najczęściej jest mierzona w komorach oczyszczania biologicznego (osadu czynnego) dla kontroli optymalnych warunków dla rozwoju bakterii. Temperatura może być kontrolowana w innych punktach obiektu oraz np. w kompostownikach, także temperatura zewnętrzna .



### *Pomiar kwasowości (pH)*

Sprawdzanie kwasowości jest zwłaszcza istotne w komorach osadu czynnego, gdzie poziom pH jest wskaźnikiem poprawności przebiegu procesu. Niekiedy sprawdza się kwasowość ścieków zrzucanych do oczyszczalni, zwłaszcza w przypadku podejrzeń przekroczenia dopuszczalnych granic pH w doprowadzanych ściekach typu przemysłowego. Ma to chronić przed zniszczeniem złoża czynnego.

### *Pomiary zawartości tlenu*

Zawartość tlenu w ściekach może być mierzona zarówno na wejściu jak i na wyjściu z oczyszczalni. W pierwszym przypadku mierzone jest tzw. biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT, BZT<sub>5</sub>), które informuje o stanie ścieków wprowadzanych do oczyszczalni, w drugim - chemiczne zapotrzebowanie tlenu (ChZT).

Najważniejszy jest pomiar zawartości tlenu w zbiornikach aeracyjnych, bowiem od stopnia nasycenia tlenem zależy aktywność bakterii w komorach osadu czynnego, a zatem wydajność i skuteczność procesu neutralizacji ścieków. Wyniki pomiarów są wykorzystywane do sterowania procesem napowietrzania w tych zbiornikach.

### *Pomiary zawartości związków azotu*

Pomiary zawartości związków azotu (azot amonowy - amoniak, azotyny, azotany, azot organiczny, azot ogólny) są wykonywane na doprowadzeniu ścieków do oczyszczalni, np. za kratą wlotową, w korycie 4 (rys. 1). Dają informację o składzie i rodzaju ścieków istotne dla właściwego sterowania procesem oczyszczania.

### *Pomiary zawartości związków toksycznych*

Pojawienie się w ściekach substancji toksycznych może zniszczyć złoże lub osad czynny oczyszczalni ścieków. W celu zabezpieczenia się przed takim niebezpieczeństwem stosuje się monitorowanie doprowadzanych ścieków najczęściej w postaci analizatorów toksyczności, pracujących na własnym osadzie czynnym lub specjalnych szczepach bakterii (sprawdza się wpływ składu napływających ścieków na bakterie nityfikacyjne).

### *Inne pomiary*

W oczyszczalniach ścieków bytowo-gospodarczych (komunalnych) może zachodzić potrzeba wykonywania pomiarów zawartości także innych substancji, np. związków nawozowych (azotu, fosforu, potasu), związków chloru, siarki, metali ciężkich (chromu, miedzi, rtęci itd.), fluoru, siarkowodoru (zagniwalność). Konieczność wykonywania takich pomiarów jest uwarunkowana każdorazowo charakterem ścieków specyficznych dla danego obszaru (dostawców ścieków), obsługiwanego przez daną oczyszczalnię.

## 2.2. Aparatura pomiarowa

Do wykonywania przedstawionych pomiarów na oczyszczalniach stosowana jest bardzo różnorodna aparatura pomiarowa i pomiarowo-rejestrująca. Dotyczy to zarówno różnorodności metod pomiarowych jak i różnorodności producentów, a nawet różnorodności wyrobów tego samego wytwórcy (co jest uzasadnione specyfiką konkretnych warunków pomiaru, zakresów pomiarowych itp.). Oczywiście w przypadku projektowania systemu monitoringu pomiarów niezbędne jest instalowanie sprzętu pomiarowego wyposażonego w wyjścia elektryczne analogowe (prądowe lub napięciowe) albo cyfrowe. Preferowanym standardem są tu wyjścia prądowe 4-20 mA lub 0-20 mA, zwłaszcza przy rozproszonym systemie pomiarowym. Obecnie na rynku jest dostępna szeroka gama takiego sprzętu, zarówno krajowego jak i zagranicznego (importowanego lub produkowanego w Polsce - porównaj np. Katalog Wyrobów w ofercie PIAP - ZPPP), zatem należy tylko zadbać o właściwy dobór odpowiedniej aparatury.

## 2.3. Urządzenia wykonawcze

W zależności od rodzaju i konfiguracji oczyszczalni instalowane są różne urządzenia wykonawcze takie jak: zawory, pompy, sprężarki, mieszadła, itd.

Zawory mogą być o różnych przeznaczeniach, zasadach działania, konstrukcji i rodzaju zasilania. Można tu wyszczególnić:

- bezpośrednio sterowane zawory elektromagnetyczne,
- zawory elektromagnetyczne z serwosterowaniem,
- zawory elektromagnetyczne regulacyjne (do bezstopniowej regulacji przepływu)
- zawory elektromechaniczne regulacyjne,
- zawory zwrotne,
- zmechanizowane przegrody przesuwne lub obrotowe.

Pompy mają zastosowanie do przepompowywania ścieków na wlocie (przepompownia) oraz między komorami oczyszczalni, do dozowania osadu zwrotnego itp.

Sprężarki (dmuchawy, wentylatory) są użyte do napowietrzania komór aeryzacyjnych dla zapewnienia poziomu tlenu odpowiedniego dla rozwoju bakterii osadu czynnego. W komorach osadu czynnego są też stosowane urządzenia mieszające z napędem od silników elektrycznych.

Do włączania pomp, sprężarek itp. są używane odpowiednie styczniki przy sterowaniu dwustanowym lub sterowniki (także do zaworów regulacyjnych) i przetwornice częstotliwości (falowniki) do sterowania wydatkiem pomp i sprężarek.

### 3. Przegląd programowalnych sterowników

Podczas wizyt i konsultacji na małych oczyszczalniach ścieków i obiektach neutralizacji ścieków technologicznych w zakładach przemysłowych, stwierdzono m.in. zapotrzebowanie także na aplikacje sterowania obiektami w ograniczonym zakresie, bez kompleksowego systemu monitoringu obiektu.

Przykładami takich potrzeb mogą być następujące zadania:

- sterowanie procesem napowietrzania zbiorników aeryzacyjnych biologicznej oczyszczalni ścieków, w zależności od aktualnie mierzonego natlenienia,
- sterowanie pracą pompy zasilającej komorę osadu czynnego osadem powrotnym w oczyszczalni,
- sterowanie dawkowaniem roztworu wodorotlenku sodu (sody żrącej) do przemysłowych ścieków o dużej kwasowości (produkcja akumulatorów samochodowych),
- sterowanie dawkowaniem roztworów kwasu lub zasady (w zależności od poziomu pH) do neutralizacji ścieków w zakładzie przetwórczym,
- sterowanie pracą pompy przy dwustanowej regulacji poziomu cieczy w zbiorniku.

Do realizacji takich i podobnych zadań doskonale nadają się programowane sterowniki logiczne (PLC), które są też oczywiście wykorzystywane w większych systemach sterowania i kontroli.

Przegląd programowalnych sterowników został dokonany z punktu widzenia ich przydatności do sterowania małymi obiektami i ewentualnego wykorzystania w rozleglejszym systemie. Podstawowymi kryteriami, którymi kierowano się w wyborze sterowników były:

- odpowiednia konfiguracja wejść i wyjść, zarówno cyfrowych jak i analogowych,
- możliwie niska cena, promocja „zestawów startowych”,
- uniwersalność zastosowań w interesującym nas obszarze ewentualnych aplikacji,
- łatwość programowania,
- dostępność materiałów szkoleniowych i innych form szkolenia,
- ewentualna pomoc konsultacyjna dystrybutora sprzętu,
- możliwość negocjacji ceny w przypadku aplikacji dla klientów.

Z punktu widzenia potencjalnych możliwości aplikacyjnych do sterowania np. napowietrzaniem zbiorników lub regulacji kwasowości najważniejszym kryterium jest wyposażenie sterownika w wejścia i wyjścia analogowe oraz ewentualnie programowego realizowania regulatora PID. Sygnały z urządzeń mierzących zawartość tlenu lub poziom pH są analogowe (o charakterystyce liniowej lub wykładniczej) i w stosunku do nich musi być możliwość wysyłania ze sterownika również sygnałów analogowych o odpowiedniej charakterystyce do wysterowania urządzeń wykonawczych: zaworów, pomp lub sprężarek (czasem wystarczą wyjścia cyfrowe, jednak wejścia analogowe są zazwyczaj niezbędne).

Kryterium ceny też jest istotne zwłaszcza w przypadku aplikacji do sterowania małymi obiektami, których administratorzy najczęściej dysponują ograniczonymi funduszami (gminy, małe zakłady produkcyjne itp.). Biorąc to pod uwagę założono pułap cenowy około 3 tys. zł. Związana z tym jest również możliwość negocjowania rabatów cenowych u potencjalnych dostawców.

Zrobiono rozeznanie sterowników następujących producentów:

- *Allen-Bradley / Rockwell Automation* USA (dystrybutor ELMARK Warszawa),
- *FESTO GmbH* Niemcy (przedstawicielstwo FESTO sp. z o.o. Janki k/Warszawy)
- *Fanuc Automation / General Electric* USA (dystrybutor AB-MICRO s.c. Warszawa, produkuje także kilka modułów do sterowników firmy Fanuc),
- *PLC Direct by KOYO* USA (dystrybutor Transtek Warszawa)
- *SAIA - Burgess Electronics* Szwajcaria (przedstawicielstwo SABUR Ltd. Warszawa),
- *SIEMENS GmbH* Niemcy (przedstawicielstwo Siemens sp. z o.o., dystrybutorzy IMPOL-AUT s.c., I-CENTER sp. z o.o. Warszawa).

Wyniki przeglądu wybranych sterowników zamieszczono w tabeli na następnej stronie. Podano tylko niektóre parametry dla orientacji w różnicach aplikacyjnych. Wśród wyrobów wskazanych producentów (i innych) Jest znacznie szersza oferta urządzeń np. całe typoszeregi sterowników danej klasy. W tabeli przedstawiono urządzenia najtańsze z grupy sterowników o wejściach i wyjściach cyfrowych oraz sterowników wyposażonych w wejścia i wyjścia analogowe, które mogą być aplikowane w układach sterowania małych oczyszczalni i podobnych obiektów. Szczegółowe informacje techniczne i użytkowe są dostępne w katalogach, które zgromadzono podczas prowadzonego rozeznania rynku.

Wybór sterownika spełniającego określone wymogi nie jest jednoznaczny: do określonych zadań można stosować sterowniki różnych firm. W celu poznania różnic w możliwościach sprzętu postanowiono praktycznie poznać różne sterowniki, wybrane do odpowiednich aplikacji. Wytypowano i zakupiono następujące:

- PCD1 z modułami we/wy cyfrowych i analogowych, firmy SAIA,
- 90-MICRO KEN106 z we/wy cyfrowymi i analogowymi, firmy FANUC,
- LOGO! z we/wy cyfrowymi, firmy SIEMENS.

Sterowniki PCD1 są budowane w postaci modułu podstawowego (zasilacz, mikrokontroler, pamięci itd.) do którego dołącza się do czterech modułów wejść lub wyjść cyfrowych i/lub analogowych albo innych modułów funkcyjnych. Sterownik ten cechuje się jednostką centralną o dużej mocy obliczeniowej (także arytmetyka zmiennoprzecinkowa), co pozwala na wykorzystanie w wielu poważnych aplikacjach. Różnorodność oferowanych wymiennych modułów czyni z systemu PCD1 - PCD4 bardzo elastyczne narzędzie praktycznie do każdych aplikacji.

Producent/ nazwa PLC	Allen-Bradley MicroLogix 1000		FANUC/90-MICRO		FESTO		PCLDir. by KOYO	SIEMENS		SAIA	
Typ sterownika	L16AWA	L20AWA	KEN101	KEN106	FEC	FPC101	DL 105	LOGO!	S7-212	PCD1	PCD1a
Zasilanie	120-230VAC,24 VDC		85-265 VAC		220VAC lub 24 VDC		110/220 V 24 VDC	220VAC lub 24 VDC		24 VDC	
Liczba we/wy	16	23	14	26	24	34	18	10	18	16	28
Wejścia cyfrowe	10	10	8	13	10+2	12	10	6	8	8	8
Wyjścia cyfrowe	6 R/T	8 R	6 R/T	10 R/T	10 R	12	8	4	6	8	8
Wejścia analogowe	-	4	-	2	-	8	-	-	3	-	8
Wyjścia analogowe	-	1	-	1	-	2	-	-	1	-	4
Programowanie	PC lub programator, logika drabinkowa		PC/prog. Log. drab. lub listy instrukcji		PC lub programator, logika drabinkowa		PC, prog. l.drabink.	wbudow. program.	PC, log. drabink.	PC/prog. Log. drab. lub listy instrukcji	
Cena zł	1168	2993	1088*	2323*	999	3611	1323	797	2329	1258	3184*
Cena software	1133	1133	-	-	750	750	336**	420 (PC)	-	1700	-
Wymiary	120x73x80	200x73x80	115x82x76	218x82x76			130x92x80	72x90x55	218x80x62	208x141,4x64	
Uwagi			* cena promoc	* cena promoc			** do pro- gramatora				* cena promoc.

Sterowniki serii 90-MICRO są tańsze od odpowiednich wyrobów firmy SAIA, mają jednak budowę kompletnych urządzeń, których konfiguracja jest „sztywna”, bez możliwości komponowania sekcyjnego. Można jednak wybrany sterownik rozbudowywać o moduły dodatkowe, uzupełniające podstawową jednostkę.

Wymienione systemy mogą być programowane za pośrednictwem komputera lub przenośnych programatorów (jest to mniej wygodne, jednak przydatne do pracy na obiektach). Programowanie może być realizowane i testowane z użyciem komputera, a potem aplikowane do sterownika. Software umożliwia programowanie w schemacie drabinkowym lub za pomocą list instrukcji (bardziej przydatne do współpracy sterowników z siecią). Przedstawione sterowniki mogą być wykorzystane np. do układów regulacji poziomu pH, stopnia natlenienia zbiorników itp., gdy wymagana jest współpraca z czujnikami o sygnale wyjściowym analogowym i urządzeniami sterowanymi sygnałami analogowymi.

Zupełnie inna jest koncepcja budowy i działania prostych i tanich programowanych sterowników rodziny LOGO! firmy SIEMENS. Nadają się w zasadzie tylko do współpracy z sygnałami dwustanowymi i takie też mają wyjścia sterujące. Nie wymagają współpracy z komputerem do oprogramowania zadań, choć taka możliwość też istnieje. Mają wbudowaną sześcioprzyciskową klawiaturę i niewielki wyświetlacz ciekłokrystaliczny, co wystarcza do programowania kombinacji dostępnych bloków logicznych i przetestowania programu. Programowanie polega na łączeniu gotowych bloków logicznych (do dyspozycji jest sześć zintegrowanych funkcji podstawowych i 11 funkcji specjalnych), a w jednej aplikacji można użyć kombinacji do 30 bloków, co daje możliwość tworzenia dość skomplikowanych zadań. Sterownik nadaje się do realizacji „gniazdowych” zadań z sygnałami dwustanowymi, np. włączanie pomp, dwustanowych zaworów, uruchamianie szlabanów, otwieranie bram itp.

#### **4. Moduły do komputerowego sterowania urządzeniami wykonawczymi**

W poprzedniej pracy (zlecenie S 1789) testowano m.in. akwizycję rezultatów pomiarów z użyciem modułów serii ADAM 4000 (firmy Advantech) we współpracy z oprogramowaniem GENIE wersja 2.12. Postanowiono zatem rozeznaczyć możliwość komputerowego sterowania urządzeniami wykonawczymi na oczyszczalni także z wykorzystaniem odpowiednich modułów tej serii. Większość modułów o wejściach analogowych jest wyposażona także w jedno wejście cyfrowe oraz w jedno lub dwa wyjścia cyfrowe tranzystorowe (ADAM 4011, 4012, 4014), zaś 16-bitowy moduł 4016 z jednym wejściem analogowym ma 4 wyjścia cyfrowe i jedno analogowe (prądowe lub napięciowe).

ADAM-4050 ma 7 wejść i 8 wyjść cyfrowych tranzystorowych typu otwartego kolektora. Można go przystosować do sterowania urządzeniami mocy za pośrednictwem modułów OPTO-22 wkładanych w specjalną podstawkę 4910-DIO. Przełączając można wtedy prądy do 3A i napięcia do 280 V.

ADAM-4060 ma wbudowane cztery przekaźniki, dwa zwierne i dwa przełączające. Ich ustawienie jest zdalnie programowane.

Wyjścia cyfrowe można wykorzystać do włączania i wyłączania urządzeń. Możliwy jest tryb pracy, w którym ADAM sygnalizuje na wyjściach cyfrowych przekroczenie przez sygnał wejściowy uprzednio zaprogramowanych progów: dolnego i górnego. Pozwala to na przykład na użycie modułu ADAM-4011 lub 4050 jako samodzielnego, dwupunktowego kontrolera poziomu cieczy w zbiorniku.

Wyjścia analogowe posiada moduł 4021. Zdalnie programuje się rodzaj wyjścia (prądowe: 0-20 mA, 4-20 mA lub napięciowe: 0-10 V). Dodatkowy przetwornik A/C daje możliwość sprawdzenia przez komputer rzeczywistej wartości sygnału, jaka wychodzi z ADAMa. Za pomocą takiego modułu można sterować zawory nastawne, falowniki, dozowniki itp.

W ramach pracy zakupiono i przetestowano symulacyjnie moduły 4060 i 4021, we współpracy z oprogramowaniem GENIE. Przygotowanie programowe modułów z użyciem drivera polega na sekwencyjnym wysyłaniu komend i odczytywaniu odpowiedzi z portu szeregowego komputera, w celu:

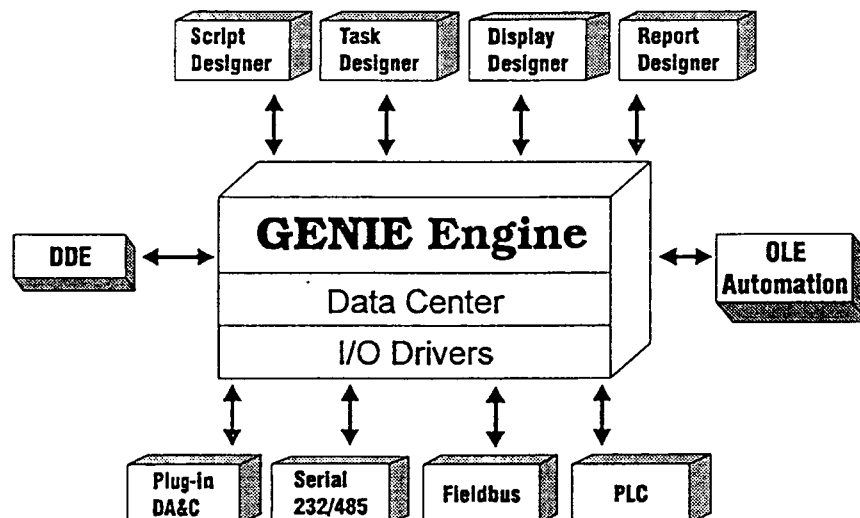
- konfiguracji sprzętowej,
- obsługi we/wy cyfrowych, alarmów, liczników,
- ustawiania wartości wyjść analogowych.

Użycie programu GENIE (lub innych o podobnej strukturze np. LABTECH NOTEBOOK/CONTROL, GENESIS, które są przystosowane do obsługi ADAMów) daje możliwość szybkiego zastosowania zdalnych modułów, bez konieczności wnikania w protokół komunikacyjny i listę rozkazów. Sprawdzone zostało możliwość programowanego przełączania wyjść przekaźnikowych modułu 4060 oraz możliwość wysterowania analogowych sygnałów wyjściowych w module 4021 (bez obciążenia, sprawdzano poziom napięcia).

## 5. Programy do komputerowego przetwarzania rezultatów pomiarów

W pracy S1789 dokonano przeglądu oprogramowania przydatnego do komputerowej akwizycji i przetwarzania wyników pomiarów. Zachęcające wyniki wstępnych prób z programem GENIE przy jego niewygórowanej cenie, konkurencyjnej w stosunku do innych, bardziej rozbudowanych programów spowodowały, że kupiono nową wersję tego programu - GENIE 3.02.

Nowy GENIE ma odmienną architekturę w porównaniu z wersją 2.0, opisaną w raporcie z pracy S1789. Program ma teraz strukturę modułową i bardziej otwartą, pozwalającą na wymianę danych z innymi programami, także w środowisku Windows. GENIE 3.02 służy nie tylko do zbierania i akwizycji danych lecz umożliwia tworzenie aplikacji z dziedziny automatyki przemysłowej. Położono większy nacisk na możliwość rozbudowy, pojemność i możliwość programowania. Architektura pakietu pozwala na dostęp z zewnątrz do wszystkich danych programu GENIE. Zwiększyła się ilość obsługiwanych bloków wejścia/wyjścia, a lista obsługiwanego sprzętu została poszerzona m.in. o moduły nowej serii ADAM-5000.



Rys. 2. Architektura modułów pakietu GENIE 3.02

Struktura pakietu GENIE 3.02 jest schematycznie przedstawiona na rys. 2. Wyróżnia się następujące moduły:

*Data Center* jest głównym modułem gdzie są przechowywane dane pomiarowe i sterujące. Poza obsługą danych zebranych z kart i interfejsów pomiarowych moduł posiada zestaw interfejsów do komunikacji z innymi programami poprzez DDE i OLE a także C API. Za pomocą tych interfejsów inne aplikacje mogą pobierać dane z GENIE lub dostarczać dane do programu.

*Driver* jest odpowiedzialny za odczyt danych bezpośrednio z urządzeń zewnętrznych. Driver'y wejścia/wyjścia programu GENIE obsługują wszystkie karty i moduły firmy Advantech (m.in. ADAM-4000/5000 i MIC-2000).

*Task Designer* decyduje o funkcjonalności całej aplikacji. W GENIE wbudowanych jest wiele spotykanych w przemyśle funkcji i bloków sterujących. Użytkownik wybiera blok z paska narzędziowego i umieszcza go na formularzu aplikacji. W porównaniu do wersji 2.0 nowy GENIE pozwala na uruchomienie równocześnie wielu zadań. Można więc podzielić bardziej skomplikowaną aplikację na mniejsze bloki funkcjonalne i uruchomić je jednocześnie.

*Display Designer* służy do tworzenia i wyświetlania dynamicznych ekranów wizualizacyjnych. Ekran można budować z gotowych komponentów graficznych. W nowej wersji dołączono narzędzia do rysowania, które pozwalają na dowolne dostosowanie wyglądu ekranu.

*Report Designer* jest odpowiedzialny za tworzenie i generowanie raportów. Użytkownik może sam zaprojektować format swojego raportu w postaci tabeli i określić okresy automatycznego drukowania. Report Designer będzie periodycznie zbierał rzeczywiste dane, formatował i automatycznie drukował w zdefiniowanych odstępach czasu.



*Script Designer* odpowiada za kontrolowanie zadań i analizę oraz przeliczanie danych pomiarowych. GENIE ma wbudowany język Visual Basic for Application łącznie ze środowiskiem do samodzielnego pisania i uruchamiania programów.

GENIE składa się z czterech różnych edytorów: *Task Designer*, *Display Designer*, *Report Designer* i *Script Designer*. Są one przeznaczone kolejno do edycji zadań (*tasks*), ekranów (*displays*), raportów (*reports*) i głównego skryptu (*main script*). Ponieważ w jednej strategii może być wiele zadań można też stworzyć w GENIE wiele okienek *Task Designer*. Z tego samego powodu można stworzyć wiele okienek *Display Designer*. Jednakże może być tylko jeden skrypt główny (*main script*). Dlatego tylko jedno okienko *Script Designer* może być otwarte. Z tego też powodu nazwano go skryptem głównym. Jednocześnie może być użyta dowolna ilość ikon funkcyjnych, wejścia i wyjścia oraz komponentów graficznych. Ograniczeniem jest jedynie wielkość dostępnej pamięci i szybkość działania komputera. GENIE jest rozwiązaniem przydatnym zarówno do małej aplikacji składającej się z kilku ikon jak i do pełnej automatyzacji większych procesów przemysłowych wymagających wielu wejść i wyjść.

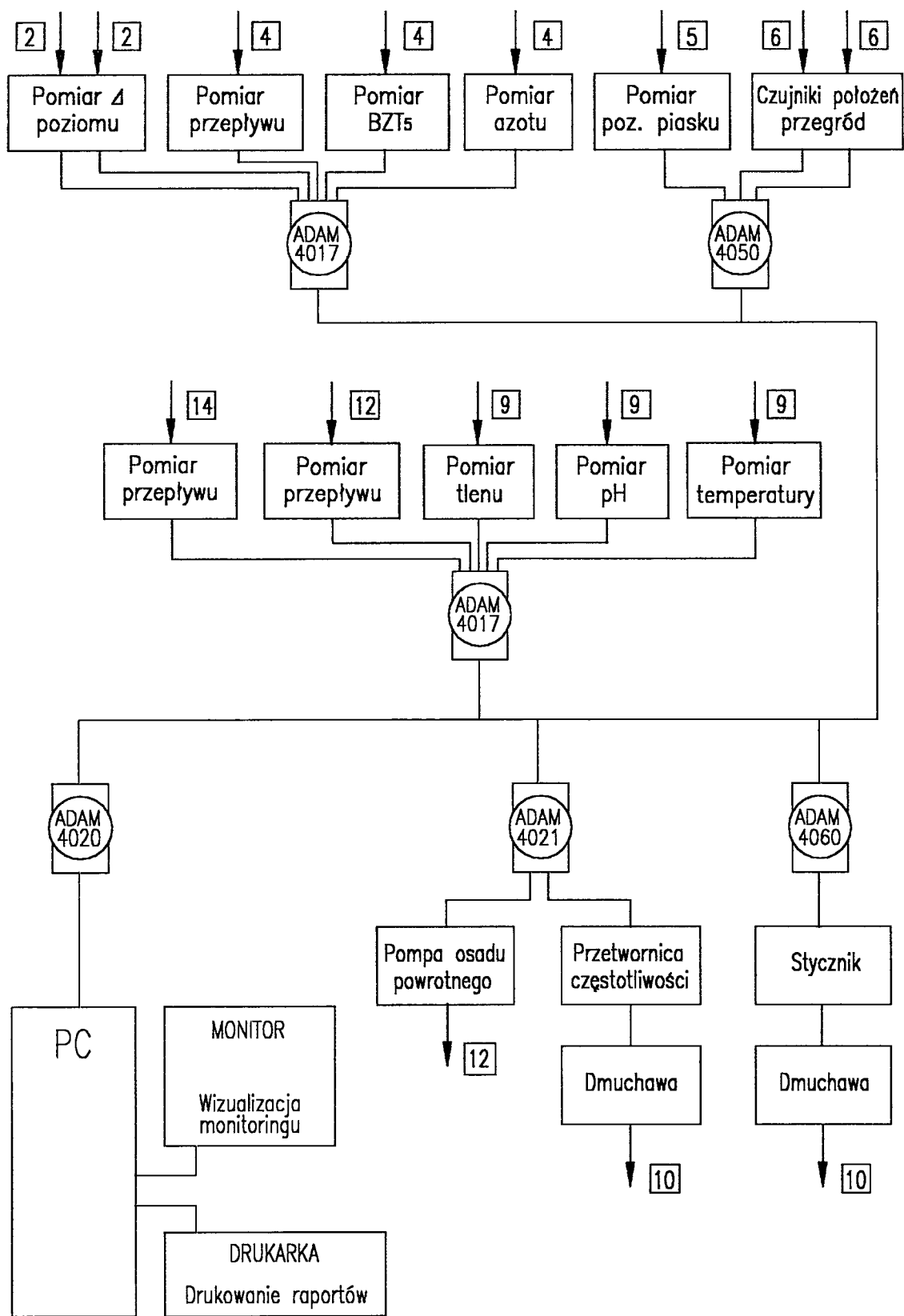
Rozpatrywano także możliwość zastosowania do komputerowej akwizycji i przetwarzania wyników pomiarów pakietów ASIX firmy ASCOM (polski) oraz Fix32 firmy Intellution (USA).

Zapoznano się z wersją demonstracyjną programu ASIX, która potwierdza jego przydatność do projektowania i realizacji systemów komputerowego nadzoru procesów przemysłowych, linii technologicznych, itd. monitorowanych i sterowanych w oparciu o programowalne sterowniki i inne systemy pomiarowo-kontrolne. ASIX należy do klasy pakietów oprogramowania SCADA - Supervisory Control And Data Acquisition System - i realizuje szeroko pojęte funkcje zbierania danych procesowych, przetwarzania i wizualizacji, sterowania bezpośredniego i nadrzędnego, alarmowania i rejestracji zdarzeń, archiwizacji danych, sporządzania trendów, generowania raportów, analizy danych, udostępniania informacji o procesie w sieciach komputerowych. Systemy ASIX są eksploatowane zarówno na autonomicznych komputerowych panelach i stacjach operatorskich jak i w sieciach stacji dyspozytorskich. Pozwalają także na zdalny dostęp do informacji o procesie z oddalonych komputerów - stanowisk nadzoru nad eksploatacją, zarządzania produkcją, itp. ASIX nadaje się zatem do dużych aplikacji przemysłowych, co skutkuje także jego wysoką ceną.

Podobnej klasy jest Fix32 firmy Intellution, dostępny w różnych wersjach konfiguracyjnych (i cenowych). Pakiet został użyty w II etapie pracy do opracowania oprogramowania monitoringu z symulacją procesu oczyszczania ścieków.

## 6. Struktura systemu monitoringu małej oczyszczalni ścieków

Przyjęto, że na obiekcie mogą być wykonywane pomiary większości parametrów wyszczególnionych w p. 2.1 oraz, że sterowane mogą być urządzenia napowietrzające i przepompowywanie osadu wtórnego (można sterować oczywiscie i inne urządzenia).



Rys. 3. Struktura systemu monitoringu małej oczyszczalni ścieków

Przykładowa struktura komputerowego systemu monitoringu małej oczyszczalni ścieków jest schematycznie przedstawiona na rys. 3 (na tym rysunku liczby w kwadratach obok strzałek odpowiadają numerom obiektów schematu oczyszczalni według rys. 1). Założono wykorzystanie oprogramowania GENIE 3.02 lub Fix32 Intellution we współpracy z modułami serii ADAM-4000 do akwizycji sygnałów pomiarowych i do sterowania urządzeniami wykonawczymi.

Moduły ADAM-4017 z 8 wejściami analogowymi przeznaczono do akwizycji sygnałów analogowych: pomiaru strumienia objętości (przepływu) ścieków na wejściu i wyjściu z oczyszczalni, różnicy poziomów ścieków przed i za kratą, pomiarów biochemicznego zapotrzebowania tlenu (np. BZT<sub>5</sub>) i zawartości azotu na wlocie ścieków, pomiaru natlenienia, temperatury i poziomu pH w zbiornikach aeryzacyjnych i innych sygnałów pomiarowych.

Moduł ADAM-4050 ma wejścia i wyjścia cyfrowe i został użyty do komunikacji komputera z czujnikami mierzącymi poziomy piasku w komorach piaskownika i sygnalizującymi przekroczenie dopuszczalnego poziomu - wówczas alarmowana jest konieczność przestawienia przegród obrotowych 6 (rys.1), aby skierować ścieki do pustej komory piaskownika. Ten sam moduł pośredniczy w sygnalizowaniu aktualnych położenia tych przegród.

Nie wykorzystane wyjścia cyfrowe modułu ADAM-4050 mogłyby służyć do sterowania przestawianiem przegród 6 lub innych stawideł czy zaworów w przypadku ich zmechanizowania (włączanie silników elektrycznych poprzez odpowiednie styczniki, zmiana kierunku obrotu itd.).

Moduł ADAM-4021 jest wyposażony w wyjścia analogowe (także z kontrolą rzeczywistego poziomu sygnału wyjściowego) i został zaproponowany do sterowania dwoma urządzeniami wykonawczymi sterowanymi analogowymi sygnałami prądowymi: pompą dozującą osad powrotny oraz falownikiem (przetwornica częstotliwości) zasilającą silnik dmuchawy o regulowanym wydatku powietrza, do napowietrzania zbiorników aeryzacyjnych.

Moduł ADAM-4060 jest również wykorzystany do włączania dmuchawy. Jest on wyposażony na wyjściu w zdalnie przełączane przekaźniki (dwa przełączające i dwa zwierne), można zatem poprzez styczniki włączać silnik dmuchawy (o nie regulowanym wydatku). Najczęściej stosuje się kilka takich dmuchaw, włączanych w zależności od aktualnego i wymaganego natlenienia w zbiorniku, gdy zapotrzebowanie na tlen jest większe (jest to także związane z temperaturą ścieków).

Moduł ADAM-4020 służy do komunikacji sieci pozostałych modułów z komputerem. Moduły ADAM są przystosowane do transmisji danych w systemach rozproszonych, na większe odległości i dlatego używa się tu protokołu transmisji szeregowej w standardzie RS-485. Moduł ADAM-4020 jest konwerterem umożliwiającym wprowadzanie tych sygnałów do portu szeregowego komputera typu PC o transmisji w standardzie RS-232 i przesyłania sygnałów z komputera do sieci ADAMów lub innych urządzeń pracujących w standardzie RS-485 lub 422.

Komputer z odpowiednim oprogramowaniem nadzoruje pracę sieci i na ekranie monitora przedstawione są wymagane informacje o pracy systemu, wartościach wielkości mierzonych itd., a potrzebne raporty są drukowane w wymaganym formacie i częstotliwości.

Przedstawiona struktura systemu monitoringu jest przykładowa, są oczywiście możliwe inne konfiguracje sprzętowe i sygnałowe w zależności od wymagań obsługi konkretnego obiektu. Mogą być użyte inne moduły do akwizycji i sterowania. Można lokalnie (w powiązaniu z całą siecią lub nie) instalować sterowniki obsługujące np. nadzór i sterowanie napowietrzaniem, przełączaniem zaworów w zależności od wypełnienia zbiorników, przepompowywaniem osadu powrotnego itd.

## 7. Zadania symulacyjne

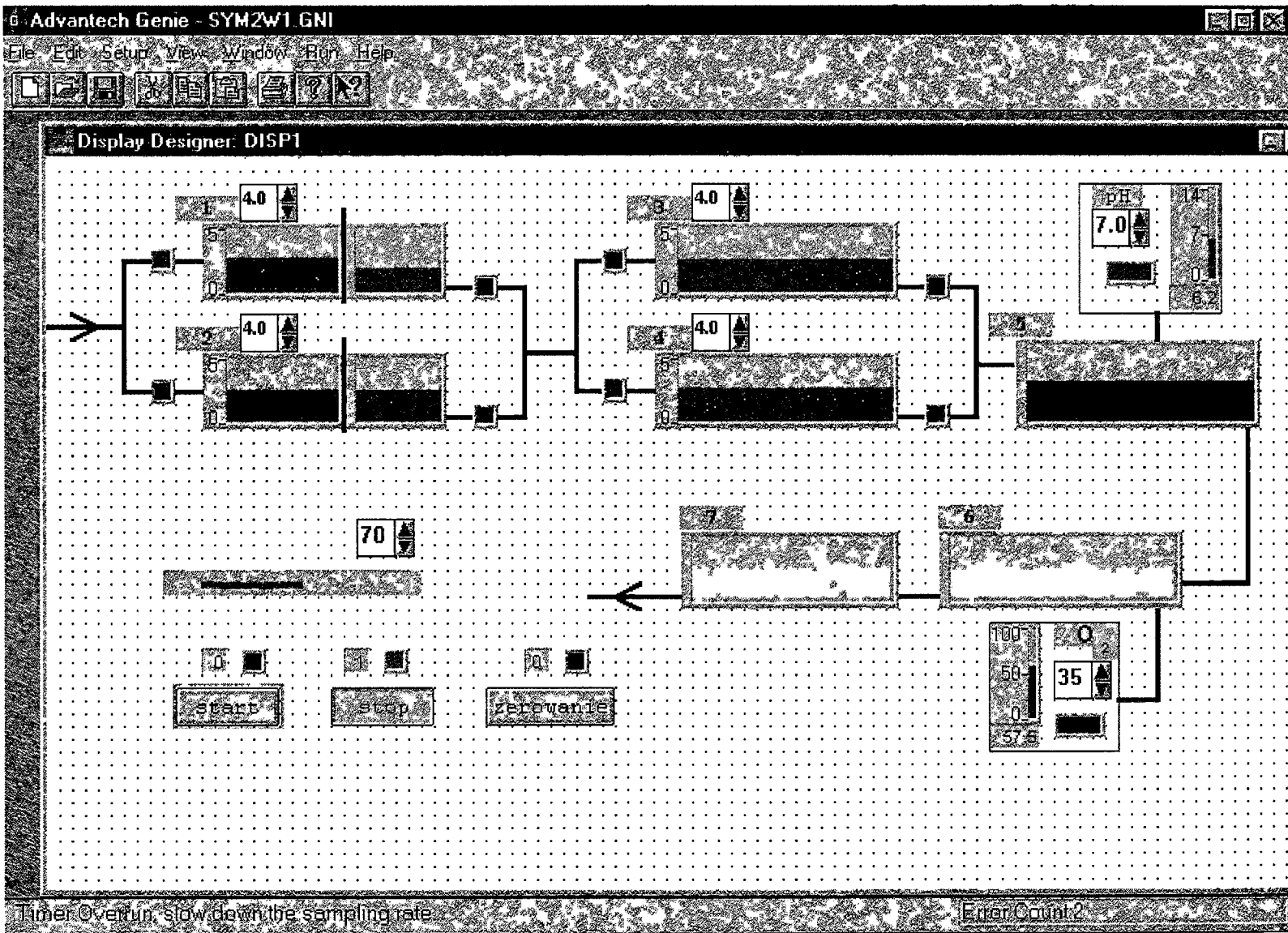
Celem zadań symulacyjnych było rozeznanie problemów i zakresu prac programowych związanych z monitoringiem i sterowaniem małych oczyszczalni ścieków oraz elementów składowych takich i podobnych obiektów. Wiąże się z tym konieczność poznania oprogramowania do takich zadań oraz zasad pracy i programowania wybranych sterowników PLC.

### 7.1. Symulacja pracy małej oczyszczalni ścieków

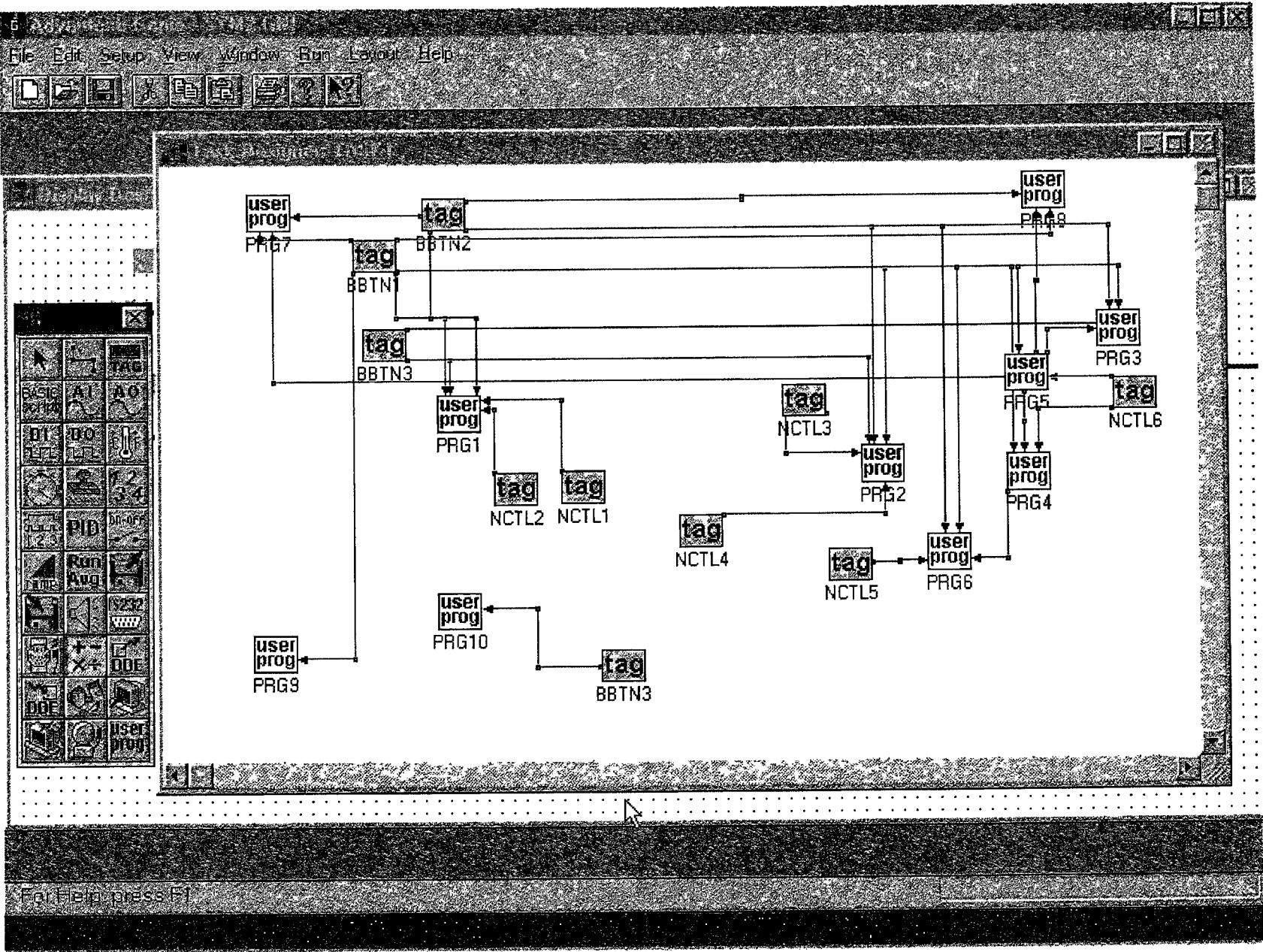
Opracowanie oprogramowania obrazującego pracę małej oczyszczalni ścieków i wizualizacji niektórych procesów technologii oczyszczania jest zadaniem odmiennym od oprogramowania rzeczywistego obiektu. Z jednej strony jest to łatwiejsze ze względu na odseparowanie od konkretnych elementów obiektu, z drugiej strony - pewnym utrudnieniem jest konieczność symulacji pracy rzeczywistych czujników i przetworników pomiarowych, będących źródłami sygnałów wejściowych dla programu.

Konsekwencją przyjęcia określonej struktury systemu monitoringu małej oczyszczalni (rys. 3), gdzie zaproponowano zastosowanie modułów ADAM (choć oczywiście mogą być użyte inne urządzenia) była próba wykorzystania oprogramowania GENIE do symulacji pracy oczyszczalni, choć mogą to być inne pakiety wizualizacji i monitoringu. Program symulacyjny miał zobrazować problemy, z jakimi będzie miał do czynienia zespół projektujący monitoring i oprogramowanie.

Do budowy schematycznego obrazu oczyszczalni wykorzystano plan obiektu przedstawionego na rys.1, z pewnymi modyfikacjami (wydruk ekranu modułu *Display Designer* pokazuje rys.4). Na ekranie poziome prostokąty obrazują zbiorniki oczyszczalni z symulowanym zmiennym poziomem cieczy, czarne i czerwone kwadraty na przewodach łączących zbiorniki symbolizują zawory (otwarty zawór ma kolor czerwony). Pierwsze dwa zbiorniki połączone równolegle, o numerach 1 i 2, symbolizują dwa zbiorniki dolotowe z kratami. Takie rozwiązanie może być stosowane w przypadkach dużego zanieczyszczenia ścieków odpadami stałymi i w okresach większego ich napływu (co sygnalizuje wzrost różnicy poziomów przed i za kratą) zbiorniki są przełączane w celu oczyszczenia. Podobny system dwu piaskowników 3 i 4 pozwala na zamknięcie tego, w którym poziom piasku jest nadmierny i oczyszczenie go. W komorze 5 jest monitorowany poziom kwasowości i ewentualnie następuje zubożenie ścieków przed ich skierowaniem do zbiornika



Rys. 4. Ekran wizualizacji pracy oczyszczalni



Rys. 5. Ekran z siecią połączeń bloków programu wizualizacji pracy oczyszczalni

biologicznej neutralizacji 6. W oknie nad zbiornikiem 5 jest monitorowany poziom pH na wykresie słupkowym i jako wartość liczbowa (kolor czerwony), a poziom pH jest zadawany i pokazywany w nastawniku kolorem czarnym. Pod nim czerwony prostokąt obrazuje otwarcie dozowania cieczy zobojętniającej ścieki. Podobne okno do monitoringu napowietrzania jest umieszczone pod zbiornikiem 6. W chwili pokazanej na ekranie zawartość tlenu (w procentach wartości maksymalnej) jest wyższa od wymaganej, podanej na nastawniku (35%), a zatem napowietrzanie jest na najniższym poziomie lub wyłączone, co obrazuje czarna barwa prostokątnego indykatora. Na ekranie są też widoczne przyciski 'start' i 'stop', które uruchamiają i zatrzymują strategię symulacji oraz 'zerowanie', które wprowadza warunki początkowe w odpowiednich blokach programu.

Rysunek 5 przedstawia ekran modułu *Task Designer* pakietu GENIE z siecią połączeń bloków programu symulacji pracy oczyszczalni wraz z zestawem narzędzi do programowania zadań (lewa strona ekranu). Program wymagał napisania 10 podprogramów zawartych w blokach „user prog”, co wymagało od wykonawcy opanowania podstaw Visual Basic. Podprogramy te symulują przebiegi pomiarowych sygnałów wejściowych oraz narzucają wzajemne zależności logiczne między stanami bloków wizualizacji *Display Designer'a* (zawory, poziomy zbiorników itd.).

W programie GENIE jest oczywiście możliwe przedstawienie wizualizacji w sposób mniej schematyczny, wprowadzając np. obrazy bitmapowe, jednak w związku z uruchomieniem etapu II pracy nie rozwijano dalej tego zadania symulacyjnego (etap II dotyczy oprogramowania do symulacji monitoringu pracy małej oczyszczalni ścieków).

## 7.2. Symulacja układu regulacji kwasowości

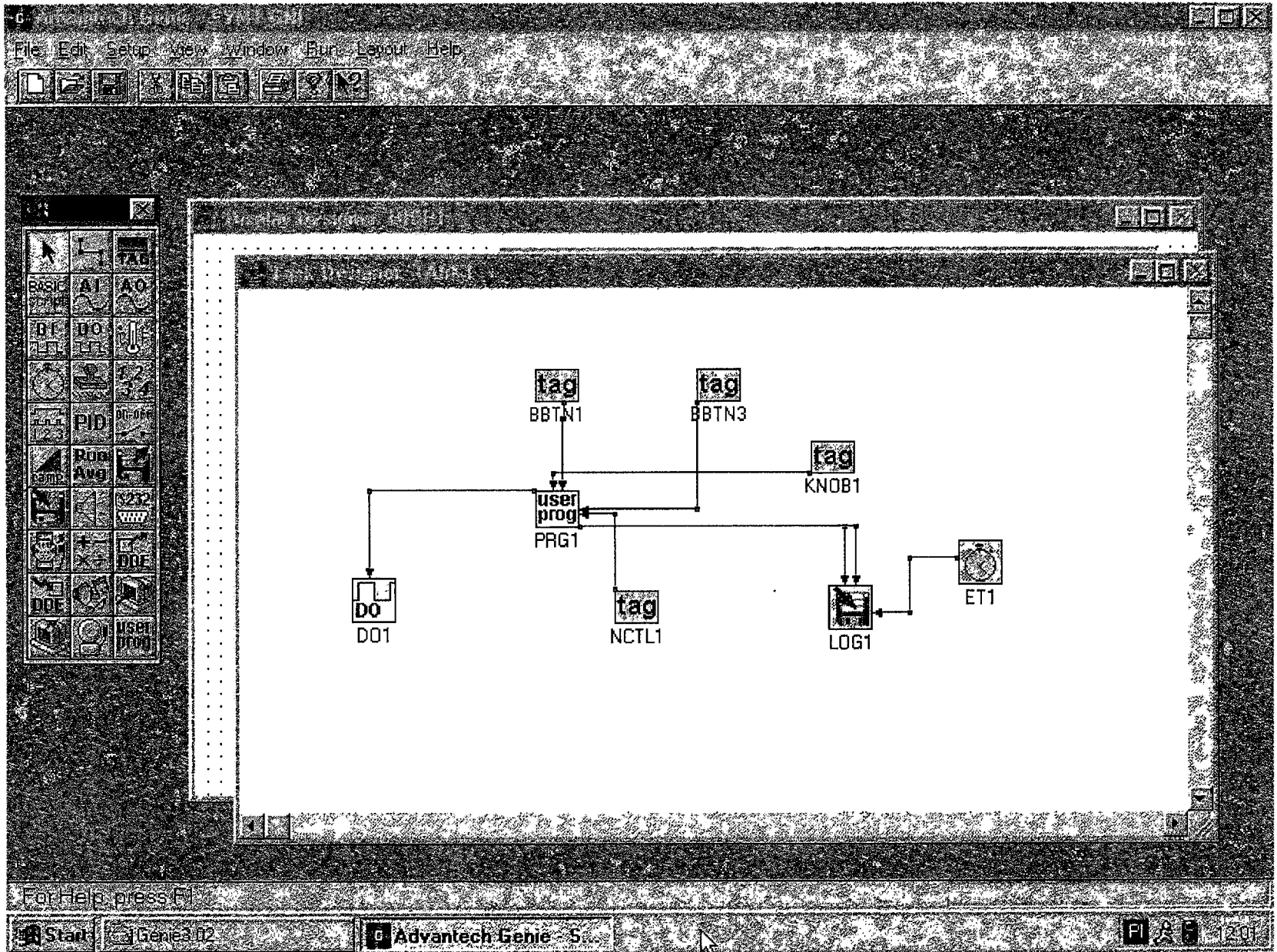
Ten program symulacyjny też był opracowany z użyciem pakietu GENIE i jest rozwinięciem fragmentu poprzedniego programu, w zakresie układu regulacji kwasowości cieczy (ścieków lub zrzutów przemysłowych). Pokazano tutaj więcej bloków wizualizacji nastaw i wyników pomiarów oraz ich archiwizacji, jakie udostępniła GENIE.

Sam program jest stosunkowo prosty, zawiera osiem bloków podprogramów, w tym jeden blok użytkownika - 'user prog' - pisany w Visual Basic. Rysunek 6 pokazuje ekran z powiązaniem tych bloków. Z odpowiednich bloków 'tag' i bloku symulacji sygnału wyjściowego 'DO' są wysterowane odpowiednie bloki wizualizacji (rys. 7) oraz zapis do pliku danych pomiarowych ('LOG1') w odstępach czasu sterowanych z zegara 'ET1'.

Na ekranie wizualizacji procesu regulacji kwasowości (rys. 7) poza przyciskami 'start', 'stop' i 'zerowanie' umieszczono:

- trzy wskaźniki aktualnej wartości pH (trzy pierwsze ikony na dole ekranu DISP1): cyfrowy, analogowy słupkowy i analogowy kątowny (wskazówkowy),



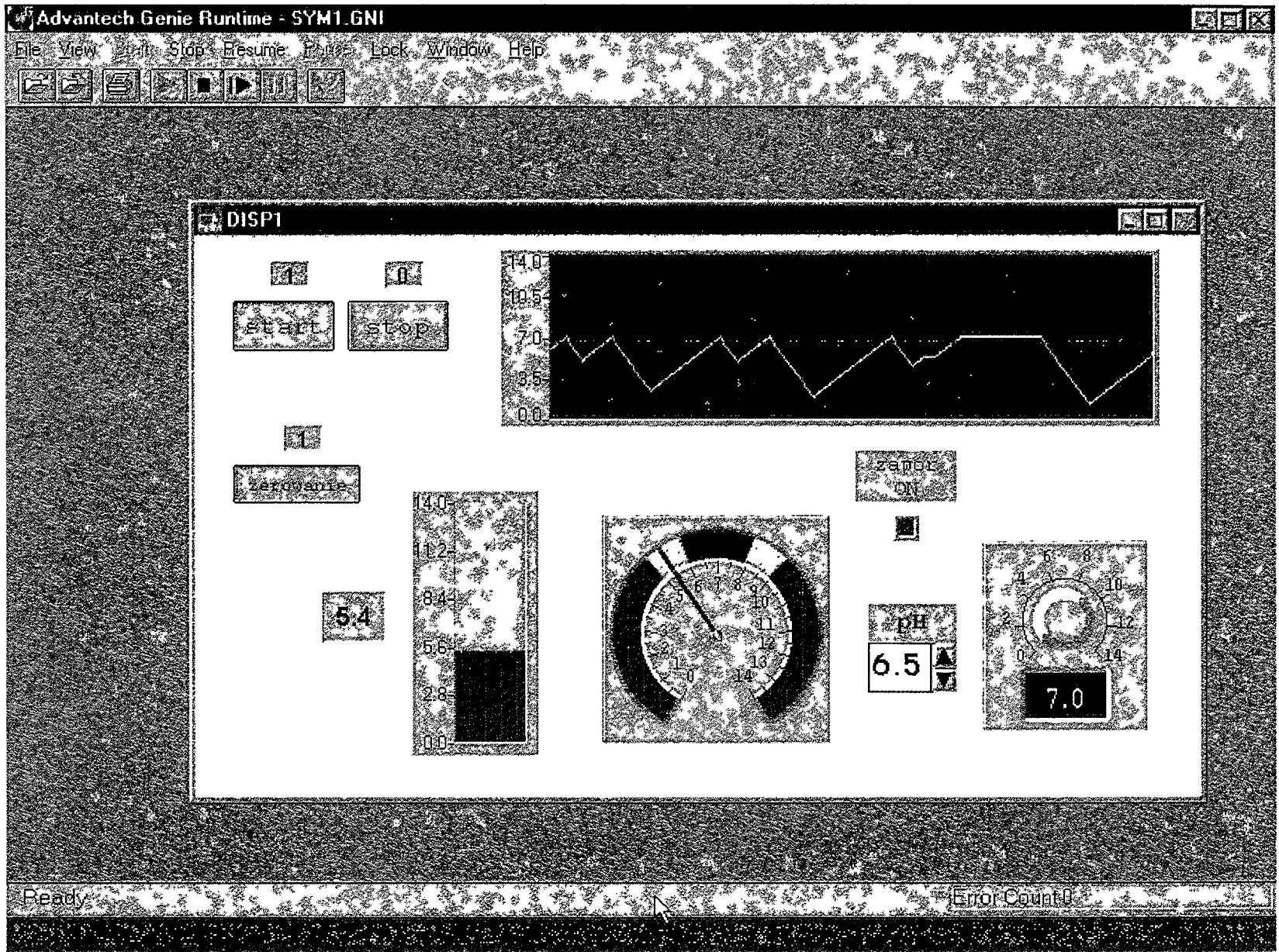


Rys. 6. . Ekran z siecią połączeń bloków programu regulacji pH

Handwritten signature or mark.



Rys. 7. Ekran wizualizacji procesu regulacji pH



22  
215

- ikona cyfrowego nastawnika wartości kwasowości (z napisem 'pH'),
- ikona pokrętkła zadawania końcowej (oczekiwanej) wartości pH z dokładnym cyfrowym odczytem nastawy,
- ikona 'zawór' z napisem ON lub OFF w zależności od jego stanu, co jest także sygnalizowane kwadratowym wskaźnikiem o barwie odpowiednio czerwonej lub czarnej,
- wykres przebiegu zmian wartości pH w funkcji czasu (barwa biała) oraz poziom pH z zadajnika cyfrowego (linia czerwona).

Uruchomienie symulacji zaczyna się od wyzerowania parametrów zmiennych i uruchomienia przycisku 'start' (napisy zmieniają się na czerwone). Następuje losowanie wyjściowej wartości pH z określonego zakresu (czerwony łukowy segment wskaźnika ze wskazówką) i włącza się zawór symulujący dostarczanie substancji zobojętniającej do zbiornika. W wyniku tego pH rośnie do wartości nastawionej zadajnikiem wartości oczekiwanej (na ekranie pH równe 7) według symulowanego przebiegu narastającego. Przed osiągnięciem wartości oczekiwanej zawór dozujący zamyka się wcześniej, gdy pH osiągnie wartość nastawioną zadajnikiem cyfrowym (na ekranie wartość 6.5 i na tym poziomie widoczna jest czerwona linia wykresu). Wcześniejsze zamknięcie zaworu zapobiega przeregulowaniu układu i w rzeczywistości byłoby dobierane doświadczalnie. Po osiągnięciu wartości zadanej kwasowość ponownie rośnie (spada wartość pH) do chwili następnego losowania wartości pH, co symuluje kolejny rezultat indykacji pH. Ponownie zawór jest otwierany i cykl powtarza się. Oczywiście można w rzeczywistym układzie stosować regulację dwugraniczną, której symulacja jest prostsza.

### 7.3. Układ sterowania napełnianiem zbiornika

W ramach szkolenia w firmie AB-MICRO (Warszawa) w zakresie wprowadzenia do obsługi i programowania sterowników firmy GE FANUC testowano przygotowanie do pracy (instalacja sprzętu, uruchamianie oprogramowania) i pisanie programów dla 28-punktowego sterownika typu IC693UDR005 serii 90-30. Rozwiązywano symulacyjnie dwa zadania:

- sterowanie pompą napełniającą zbiornik (instruktaż),
- sterowanie zmianą kierunku obrotu silnika z wymaganymi zabezpieczeniami (zadanie samodzielne).

W pierwszym zadaniu pompa miała napełniać zbiornik wyposażony w dwa czujniki pływakowe sygnalizacji poziomu cieczy: dolny i górny. Pompa powinna być włączona gdy poziom cieczy jest minimalny, wyłączona - gdy maksymalny. Dodatkowo powinien być wyłącznik awaryjny silnika pompy, a ponadto układ nie powinien reagować na przypadkowe wahnięcia pływaków czujników (czas zwłoki). W przykładzie tym zapoznano się z projektowaniem diagramu drabinkowego, używanych symboli we/wy, przycisków, przekaźników, liczników, timerów itd. Po symulacji komputerowej działania programu, został on wprowadzony do pamięci sterownika i przetestowany (wraz z wersjami zmodyfikowanymi) za pomocą specjalnego modułu symulacji wejść. W ten sposób można łatwo sprawdzić poprawność pracy sterownika i

sprawdzić odporność programu na sytuacje awaryjne, np. jednoczesnego włączenia się styków czujników poziomu cieczy.

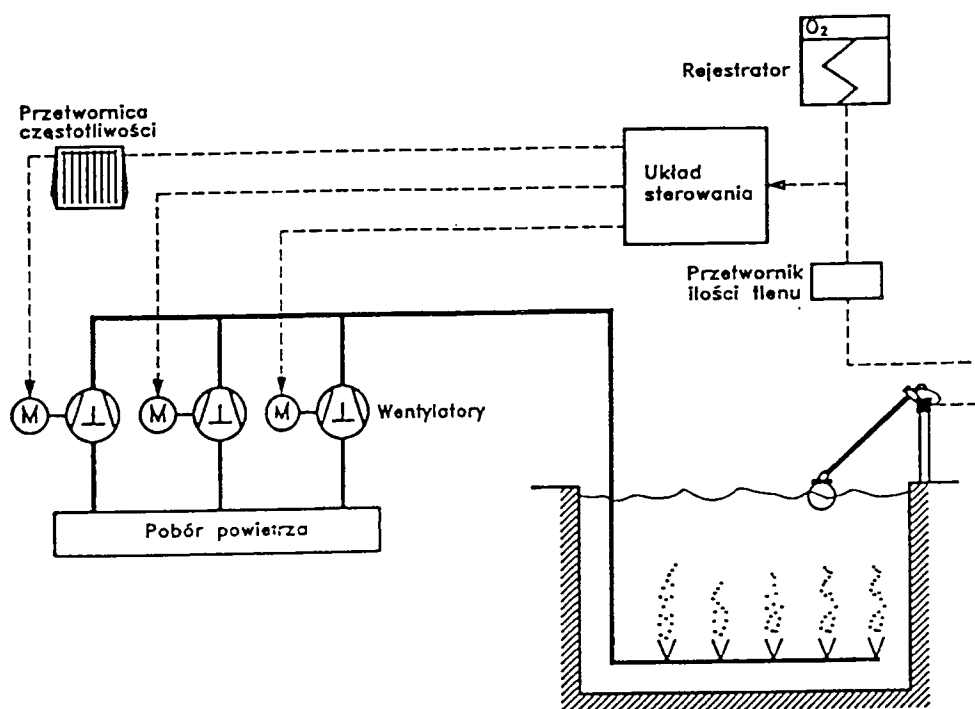
Podobne zadanie symulacyjne wykonano samodzielnie używając prostego sterownika LOGO! prod. SIEMENS, w celu poznania innego sposobu programowania - za pomocą zestawiania modułów logicznych, które są zaprogramowane w tym sterowniku. LOGO! jest wyposażony w sześcioprzyciskową klawiaturę i mały wyświetlacz, który nie pozwala na zobaczenie całej aplikacji - na wyświetlaczu mieści się każdorazowo jeden moduł logiczny z przyłączami. Programowanie polega na połączeniu bloków między sobą oraz z wejściami i wyjściami sterownika najpierw na schemacie rysowanym na papierze, potem blok po bloku jest łączony z innymi elementami już z wykorzystaniem klawiszy i wyświetlacza LOGO!. Wówczas dokonuje się też parametryzacji poszczególnych bloków (czasy opóźnień dla funkcji czasowych, czasy przełączania zegarami sterującymi, wartości graniczne liczników, poziomy przełączeń dla detektorów poziomu itd.).

Problem sterowania pracą pompy udało się rozwiązać za pomocą trzech (lub czterech - z zabezpieczeniami) bloków logicznych. Dla porównania w logice drabinkowej to samo zadanie wymagało sześciu szczebli programu z pięcioma dodatkowymi połączeniami równoległymi. Jednak stwierdzono niewygodę programowania na samym LOGO! (zwłaszcza większych aplikacji) i dlatego dokupiono odpowiedni program SoftLOGO! z interfejsem do komputera, co znacznie ułatwia programowanie i testowanie działania programu, który potem jest wprowadzany do sterownika.

#### 7.4. Układ napowietrzania zbiornika

Warunkiem skutecznej i wydajnej pracy oczyszczalni biologicznej jest wysoka aktywność bakterii w zbiornikach aeracyjnych, co wymaga dostarczania odpowiedniej ilości tlenu, przez wdmuchiwanie powietrza za pośrednictwem rur z dyfuzorami. Powietrze atmosferyczne jest tłoczone za pomocą dmuchaw (wentylatorów). Schemat instalacji napowietrzania przedstawia rys. 7. W ciągu doby zmienia się obciążenie oczyszczalni ilością ścieków, a tym samym zmienia się zapotrzebowanie na ilość tlenu. Koszt energii elektrycznej zużytej w procesie napowietrzania jest wysoki (sięga 70-80% całkowitego zużycia energii przez oczyszczalnię), zatem niezbędna jest regulacja ilości powietrza dostarczanego przez dmuchawy w zależności od aktualnego obciążenia.

Układ regulacji napowietrzania musi zapewnić minimalne stężenie tlenu (np. 0,5 mg O<sub>2</sub>/l) i nie dopuszczać do dostarczania zbyt dużej ilości tlenu (np. powyżej 2,0 mg O<sub>2</sub>/l). Pomiar ilości tlenu jest realizowany za pomocą odpowiedniego czujnika umieszczonego w zbiorniku napowietrzającym. Sygnał wyjściowy miernika jest prądowy, zazwyczaj w standardzie 4-20 mA. Przyjęto, że do maksymalnego napowietrzenia muszą być włączane trzy dmuchawy (rys. 7), zaś do minimalnego wystarcza jedna pracująca poniżej swego maksymalnego wydatku, zatem jej silnik będzie zasilany z przetwornicy częstotliwości (falownika).



Rys. 7. Schemat instalacji napowietrzania

Do symulacji procesu napowietrzania, jako układ sterowania użyto zakupiony sterownik 90-MICRO typ KEN106 produkcji FANUC, który poza we/wy cyfrowymi jest wyposażony w dwa wejścia i jedno wyjście sygnałów analogowych. Zgodnie z rys. 7 sygnał z przetwornika ilości tlenu (wyposażonego w rejestrator) jest wprowadzany na jedno z wejść analogowych PLC, a wyjście analogowe sterowałoby przetwornicą częstotliwości. Dwa (z dziewięciu) wyjść przekaźnikowych sterownika przeznaczono do symulacyjnego włączania silników pozostałych dmuchaw (w rzeczywistości - poprzez styczniki o odpowiedniej obciążalności). Sygnał pomiarowy symulowano odpowiednimi nastawami podłączonego źródła sygnałów ADZ 201 na wejściu, poziom analogowego sygnału wyjściowego mierzono woltomierzem. Po połączeniu sterownika z komputerem zaprogramowano sterowanie według następujących wymagań:

- zakres sygnału wejściowego podzielono na trzy podzakresy 0-10, 10-15 i 15-20 mA
- w pierwszym podzakresie włączone są trzy dmuchawy z maksymalnym wydatkiem, tzn. wyjściowy sygnał analogowy do sterowania falownikiem ma wartość maksymalną,
- w drugim podzakresie wyłącza się jedną dmuchawę sterowaną wyjściem cyfrowym (przełącznikowym),
- w trzecim podzakresie pracuje tylko dmuchawa zasilana z falownika, z połową maksymalnego wydatku,
- możliwość zdalnego wyłączenia wszystkich dmuchaw przez zmianę stanu sygnału na jednym z wejść cyfrowych sterownika.

Rzeczywisty algorytm sterowania procesem napowietrzania może oczywiście różnić się od przeprowadzonej symulacji, zgodnie z wymogami pracy konkretnej oczyszczalni (przedziały włączania poszczególnych dmuchaw, ich liczba itd.).

## 8. Podsumowanie etapu I

W ramach pierwszego etapu pracy wykonano następujące zadania wstępne:

- opisano podstawową strukturę małej biologicznej oczyszczalni ścieków,
- zrobiono przegląd parametrów fizyko-chemicznych, których pomiary mogą podlegać akwizycji i przetwarzaniu,
- dokonano przeglądu urządzeń pomiarowych i wykonawczych, które mogą pracować w systemach monitoringu i sterowania oczyszczalni,
- wykonano rozeznanie parametrów i właściwości małych sterowników PLC oraz innych modułów do transmisji sygnałów i komputerowo sterowanych modułów wyjściowych,
- rozeznano przydatność wybranych pakietów narzędziowych do komputerowego monitoringu pracy oczyszczalni.

Na podstawie powyższego rozeznania zaproponowano przykładową strukturę systemu monitoringu małej oczyszczalni ścieków, która może być podstawą do oferowania usług w tym zakresie dla gospodarki wodno-ściekowej.

Dokonano zakupów wyselekcjonowanych w przeglądzie małych sterowników PLC z oprogramowaniem oraz modułów ADAM do sterowania urządzeniami wykonawczymi i pakietu narzędziowego GENIE. Z użyciem tych narzędzi praktycznie wykonano zadania symulacyjne (częściowo podczas uczestnictwa w szkoleniu dotyczącym podstaw instalacji i programowania sterowników PLC) związane z głównym tematem pracy.

Opracowano także dla konkretnych potencjalnych klientów oferty usług w zakresie:

- systemu monitoringu i ewidencji ruchu pojazdów dla oczyszczalni,
- układu regulacji poziomu pH w ściekach przemysłowych,
- systemu monitoringu i raportowania zmian ciśnienia w pomieszczeniach technologicznych wytwórni leków,
- współpracowano w sporządzaniu oferty na system sterowania i monitorowania dla wodociągów miejskich.

Ponadto prowadzone są konsultacje merytoryczne (obecnie w ramach praktyk przeddyplomowych) wcześniej zgłoszonych dwu tematów prac dyplomowych, wziętych przez studentów wydz. Mechatroniki PW (monitoring małej oczyszczalni ścieków oraz ewidencja ruchu pojazdów).

Wynikiem prac obu etapów zlecenia jest nabycie zdolności oferowania usług w zakresie monitoringu małych zakładów gospodarki wodnej. Kontynuacją tych prac powinno być opracowanie elastycznego oprogramowania do monitoringu takich obiektów, współpracujące z rzeczywistymi urządzeniami pomiarowo-kontrolnymi i wykonawczymi.

## ETAP II

### Opracowanie i uruchomienie przykładowego oprogramowania monitoringu z symulacją procesu oczyszczania ścieków

W ramach niniejszego zlecenia opracowano program demonstracyjny nadzoru przebiegu pracy przykładowej oczyszczalni ścieków. Zadaniem programu jest prowadzenie wizualizacji procesu w oparciu o symulowane wartości pomiarów parametrów technologicznych. Program wykonany został przy pomocy pakietu narzędziowego Intellution Fix32 w. 6.35.

Przyjęto dostępność obwodów pomiarowych następujących parametrów:

- BZTs
- azot
- pH
- tlen
- temperatura
- CHZT
- strumień przepływu ścieków surowych
- strumień przepływu ścieków oczyszczonych
- różnica poziomu

Z uwagi na demonstracyjny charakter programu i brak fizycznego powiązania z obwodami pomiarowymi, program generuje dynamicznie zmieniające się wartości parametrów technologicznych (uzyskane przez złożenie przebiegów sinusoidalnych o okresie rzędu kilkudziesięciu sekund i czynnika szumu).

Główna plansza wizualizacji przedstawia w sposób przestrzenny schemat technologiczny oczyszczalni z opisem podstawowych jego elementów:

- dopływ ścieków surowych
- zbiornik wstępny z kratą na zanieczyszczenia grube
- piaskownik
- osadnik wstępny
- komora osadu czynnego
- osadnik wtórny
- odpływ ścieków oczyszczonych

Na tle schematu technologicznego, w miejscu usytuowania czujników pomiarowych, przedstawiane są w sposób ciągły bieżące wartości pomiarów parametrów technologicznych. Pomiar prezentowane są w postaci cyfrowej w jednostkach fizycznych wraz z opisem słownym nazwy parametru i jednostek fizycznych. Różnica poziomu ścieków surowych na kracie pokazywana jest dodatkowo przy użyciu wskaźnika słupkowego.

Z menu operatorskiego można wybrać dwie podplansze wizualizacyjne:

- trendy
- przerób

Podplansze wyświetlane są na tle planszy głównej, z zachowaniem udostępniania wartości bieżących pomiarów.

Podplansze 'trendy' przedstawiają przebiegi czasowe w postaci wykresu graficznego oraz bieżące wartości pomiarów przy pomocy wykresu słupkowego dla następujących parametrów technologicznych:

- CHZT
- strumień ścieków surowych
- pH

Podplansze 'przerób' udostępniają podsumowanie pracy oczyszczalni obejmujące objętości ścieków surowych / oczyszczonych:

- za ostatnią dobę
- za bieżącą dobę
- za ostatnią godzinę
- za bieżącą godzinę

Dla parametru technologicznego pH zdefiniowano górny próg alarmowy, przekroczenie którego powoduje zmianę koloru opisu nazwy parametru na planszach na czerwony.

Wprowadzone w programie pola operatorskiego menu 'Rejestracje', 'Raporty' służą do przełączania trybu pracy programu normalny / karuzela. W trybie 'normalny' możliwe jest swobodne wywoływanie i zamykanie podekranów wizualizacji (przez wybór właściwego pola menu przy użyciu myszy). W trybie 'karuzela' wywoływane są, a następnie zamykane, kolejno wszystkie podekrany wizualizacji, bez udziału operatora.

Na załączonych rysunkach pokazano:

- wygląd ekranu - planszy głównej - ze schematem oczyszczalni i bieżącymi wartościami pomiarów parametrów technologicznych,
- wygląd ekranu z otwartą podplanszą 'Przerób'.

