

4410

BE 10

ZAKŁAD POMIARU PARAMETRÓW PRZEPIYU

Nazwa ONB/ZNB

Główny wykonawca dr inż. Wiesław Czerwiec

Wykonawcy: mgr inż. Andrzej Bratek (OAP)
..... mgr inż. Marcin Gliński
..... mgr inż. Robert GłębockiTEMAT: OPRACOWANIE PROJEKTU MODELOWEJ STRUKTURY SYSTEMU
STEROWANIA I POMIARÓW DLA MAŁYCH ZAKŁADÓW
GOSPODARKI WODNO – ŚCIEKOWEJEtap 3: Opracowanie oprogramowania modelowej struktury sterowania i pomiarów
dla małych zakładów gospodarki wodno-ściekowej

DOKUMENT WZORCOWY

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

Zleceniodawca PIAP

Kierownik Zakładu DPQ

.....
mgr inż. Wojciech WiniarskiZ-ca Dyrektora
ds. Badań – Rozwojowych.....
dr inż. Jan Jabłkowski

Pracę zakończono dnia 1998.12.15

Nr arch. 7606

Nr zlecenia S1841

Analiza deskryptorowa

Systemy pomiarowe, oczyszczalnie ścieków, monitoring komputerowy, wizualizacja i przetwarzanie wyników pomiarów, sterowanie urządzeniami wykonawczymi, raportowanie pomiarów i alarmów

Abstrakt

Sprawozdanie zawiera:

- opracowanie bloków modelowego oprogramowania do komputerowej akwizycji i wizualizacji pomiarów,
- opracowanie oprogramowania aplikacyjnego do rejestracji i wydruku raportów (przebieg procesów, alarmy),
- opracowanie programu sterowania elementami wykonawczymi (przełączniki, sygnalizatory, wskaźniki),
- opracowanie oprogramowania aplikacyjnego do sterowania urządzeniami wykonawczymi (pompy, zawory itp.) z zastosowaniem małych sterowników

Tytuły poprzednich sprawozdań

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

Etap 1: Opracowanie projektu modelowej struktury systemu sterowania i pomiarów dla małych zakładów gospodarki wodno-ściekowej

Etap 2: Opracowanie i uruchomienie przykładowego oprogramowania monitoringu z symulacją procesu oczyszczania ścieków

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

Etap 3

**Opracowanie oprogramowania modelowej struktury sterowania
i pomiarów dla małych zakładów gospodarki wodno-ściekowej**

Spis treści

1. Wprowadzenie	2
1.1. Podstawa i cel realizacji pracy	2
1.2. Przedmiot pracy	2
2. Opracowanie bloków modelowego oprogramowania z użyciem pakietu GENIE 3.02 Advantech	3
2.1. Konfigurowanie sprzętu wejść/wyjść (I/O) do współpracy z GENIE	3
2.2. Oprogramowanie do komputerowej akwizycji i wizualizacji pomiarów..	6
2.3. Oprogramowanie do sterowania elementami wykonawczymi	10
2.4. Oprogramowania aplikacyjne do rejestracji i wydruku raportów (przebieg procesów, alarmy)	13
3. Opracowanie bloków modelowego oprogramowania z użyciem pakietu FIX Intellution.....	22
3.1. Akwizycja sygnałów pomiarowych	22
3.2. Tworzenie histogramów oraz generowanie i wydruk raportów	23
4. Opracowanie oprogramowania aplikacyjnego do sterowania urządzeniami wykonawczymi	27
4.1. System automatycznej regulacji zabezpieczający chemiczną oczyszczalnię ścieków przemysłowych w Zakładach Akumulatorowych „ZAP” w Piastowie	27
4.2. System automatycznej regulacji poziomu w zbiorniku zbiorczym ścieków Rawskich Zakładów Mięsnych w Rawie Mazowieckiej	32
5. Podsumowanie	34
Załącznik	35

1. Wprowadzenie

1.1. Podstawa i cel realizacji pracy

Podstawą realizacji pracy było zlecenie nr S1841 etap 3.

Planowanym celem pracy była kontynuacja projektu modelowej struktury systemu sterowania i pomiarów dla małych zakładów gospodarki wodno-ściekowej. Podstawowym zadaniem etapu 3 było opracowanie oprogramowania do komputerowego monitoringu i sterowania dla takich obiektów, opisanych w poprzednim sprawozdaniu (nr arch. 7576).

1.2. Przedmiot pracy

Planowany zakres prac obejmował zadania, których celem było opracowanie bloków oprogramowania do realizacji poszczególnych funkcji systemu komputerowego monitoringu i sterowania:

- akwizycji sygnałów pomiarowych,
- przetwarzania wyników pomiarów i ich wizualizacji,
- sterowania urządzeniami wykonawczymi
- zapisu określonych parametrów do plików w postaci tablic i wykresów historycznych,
- tworzenie wymaganych raportów o przebiegu procesów,
- alarmowanie stanów niedopuszczalnych i raportowanie alarmów,
- wydruk raportów.

W szczególności zaplanowano następujące zadania:

- konsultacje na obiektach dla zapoznania się z istniejącymi systemami monitoringu i zebrania uwag użytkowników tych systemów,
- praktyczne przetestowanie bloków pakietu GENIE 3.02 (zakupionego w pierwszym etapie pracy) w celu stworzenia aplikacji do akwizycji sygnałów pomiarowych, ich wizualizacji, sterowania i raportowania,
- poznanie programowania i użytkowania modułów wejścia/wyjścia we współpracy z komputerem,
- przystosowanie symulacyjnego programu pracy oczyszczalni ścieków z użyciem pakietu FIX32 (wykonanego w drugim etapie pracy) do współpracy z rzeczywistym obiektem, przez opracowanie bloków sterowania modułami we/wy oraz raportowania

Jednocześnie podjęto dodatkowe zadania wdrożeniowe, których tematyka wyniknęła z działań ofertowych i rozpoznawczych poprzednich etapów pracy:

- opracowanie sterowania pomiarami pH i procesem regulowania kwasowości ścieków (Zakład Akumulatorów w Piastowie),

- opracowanie sterowania napełnianiem zbiornika ścieków surowych w Rawskich Zakładach Mięsnych,
- opracowanie ofertowe na system zdalnego monitoringu, wizualizacji, sygnalizacji alarmów i raportowania pomiarów ciśnień w pomieszczeniach technologicznych produkcji antybiotyków (BIOTON w Ożarowie).

2. Opracowanie bloków modelowego oprogramowania z użyciem pakietu GENIE 3.02 Advantech

2.1. Konfigurowanie sprzętu wejść/wyjść (I/O) do współpracy z GENIE

Zgodnie z propozycjami zawartymi w drugim etapie pracy, jako sprzęt obsługujący wejścia i wyjścia komputera we współpracy z oprogramowaniem zrealizowanym z użyciem GENIE, został wybrany typoszereg modułów serii ADAM-4000 prod. Advantech (USA). Współpraca oprogramowania z tymi modułami jest możliwa dopiero po zainstalowaniu ich programów obsługi (driverów), zainstalowaniu urządzeń i ich skonfigurowaniu.

Instalowanie driverów DLL może się odbywać na etapie instalowania pakietu GENIE lub niezależnie, w późniejszej pracy. W pierwszym przypadku podczas instalacji zaznacza się jako aktywne okno „*Install Drives*” i wówczas instalowane są wszystkie drivery dołączone do pakietu. W przypadku zakupionego GENIE 3.02 producent dołączył drivery do kart PCL serii 700 i 800 (25 driverów) oraz do współpracy z modułami I/O serii MIC-2000.

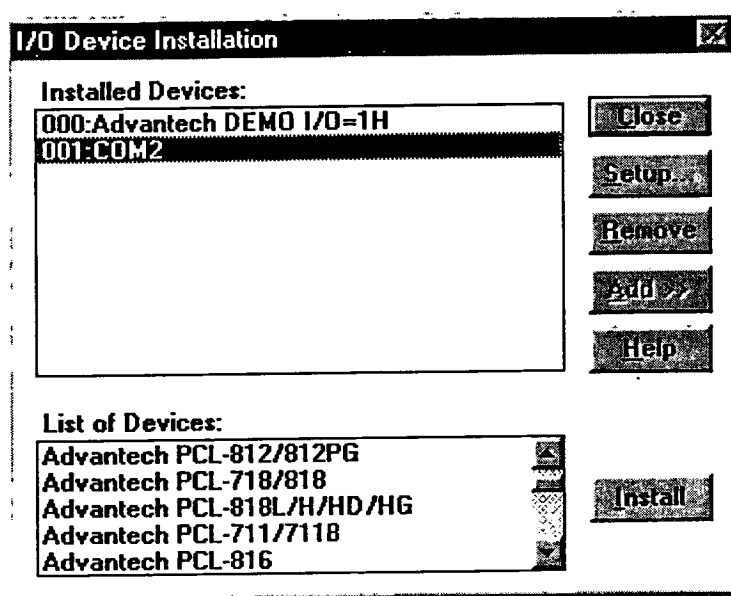
Drivery do modułów ADAM są dostarczane przy ich zakupie i wymagają niezależnego instalowania. Promocyjnie otrzymaliśmy pakiet instalacyjny dla całej serii modułów ADAM-4000 wraz z programem *adam.exe*, który pozwala na niezależną pracę ze sprzętem np. bez użycia GENIE. Drivery instaluje się w środowisku Windows podobnie jak inne programy, tzn. poprzez *Panel sterowania* należy wybrać *Dodaj/usuń programy* i po włożeniu dyskietki z driverami - opcję *Instaluj*. Po prawidłowej instalacji nazwa programu obsługi znajdzie się na liście. Należy także przekopiować program *adam.exe*.

Instalowanie urządzeń I/O w pakiecie GENIE odbywa się następująco. Po wejściu do menu *SETUP* należy kliknąć *DEVICE*, wówczas otworzy się, pokazane na rysunku 2.1.1, okno dialogowe *I/O Device Installation*.

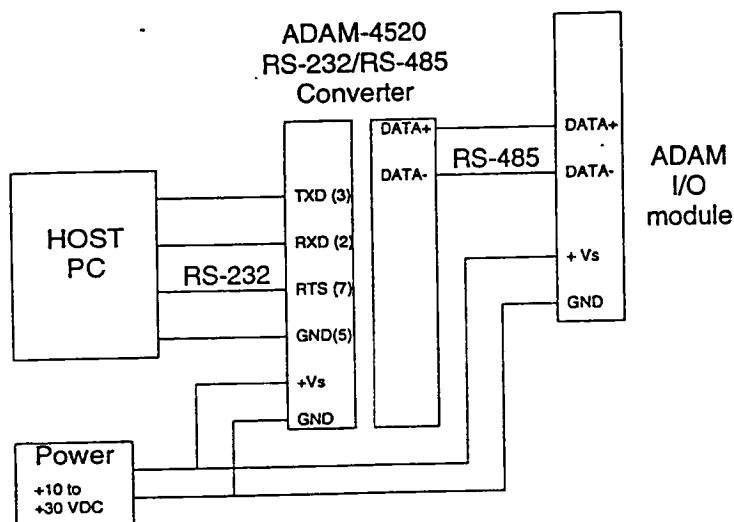
Przyciskiem *ADD* (dodaj) otwiera się okno *List of devices*, zawierające listę programów obsługi urządzeń, które zostały zainstalowane. Podświetla się wymagane urządzenie z listy i wciska przycisk *INSTALL*. Wywołane zostaje specjalne okno dialogowe, umożliwiające programowe skonfigurowanie danego urządzenia. Po wprowadzeniu danych konfiguracyjnych wciska się *OK*. Następuje powrót do okna *I/O Device Installation* i można programowo dodawać i konfigurować następne urządzenia. Po kompletnej instalacji i ustawieniach urządzeń, zmiany będą pokazane w oknie *I/O Device Installation*.

W przypadku użycia modułów ADAM-4000, po zainstalowaniu driverów tej serii można przystąpić do konfiguracji poszczególnych urządzeń. Po uaktywnieniu programu „*DEVICE INSTALLATION*” (jest to jeden z niezależnych bloków pakietu

GENIE) i wejściu do menu *SETUP* należy kliknąć *DEVICE*, wówczas otworzy się okno dialogowe *I/O Device Installation*. Po wybraniu *ADD* ukazuje się lista z urządzeniami. Należy dwukrotnie kliknąć na *I/O Devices*, wówczas rozwinie się pod-lista z modułami ADAM-4000. Po wybraniu np. ADAM-4017 (ośmiokanałowy moduł wejść analogowych) i dodaniu do listy sprzętów, otwiera się okno umożliwiające konfigurację parametrów urządzenia. Wybiera się wartości np. bazowego adresu, numeru portu szeregowego, szybkość transmisji, itd. Oczywiście parametry te można ponownie zmieniać i dostosowywać do wymagań tworzonej aplikacji.



Rys.2.1.1. Okno dialogowe *I/O Device Installation*



Rys. 2.1.2. Schemat przyłączenia konwertera ADAM-4520

Następnym krokiem jest zaprogramowanie rzeczywistego urządzenia, czyli odpowiedniego modułu ADAM. W tym celu należy najpierw połączyć moduły między sobą, zasilając wszystkie moduły wymaganym napięciem (10 - 30 V) oraz łącząc odpowiednio zaciski listew modułów *Data(+)* i *Data(-)* przewodem dwuskętkowym..

Urządzeniem pośredniczącym między modułami serii ADAM-4000 a komputerem jest ADAM-4520. Jest to moduł konwertera RS-485 (transmisja między modułami) na RS-232 (transmisja do portu szeregowego komputera). Schemat połączeń konwertera z innymi modułami I/O i komputerem przedstawia rys. 2.1.2. Wyjście RS-232 konwertera łączy się standardowym kablem z portem szeregowym komputera i po włączeniu zasilania modułów należy uruchomić program *adam.exe*. Po otwarciu, program automatycznie sprawdza, czy są przyłączone moduły I/O, ich adresy, numer aktywnego portu szeregowego i nastawiona w sprzęcie szybkość transmisji (baudrate). Następnie pokazuje się okno dialogowe, umożliwiające konfigurowanie dołączonego sprzętu (rys. 2.1.3), który jest wyspecyfikowany na ekranie.



Rys. 2.1.3. Okno dialogowe programu *adam.exe*

Dostępne są następujące okna funkcyjne:

COMport - uaktywnianie portu szeregowego o wybranym numerze oraz ustawianie szybkości transmisji.

Search - przeszukiwanie adresów urządzeń w układzie decymalnym i heksagonalnym lub wybór obszaru szukania podłączonego sprzętu, przez podanie najwyższego numeru zakresu.

Setup - wybór i uaktywnianie sprzętu z listy, także uaktualnianie wprowadzonych zmian nastaw konfiguracyjnych.

Run - uruchamianie sprzętu (modułu) podświetlonego na liście; podawane są parametry transmisji i odczyty wartości przesyłanych sygnałów.

Calibrate - kalibracja poszczególnych kanałów modułów; po podłączeniu źródła sygnału wzorcowego (dla modułów wejść analogowych) lub miernika napięcia albo prądu (dla modułów wyjść analogowych) można ustawiać zero i kalibrować zakres sygnału.

Terminal - służy do programowego konfigurowania nastaw sprzętowych w trybie konwersacyjnym w określonej składni poleceń, z potwierdzaniem prawidłowości poszczególnych kroków; można zmieniać adres urządzenia, szybkość transmisji, for-

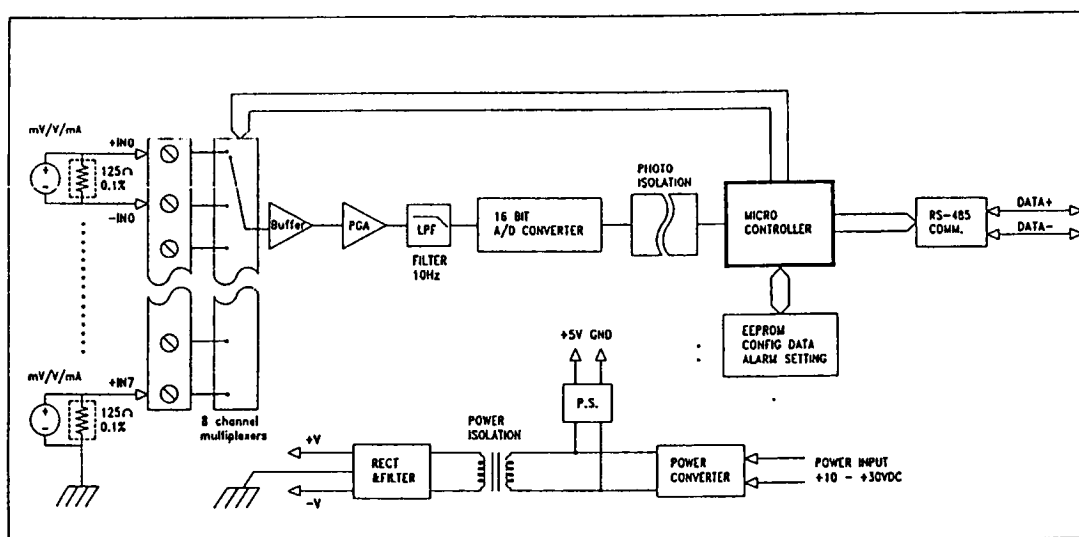
mat przesyłanych danych, częstotliwość zasilania, stany we/wy, ustawianie stanów alarmowych, wartości sygnałów we/wy, itd.

File - zapisywanie do plików.

Quit - wyjście z programu *adam.exe*.

2.2. Oprogramowanie do komputerowej akwizycji i wizualizacji pomiarów

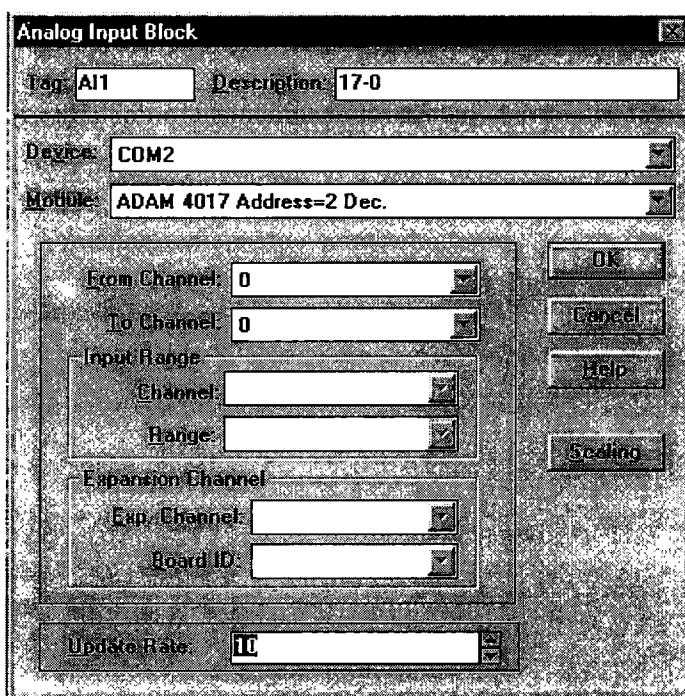
Obiekty typu biologicznej oczyszczalni ścieków, stacje pomp lub małe zakłady farmaceutyczne cechują się rozproszeniem punktów pomiarowych, z których sygnały są w postaci analogowej, najczęściej w standardzie 4 - 20 mA lub 0 -10 V. Zatem do akwizycji takich sygnałów mogą być przydatne moduły wejściowe, wyposażone w kanały analogowo-cyfrowe (A/D). Spośród modułów ADAM mogą tu znaleźć zastosowanie np. jednokanałowy ADAM-4012 lub ośmiokanałowy ADAM-4017 (ma sześć wejść symetrycznych i dwa asymetryczne - z przewodem masowym - rys. 2.2.1). Moduł 8-kanałowy nadaje się lepiej (ze względu na koszty instalacji) w przypadku bliskiej odległości kilku mierników z wyjściami analogowymi, jednokanałowy - przy większych odległościach między punktami pomiarowymi, gdy zbyt duża odległość miernika od modułu ADAM może być przyczyną zakłóceń sygnału pomiarowego.



Rys. 2.2.1. Schemat funkcjonalny modułu ADAM-4017

Postanowiono sprawdzić współpracę obu wymienionych modułów z blokiem modelowego oprogramowania do akwizycji i wizualizacji sygnałów pomiarowych z użyciem GENIE 3.02. W tym celu najpierw wykonano procedury opisane w p. 2.1, przypisując w trybie konwersacyjnym m.in. odpowiednie adresy modułom i wprowadzając inne parametry transmisji. Tworząc strategię (oprogramowanie zadania) akwizycji umieszcza się na ekranie edytora strategii bloki odpowiadające analogowemu modułom wejściowym (AI -blok wejścia analogowego). Blok posiada wyjście, które dostarcza innym blokom strategii informację analogową ze sprzętowego modułu wejściowego. Podwójne kliknięcie na bloku AI otwiera okno dialogowe *Analog Input Block* (rys. 2.2.2). Pokazany jest tam numer bloku (*Tag*), np. AI1, któremu można

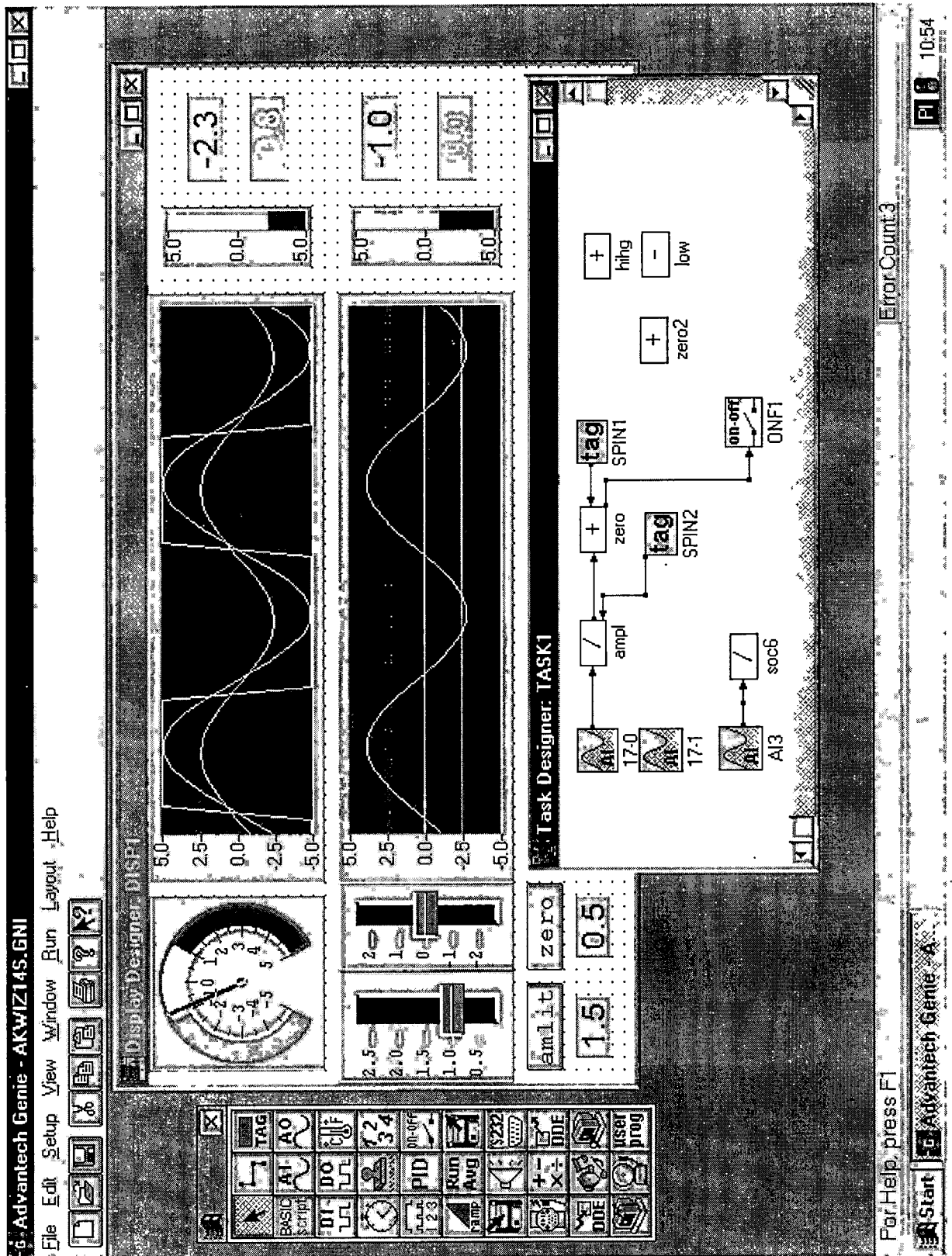
przypisać własną nazwę (domyślna: AI1). W menu *Device* wyszczególnione są wszystkie aktualnie podłączone urządzenia I/O posiadające wejścia z podanymi adresami. Po wybraniu urządzenia rozwija się lista wszystkich jego kanałów wejść analogowych. Po kliknięciu na odpowiednim kanale wybrany zostaje sprzętowy analogowy kanał wejściowy urządzenia, który ma być „podłączony” do danego bloku AI strategii. Jeśli trzeba, wybiera się też zakres wejściowy kanału (*gain*). Parametr *Update rate* (szybkość uaktualniania) jest dzielnikiem umożliwiającym wprowadzenie innej częstotliwości próbkowania przez blok wejścia analogowego niż reszta strategii. Jeśli np. strategia pracuje z częstotliwością 10 Hz, a chcemy próbować sygnał analogowy z częstotliwością 1Hz, to parametr *Update rate* należy ustawić na wartość 10 (możliwy przedział nastaw od 1 do 32767). Wtedy dane z kanału analogowego np. do bloku wyświetlacza, do pliku, itd. będą nadal przesyłane z częstotliwością 10 Hz ale rejestrowana lub wyświetlana będzie co dziesiąta wartość, a pozostałe będą z niej powielane.



Rys. 2.2.2. Okno dialogowe bloku wejść analogowych

W przypadku sprzętu z wieloma kanałami wejściowymi, jak np. moduł ADAM-4017, do każdego używanego kanału musi być przypisany osobny blok wejścia analogowego AI, automatycznie rozróżniany kolejnym numerem. Każdy z bloków musi być oddzielnie skonfigurowany, gdyż muszą się różnić co najmniej wyborem aktywnego kanału (oczywiście mogą się też różnić innymi parametrami, np. częstotliwościami próbkowania).

Po zainstalowaniu i skonfigurowaniu modułów ADAM-4012 i ADAM-4017 zaprojektowano strategię (*TASK1* w oknie programu *Task Designer* - rys. 2.2.3), w której pokazywane są przebiegi sygnałów z trzech kanałów wejść analogowych. Wejścia AI 17-0 i 17-1 odpowiadają dwóm kanałom modułu ADAM-4017, wejście AI3 - jednokanałowemu modułowi ADAM-4012. Sygnał o przebiegu prostokątnym z kanału 17-1 jest bezpośrednio wyświetlany na górnym wykresie okna wizualizacji programu

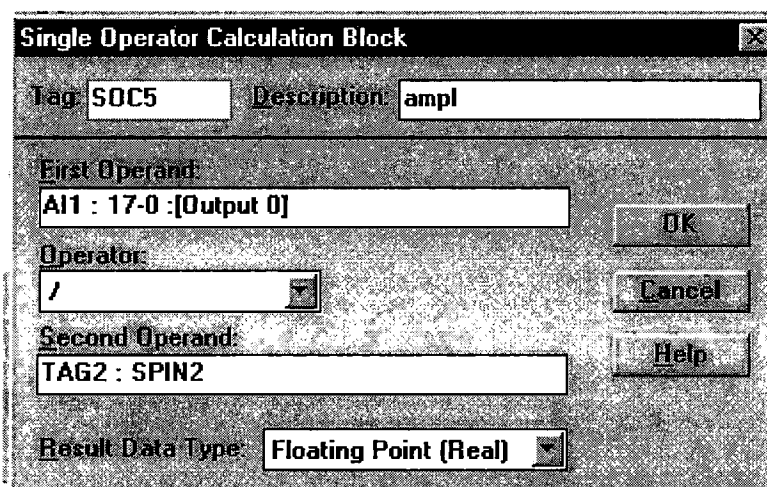


Rys. 2.2.3. Widok ekranu programowania wizualizacji sygnałów analogowych

1 M

Display Designer (rys. 2.2.3), podobnie jak sygnał sinusoidalny z kanału 17-0 (sinusoidea o większej amplitudzie). Wyjście kanału 17-0 jest wprowadzane na słupkowy wskaźnik analogowy po prawej stronie wykresu, a odczyt bieżącej wartości jest uwidaczniany na wskaźniku cyfrowym (pierwszy od góry). Ten sam sygnał jest na wejściu AI3, z którego trafia na blok operacji obliczeniowej *soc6*. Blok jest skonfigurowany na dzielenie amplitudy sygnału wejściowego i z wyjścia tego bloku sygnał jest wprowadzony na górny wykres, jako sinusoida o mniejszej amplitudzie. Ten sam sygnał jest wprowadzony na wejście analogowego miernika wskazówkowego po lewej stronie wykresu i wskaźnika cyfrowego po prawej stronie (drugi od góry).

Zaprojektowano także przykładowo możliwość ingerencji operatora w przetwarzanie wizualizowanego przebiegu. W tym celu sygnał z kanału 17-0 jest prowadzony kolejno przez dwa bloki operacji obliczeniowej: pierwszy - *ampl* - umożliwia zmianę amplitudy, drugi - *zero* - zmianę składowej stałej sygnału z modułu ADAM-4017. Blok operacji obliczeniowej realizuje pojedynczą operację obliczeniową (arytmetyczną, logiczną itp.). Do wejścia bloku musi być podłączony przynajmniej jeden blok - *First Operand* (rys. 2.2.4). Drugim operandem może być inny blok (tutaj blok *tag* o oznaczeniu *SPIN2*) albo stała wprowadzona w oknie dialogowym. W omawianym torze przetwarzania sygnału pomiarowego bloki *tag* sprzęgają z blokami operacji obliczeniowej nastawniki suwakowe, widoczne po prawej stronie dolnego wykresu na rys. 2.2.3. Bieżące wartości nastaw są pokazywane w postaci cyfrowej pod opisami suwaków. Dzięki nastawnikom można wprowadzać zmiany wartości na wejściach *Second Operand* w blokach operacji obliczeniowej, czyli modyfikować sygnał wejściowy. Przetworzony sygnał jest przedstawiony w postaci przebiegu na dolnym wykresie okna *Display Designer* (rys. 2.2.3).

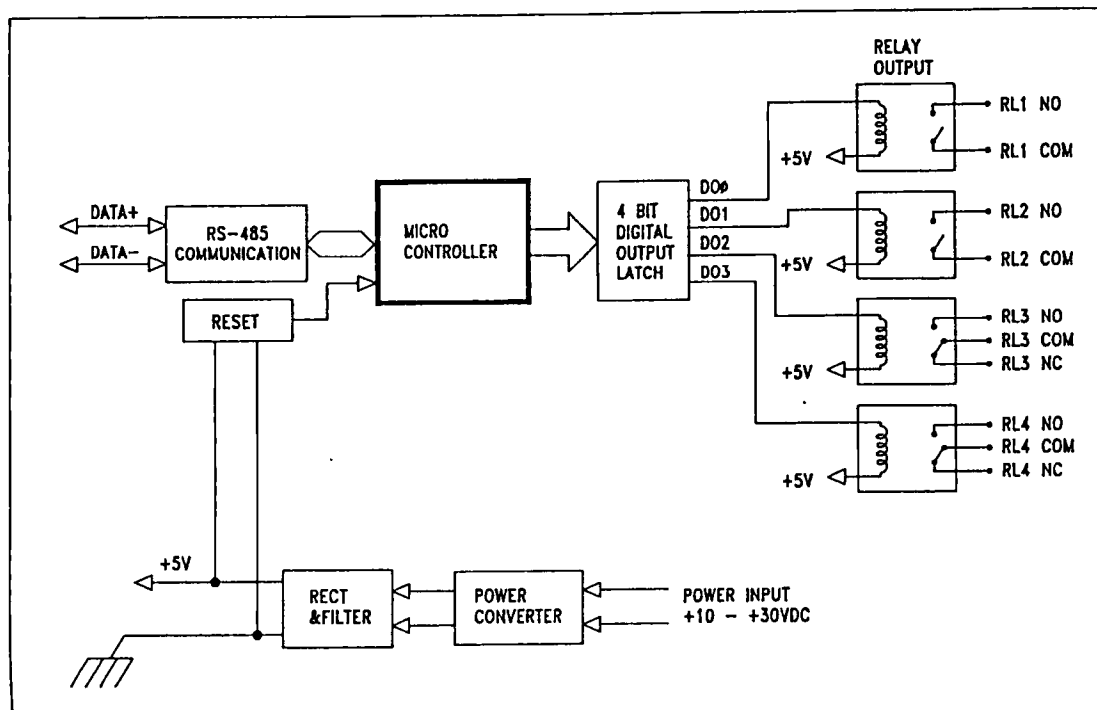


Rys. 2.2.4. Okno dialogowe bloku operacji obliczeniowej

Dodatkowo zostały użyte trzy następne bloki operacji obliczeniowej: *zero2*, *high* i *low*, tak skonfigurowane, aby otrzymać linie na poziomach 0, 2,5 oraz -2,5 na dolnym wykresie (rys. 2.2.3). Po prawej stronie wykresów pokazano przykładowo bloki analogowych wykresów słupkowych oraz wskaźników cyfrowych, podających wartości chwilowe odpowiednich („podłączonych”) sygnałów.

2.3. Oprogramowanie do sterowania elementami wykonawczymi

Przyjęto, że sprawdzona zostanie współpraca oprogramowania z urządzeniami sterowanymi przekaźnikowo (np. styczniki zaworów, dmuchawy) oraz obiektami sterowanymi sygnałem analogowym (wyświetlacze, falowniki itp.). Jako elementy pośredniczące między komputerem a takimi odbiornikami wybrano moduły: ADAM-4060 z czterema wyjściami przekaźnikowymi i ADAM-4021 z jednym kanałem cyfrowo-analogowym.



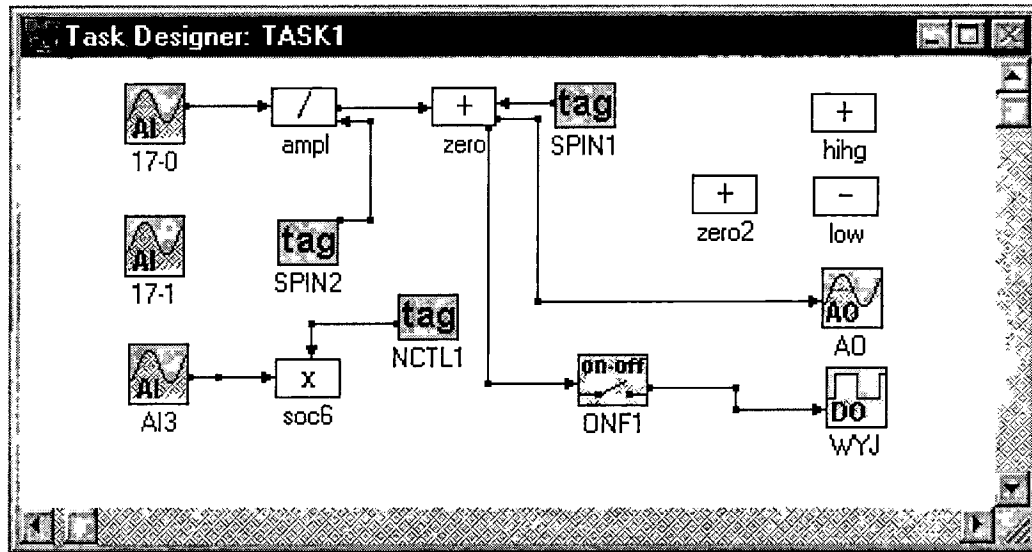
Rys. 2.3.1. Schemat funkcjonalny modułu ADAM-4060

Moduł ADAM-4060 ma dwa wyjścia przekaźnikowe dwustanowe NO - kanały RL1, RL2 i dwa przełączane NO/NC - kanały RL3, RL4 (rys. 2.3.1). Pierwsze z nich mogą być wykorzystane np. do włączania odpowiednich urządzeń, drugie - także do przełączania sygnalizatorów itp.

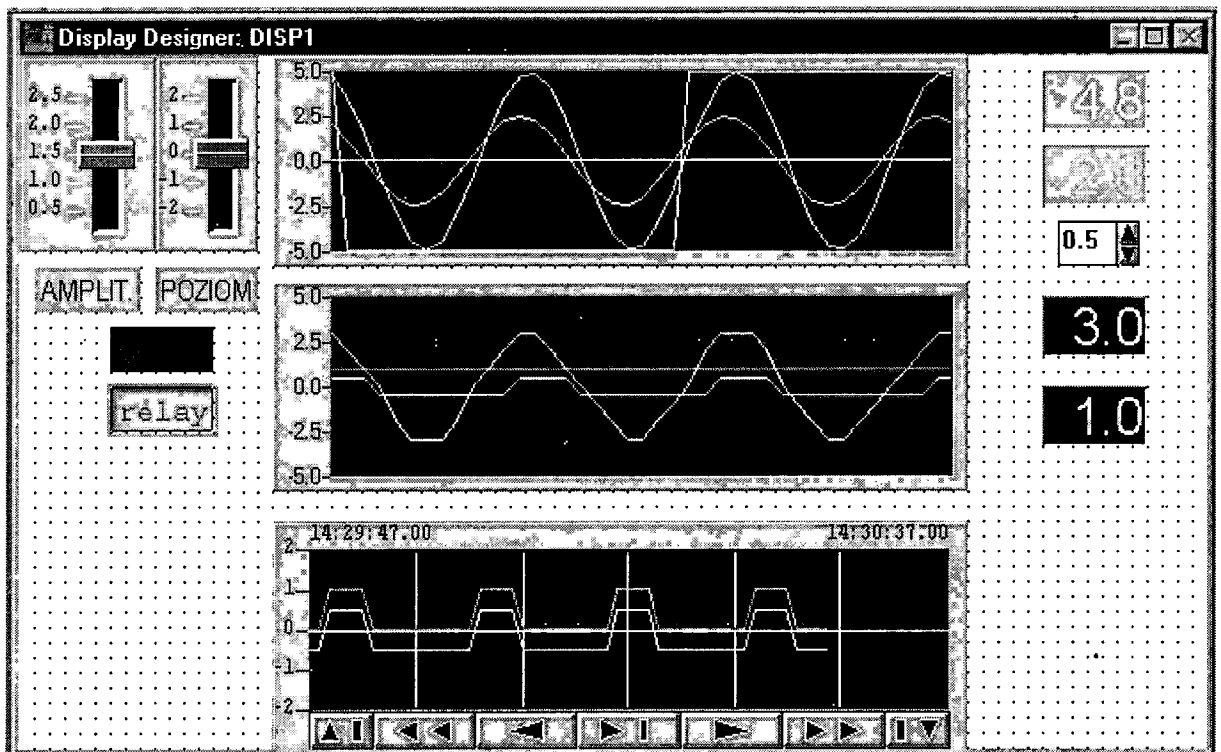
Po skonfigurowaniu sprzętowym i programowym (program *adam.exe*) obu modułów wyjściowych, zbudowano strategię opartą na programie do akwizycji, opisanym w poprzednim punkcie. W schemacie blokowym strategii dodano blok wyjść cyfrowych DO, sprzęgnięty z modułem ADAM-4060 oraz blok wyjścia analogowego AO do obsługi modułu ADAM-4021 (rys. 2.3.2).

Przyjęto, że wyjście analogowe AO będzie transmitować sygnał z kanału AI 17-0 po przetworzeniu w blokach operacji obliczeniowej *ampl* i *zero*, który jest także przedstawiony na wykresie środkowym okna *Display Designer* (rys. 2.3.3). Wyjście modułu ADAM-4021 można więc połączyć np. ze wskaźnikiem cyfrowym typu woltomierza.

Moduł ADAM-4060 postanowiono wykorzystać do sterowania dwustanowego procesem (może to być np. sterowanie procesem zubożniania ścieków albo napowietrzaniem zbiornika).

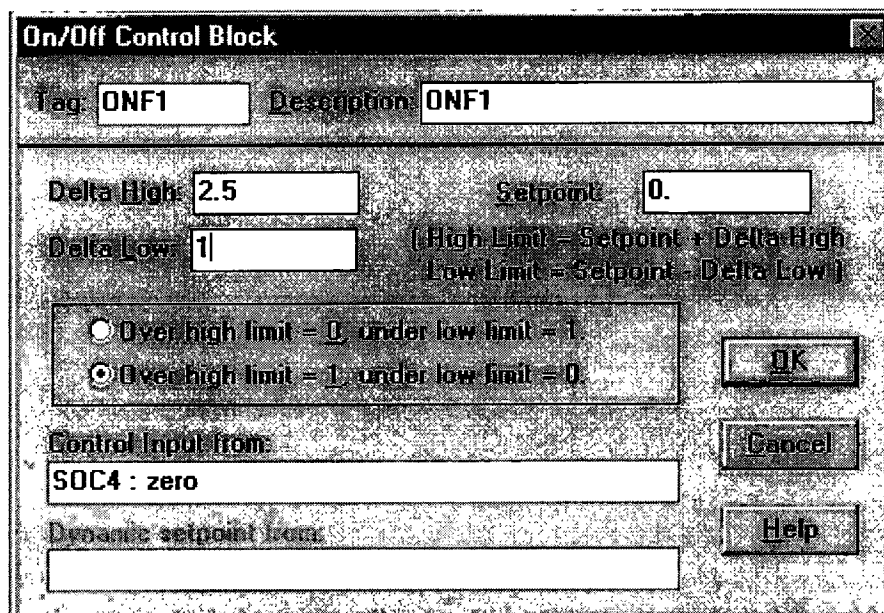


Rys. 2.3.2. Strategia do akwizycji sygnałów i sterowania elementami wykonawczymi



Rys. 2.3.3. Ekran wizualizacji strategii według rys. 2.3.2

Do sterowania dwustanowego wykorzystano blok ON/OFF regulacji dwustanowej, którego wyjście wprowadzone jest na wejście bloku DO. Na wejście *Control Input* w oknie dialogowym bloku ON/OFF (rys. 2.3.4) jest podawana wartość mierzona, która ma być kontrolowana z pewną tolerancją, określoną przez wielkość zadaną (*Setpoint*) statyczną lub dynamiczną; na wyjściu jest stan niski lub wysoki.



Rys. 2.3.4. Okno dialogowe bloku regulacji dwustanowej

Strefę regulacji zadaje się przez podanie parametrów *Delta High* i *Delta Low* - są to poziomy tolerancji górnej i dolnej w stosunku do wartości zadanej *Setpoint*. Poziomy te zobrazowane są na środkowym wykresie w postaci dwu linii na wartościach 2,5 i 1. Na wejście *Control Input* bloku jest wprowadzony sygnał z bloku SOC1 o nazwie *zero*. Ponadto definiuje się, czy po przekroczeniu granicy górnej wyjście ma być ustawione na 1, a po przekroczeniu granicy dolnej na 0, czy odwrotnie.

Wyjście bloku jest też rejestrowane na wykresie środkowym (rys. 2.3.3) w postaci dwustanowego przebiegu o kształcie trapezu. Na ekranie umieszczono także prostokąt sygnalizacyjny i okienko tekstowe z napisem *relay*, które sygnalizują stan włączenia przekaźnika zmianą barwy z zielonej na czerwoną.

W strategii użyto także bloku wykresu historycznego (histogramu) - dolny wykres na ekranie wizualizacji. Rejestrowane są tu dwa wykresy dwustanowe. Wykres dolny jest powtórzeniem przebiegu z wyjścia bloku ON/OFF, górny - z wyjścia *WYJ* bloku DO, tzn. obrazuje wysterowanie modułu ADAM-4060. Histogram jest zapisywany podczas działania programu do automatycznie tworzonego pliku dobowego.

W opisywanym programie wprowadzono także możliwość dynamicznej zmiany drugiego operanda bloku operacji obliczeniowej *soc11* za pomocą bloku cyfrowego zadajnika (na ekranie po prawej stronie na poziomie dolnej krawędzi pierwszego wykresu), z którego wartość jest pobierana za pośrednictwem bloku tag *NCTL1*.

2.4. Oprogramowanie aplikacyjne do rejestracji i wydruku raportów (przebieg procesów, alarmy)

W punkcie tym omówiono wszystkie przetestowane możliwości zbierania danych i tworzenia raportów

2.4.1 Kreator raportów (Report designer)

Jedną z cech wyróżniających najnowszej wersji Genie 3.xx, od poprzedniej wersji 2.xx jest wbudowany kreator raportów (Report designer)

Kreator Raportu dostarcza użytkownikowi konfigurowalne środowisko do definiowania składników raportu. Zbiera dane z kanału TAG w określonych interwałach czasowych i drukuje automatycznie użytkownikowi raporty w określonym przez niego czasie. Interfejs umożliwi użytkownikom podgląd i drukowanie starych raportów w trybie ręcznym. Kreator Raportu składa się z czterech głównych modułów:

1. Report parameters and format configuration (Parametry raportu i konfiguracja formatu)

Dostarcza okna dialogowe interfejsu użytkownika, które pozwalają na ustawienie formatu raportu i czasu drukowania. Wejścia formatowe raportu są uporządkowane w tabeli i użytkownicy edytują każdą kolumnę przy użyciu znaków tekstowych lub słów kluczowych dla definiowanej danej z punktu TAG. Informacja o formacie każdego raportu jest składowana do pliku formatowego i wyciągana w trakcie generacji raportu.

2. Data collection (Zbieranie danych)

Instrukcja użytkownika mówi o tym że „funkcja zbierania danych jest uaktywniana przez zegar wewnętrzny Kreatora Raportu, który jest ustawiony na interwał trwający 10 s. Zapisuje ona dane z punktu TAG do pliku danych w określonym przez użytkownika czasie.” Przeprowadzono testy, które wykazały że powyższy tekst jest niezgodny z rzeczywistością. W plikach bazy danych (*.dbf), które są zapisywane w katalogu „Database” zapisywane są jedynie dane pomiarowe z punktów TAG najczęściej co 1h (w plikach dziennych).

Zbieranie danych Kreatora Raportu służy wyłącznie do tworzenia raportów. Gromadzenie danych z dużą prędkością powinno być obsługiwane przez innego rodzaju funkcje do zbierania danych w GENIE 3.0., a mianowicie poprzez mechanizm histogramów : pliki binarne (*.hist). Niestety jest to mało przydatna możliwość dlatego że format tych plików ma charakter „prywatny” firmy Advantech a wbudowany mechanizm konwersji na format ogólnodostępnych plików tekstowych ASCII działa tylko wtedy, gdy nie działa żadna strategia Genie tzn. nie jest prowadzony monitoring ani sterowanie przez program.

3. Report Scheduler

Report Scheduler sprawdza czas drukowania raportu w ciągu dnia. W określonym przez użytkownika czasie Report Scheduler uaktywnia Raport Generation, aby utworzyć żądane sprawozdanie. Podaje również informację o stanie wydruku sprawozdania.

4. Raport Generation

Raport Generation łączy plik formatowy z plikiem bazy danych zawierającym zbiór danych i wysyła wskazany przez użytkownika raport na drukarkę. Sprawozdanie jest na bieżąco przekształcane do formatu tabelarycznego. Raport graficzny z wynikami dziennymi jest obecnie dostępny jako rozwinięcie.

Data Collection i Report Scheduler są ukryte przed użytkownikiem i uaktywniane tylko w czasie przebiegu programu. Użytkownicy mają możliwość konfigurowania parametrów każdego raportu z Kreatora Raportu

2.4.1.1 Typy raportów

Tworzenie raportu jest jedną z głównych funkcji w systemie SCADA. Zapisuje operację wykonywaną przez system i przedstawia informację w zadeklarowanym przez użytkownika formacie. Istnieją dwa główne typy raportów: *System Operation Status Report* i *System Operation Summary Report*.

System Operation Status Report (Systemowy Raport o Stanie)

Odzwierciedla bieżący stan pracy wszystkich urządzeń w systemie. Użytkownicy mogą potrzebować zapisu stanu urządzenia lub systemu w ciągu całego dnia. Ta informacja jest wykorzystywana przez operatorów systemu w celu sprawdzenia czy urządzenia działają poprawnie.

System Operation Summary Report (Systemowy Raport Zbiorczy)

Zapisuje informację zbiorczą o operacjach wykonywanych przez urządzenia po upływie określonego czasu. Zestawienie zbiorcze zawiera wartość minimalną, maksymalną i średnią w tym czasie. Ta informacja służy operatorowi systemu do określenia ekstremów systemu i jakichkolwiek nienormalnych warunków w ciągu okresu zapisywania.

Kreator raportu dostarcza 4 różne typy raportów zgodne z planowanym czasem drukowania.

1. Fixed Report (Raport stały)

Sprawozdania są drukowane w zadeklarowanym przez użytkownika czasie. Można zaplanować czas drukowania do 24 raportów w ciągu dnia. Ten typ raportu jest przeznaczony dla System Operation Status Report, który zapisuje stan w czasie rzeczywistym wszystkich TAG points o specyficznych porach w ciągu dnia.

2. Daily Report (Raport dzienny)

Raporty dzienne są zaprojektowane dla System Operation Summary Report w okresie dziennym. Można ustawić tylko jeden czas w ciągu dnia dla raportu, który ma być drukowany. Kreator Raportu wydrukuję zawsze raport zbiorczy z poprzedniego dnia w zdefiniowanym przez użytkownika czasie. Na przykład użytkownik może ustawić czas drukowania dziennego raportu na godzinę 13.00 każdego dnia. W dniu 2 stycznia o 13.00 zostanie wydrukowany dzienny raport zbiorczy z 1 stycznia.

3. Monthly Report (Raport miesięczny)

Raporty miesięczne są zaprojektowane dla System Operation Summary Report w okresie miesięcznym. Użytkownicy mogą ustawić tylko jedną porę w ciągu miesiąca dla raportu, który ma być drukowany. Czas drukowania musi zawierać miesiąc, dzień i godzinę. Kreator Raportu będzie drukował zawsze raport zbiorczy z poprzedniego miesiąca w zdefiniowanym przez użytkownika czasie.

4. Yearly Report (Raport roczny)

Raporty roczne są zaprojektowane dla System Operation Summary Report w okresie rocznym. Użytkownicy mogą ustawić tylko jedną porę w ciągu roku dla raportu, który ma być drukowany. Czas drukowania musi zawierać rok, miesiąc, dzień i godzinę. Kreator Raportu będzie drukował zawsze raport zbiorczy z poprzedniego roku w zdefiniowanym przez użytkownika czasie.

Formatted Reports (Raporty formatowane)

Mając do czynienia z różnymi wymaganiami i różnym sprzętem, użytkownicy mogą potrzebować licznych odmian sprawozdań na zakończenie swojej pracy. Główną korzyścią, jaką zapewnia Kreator Raportu jest elastyczność w określaniu formatu raportów. Użytkownicy mogą kreować swoje własne sprawozdania w krótkim czasie bez ponownej konfiguracji systemu. Ponadto istnieje możliwość połączenia pliku archiwalnego punktu TAG ze zdefiniowanym przez użytkownika plikiem formatowym. Każdy format raportu jest zachowywany w pliku formatowym raportu. Kiedy sprawozdanie jest drukowane Kreator Raportu łączy plik formatowy sprawozdania z odpowiednim plikiem punktu TAG w celu wygenerowania żadanego raportu.

Kreator Raportu podgląda raport w formie tablicy z wszystkimi informacjami o drukowaniu zawartymi w różnych oknach tablicy.

2.4.1.2 Instalacja

Kreator Raportu jest instalowany jako część systemu GENIE. On i jego narzędzia pracują w środowisku Microsoft Windows 3.1 lub wyższym.

2.4.1.2.1 Directory Set Up (Ustawienia katalogu)

Po zainstalowaniu Kreatora Raportu związane z nim pliki wykonawcze i pliki robocze danych będą kopiowane do zdefiniowanych przez użytkownika katalogów. Kreator Raportu posiada 3 rodzaje katalogów:

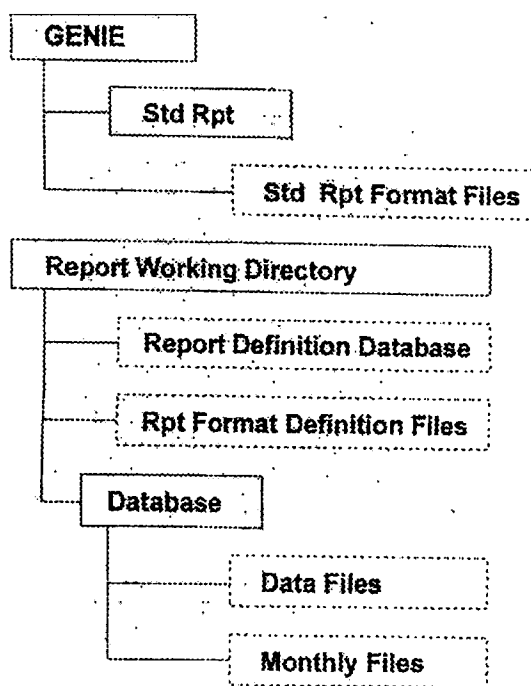
- 1. Standard Directory (Katalog Standardowy)***
- 2. Working Directory (Katalog Roboczy)***
- 3. Database Directory (Katalog Bazy Danych)***

1. Standard Directory zawiera wszystkie standardowe systemowe pliki formatu raportów i puste szablony danych z punktu TAG. Kreator Raportu będzie je wykorzystywał

do tworzenia dziennych, miesięcznych i rocznych zestawień danych do katalogu bazy danych zdefiniowanego przez użytkownika. Standardowe pliki formatu raportów stanowią zbiór działających formatów raportów. W przyszłości użytkownicy mogą przypisać formatom tego raportu rozwinięcia raportu. Programiści systemu mogą dołączyć własne raporty standardowe do biblioteki standardowej i udostępnić je użytkownikom. W ramach instalacji katalog standardowy jest tworzony w podkatalogu, gdzie zostało zainstalowane GENIE.

2. **Working Directory** jest głównym katalogiem Kreatora Raportu. Służy do zapisu wszystkich planów raportów i lokuje pliki danych z punktu TAG. Użytkownik musi zdefiniować ścieżkę dostępu do katalogu roboczego raportu dla każdej indywidualnej strategii GENIE. Ta informacja będzie utrzymywana przez Kreator Raportu i udostępniana po otwarciu starej strategii. Kreator Raportu automatycznie załaduje do systemu odpowiednie pliki planowanego raportu. Użytkownicy powinni pamiętać, że gdy dwie strategii GENIE znajdują się w tym samym katalogu roboczym, będą działać według tego samego planu raportu.

3. **Database Directory** zawiera zbiory plików danych z punktu TAG dzienne i miesięczne. Kiedy użytkownicy definiują katalog roboczy dla strategii GENIE, katalog bazy danych jest tworzony automatycznie pod katalogiem roboczym raportów.



Rys. 2.4.1 Diagram przedstawiający drzewo katalogów operacyjnych Kreatora Raportu.

2.4.2 Przegląd standardowych plików bazy danych tworzonych przez „Genie” w celu tworzenia raportów.

Pliki dzienne (Data files)

przykład nazwy: „Day1210.dbf”



Nazwa tworzona jest automatycznie.

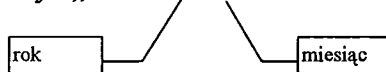
TASKNAME	TAGID	CHNL NUM	HR01	HR24	D_VALID	MAX_VALUE	MAX_TIME	MIN_VALU E	MIN_TIME
TASK1	AI1	1	-4,045			FALSZ	5	16:28	-5	16:03
TASK1	AI1	2	0			FALSZ	0	15:59	0	15:59

Diagram annotations:

- punkt pomiarowy (measurement point) points to TAGID
- Wartość punktu o pełnych godzinach (value of the point in full hours) points to MAX_VALUE
- Nr kanału wyjściowego (output channel number) points to CHNL NUM
- Blok we. analog (analog input block) points to HR01
- Przynależność punktu do zadania (assignment of the point to the task) points to TASKNAME

Pliki miesięczne (Monthly Files).

przykład nazwy: „Mn199810.dbf”



Nazwa tworzona jest automatycznie

Pola dostępne w tym typie plików :

TASKNAME	TAG ID	CHNL NUM	D_VALID	MAX_VALUE	MAX_DAY	MAX_TIME	MIN_V ALUE	MIN_DAY	MIN_TIME
----------	-----------	-------------	---------	-----------	---------	----------	---------------	---------	----------

2.4.3 Alarmowanie

W menu *Setup* → *Runtimes preferences* istnieje możliwość uaktywnienia opcji :

- ✓ *Enable Event Log* : uaktywnia okno w którym pojawiają się alarmy wraz z możliwością ich zatwierdzenia
- ✓ *Print Events (All lub Alarm only)* daje możliwość drukowania w trybie online alarmów oraz faktu uruchomienia strategii Genie, wystąpienia błędów pracy programu.

Uwaga !

Nie ma jednak mechanizmu archiwizacji alarmów, oraz zatwierdzeń ich występowania. (Opcja *Log errors to the error file „RUNERR.LOG”* archiwizuje tylko stany anormalne związane z pracą oprogramowania Genie).

2.4.4 Pozostałe standardowe mechanizmy archiwizacji danych :

2.4.4.1 Zapis danych z punktu pomiarowego do pliku (blok LOG).

Częstotliwość zapisu – dowolna (ograniczona możliwością sprzętu). Dane zapisywane w formatach - do wyboru :

- ✓ ASCII
- ✓ Float, byte, integer, long integer

Separator między danymi - do wyboru :

- ✓ Space
- ✓ Tab
- ✓ Comma

Sposób zapisu serii danych- do wyboru :

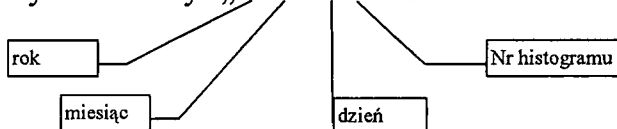
- ✓ Dopisywanie danych (append)
- ✓ Nadpisywanie (overwrite)

Do jednego pliku można wprowadzić dane z 8-miu bloków. Nazwy plików nadawane są automatycznie w formacie : #####.TXT z dowolnym rozszerzeniem. „Dziki” znak # zastępowany jest kolejno cyframi np. skonfigurowanie nazwy pliku FILE###.TXT da możliwość stworzenia kolejno 1000 plików (od „FILE000.TXT” do "FILE999. TXT ")

2.4.4.2 Pliki binarne używane do tworzenia histogramów

Automatycznie tworzone są nazwy kolejnych plików : YYMMDD##.HST

przykład nazwy: „98121001.HST”.



Do jednego pliku zapisywane mogą być dane z 8-miu punktów pomiarowych.

Częstotliwość zapisu – dowolna (ograniczona możliwością sprzętu).

Uwaga !

Aby wykorzystać dane archiwizowane w tego typu plikach należy poddać je konwersji na format ASCII co nie jest możliwe podczas aktywnej pracy programu.

2.4.5 Podsumowanie standardowych możliwości raportowania i akwizycji danych w Genie w świetle wstępnie rozeznaczonych wymagań klientów :

2.4.5.1 Wymagania

- ✓ Okres zapisu danych na dysk w większości wypadków nie jest mniejszy niż pojedyncze minuty
- ✓ Pliki archiwalne powinny być w ogólnodostępnym formacie np. *.dbf, czy ASCII
- ✓ Nazwy plików powinny w sposób jednoznaczny określać czas za który dane zawierają np. rok/miesiąc/dzień

2.4.5.2 Standardowe możliwości pakietu Genie :

- Standardowy moduł raportowania (Report Designer) jest nieprzydatny gdyż
 - ✓ Dane archiwizowane są co 1h
 - ✓ Pliki dzienne nie mają w swej nazwie roku co powoduje chaos po upływie roku zbierania danych.
 - Pliki archiwizacji danych dla histogramów :
 - ✓ Spełniają wszystkie wymagania poza faktem że aby sporządzić na ich podstawie raport należy wstrzymać pracę oprogramowania co nie jest dopuszczalne w przypadku np. monitoringu ciągłego.
 - Standardowy blok zapisu danych do pliku :
 - ✓ Nie zapewnia nazewnictwa plików określającego wprost okres zbierania danych
- W związku z powyższą sytuacją dokonano wstępnych prób wykorzystania wbudowanego do pakietu Genie interpretera języka Visual Basic oraz powszechnie używanego arkusza kalkulacyjnego MS Excel.

2.4.6 Opis zbierania danych za pomocą oprogramowania które stworzono we wbudowanym w Genie interpreterze języka Visual Basic oraz współpracy z MS Excel

Stworzono krótki program w Visual Basic zbierający dane z wejścia analogowego (bloku Genie) do pliku (*.txt) o nazwie tworzonej automatycznie i określonej przez rok\dzień\miesiąc. Oprócz wartości punktu pomiarowego zapisywanych w dowolnym okresie (ograniczonym jedynie sprzętowo), w pliku są również zaznaczane te wartości które nie zawierają się w zadanych parametrach. Parametry te zadaje się w standardowym bloku Genie (Alog).

Program ten współpracuje z panelem operatorskim wyświetlanym przez Genie na ekranie komputera w ten sposób. że naciśnięcie odpowiedniego przycisku na panelu powoduje uaktywnienie programu MS Excel, który za pomocą języka makr generuje raport w oparciu o dane zebrane w powyższych plikach.

Przykład zapisu danych w pliku :

Wartość punktu pomiarowego	Informacja o przekroczeniu zadanych	Czas i data zapisu
0,78217	ALARM !	15:31:25 98-11-16
1,545085		15:31:26 98-11-16
2,26995		15:31:27 98-11-16
2,938925		15:31:28 98-11-16
3,535535		15:31:29 98-11-16
4,045085		15:31:30 98-11-16
4,455035		15:31:32 98-11-16

Listing programu :

```
Sub SCR1() 'ta procedura otwiera (tworzy gdy nie istnieje ) plik o nazwie DDMMYYYYY.dat
Dim f As String
Dim alarm As String

a = FreeFile 'a staje się pierwszym wolnym numerem który może być przyporządkowany plikowi po jego
otwarceniu
'MsgBox "The next free file number is: " & a

CurDate = Now()
DD = Day(CurDate)
MM = Month(CurDate)
YY = Year(CurDate)
f$ = (DD & MM & YY)
'MsgBox f$

Close

Open f$ For Append as #a 'otwiera plik
dim mytag1 As TAG
dim mytag2 As TAG

dat$ = Date()
czas$ = Time$
tim$ = (czas$ & " " & dat$)

set mytag1 = GetTag("Task1","A11")
set mytag2 = GetTag("Task1","ALOG1")
value1!=mytag1

If mytag2 = 1 Then
    alarm = "ALARM !"
ELSE alarm = " "
End If

Print #a, mytag1,alarm,tim$ 'realizuje zapis do pliku
```

```

Close
    Viewport.Open "BasicScript Viewport",100,100,500,500
    Print mytag1,alarm,tim$

dim mytag3 as TAG
set mytag3 = GetTag("Disp1","BBTN1")          'czyta wartość klawisza na pulpicie
outputi 2,mytag3
    if mytag3 = 1 then
        If AppFind$("Microsoft Excel") <> "" Then
            MsgBox "Excel is running."
            AppRestore "Microsoft Excel"
        Else
            MsgBox "Excel is not running."
            id = Shell("EXCEL.EXE",1)
            AppActivate id
            outputi 1

        End If
        SendKeys "^n"          'wysyła kombinację klawiszy ctrl+n do excela co uruchamia makro
    else
        outputi 0
    End if

End Sub

```


3. Opracowanie bloków modelowego oprogramowania z użyciem pakietu FIX Intellution

Opracowany w Etapie 2 niniejszej pracy program monitoringu zakładu gospodarki wodno-ściekowej, bazował na pomiarach symulowanych programowo. W ramach przedstawianej pracy program ten wyposażony został w moduł akwizycji pomiarów obiektowych, moduł histogramów oraz przygotowania i generowania raportów technologicznych.

3.1. Akwizycja sygnałów pomiarowych.

Do zbierania sygnałów z obiektowych przetworników pomiarowych przeznaczony został modelowy zestaw pakietów we/wy rodziny ADAM 4000 firmy Advantech, z których wykorzystano moduł 4017 (8 we analogowych) i moduł 4012 (1 we analogowe). Sprzężenie z pakietem FIX zrealizowane zostało przy pomocy drajwera ADM (ADAM 4000 I/O WIN95/NT ver. 6,15).

Do bazy danych programu wizualizacji, w miejsce bloków wejść analogowych AI z dołączonym drajwerek SIM symulującym przebiegi analogowe, dodano bloki typu AI (o nazwach AI00 – AI09), łącząc je kolejno poprzez drajwerek ADM z kolejnymi wejściami modułu ADAM 4017 i ADAM 4012. Wyjścia bloków skierowane zostały na bloki przeliczeniowe CA. W ten sposób uzyskano następujące przyporządkowanie ZP i adresów sprzętowych:

A01	- poziom pH	- moduł 4017 / we 0
BZ1	- poziom BZT5	- moduł 4017 / we 1
CH2	- poziom CHZT	- moduł 4017 / we 2
F01	- ścieki surowe	- moduł 4017 / we 3
F02	- ścieki oczyszczone	- moduł 4017 / we 4
H01	- poziom zbiornika	- moduł 4017 / we 5
N01	- azot	- moduł 4017 / we 6
OX2	- tlen	- moduł 4017 / we 7
T01	- temperatura	- moduł 4012 / we 0

Konfigurując drajwerek ADM ustawiono parametry komunikacji ze sterownikiem przez port szeregowy następująco:

numer portu	- COM2
prędkość transmisji	- 9600 bodów
adres modułu 4012	- nr 1
adres modułu 4017	- nr 2
okres skanowania	- 1s

Przyjęty okres skanowania ma charakter testowy. Jego wartość na rzeczywistym obiekcie może być wielokrotnie większa.

Drajwerek ADM ma istotną wadę w odniesieniu do innych sterowników – nie zapewnia skalowania bloku AI w jednostkach inżynierskich. (powszechnym rozwiązaniem jest skalowanie linowe przez podanie w jednostkach fizycznych minimalnej i

maksymalnej wartości liniowego przetwarzania sygnału pomiarowego). Nie stanowi istotnego problemu przy prezentacji danych operatorowi, czy też generowaniu histogramów w jednostkach fizycznych. Stosownych przeliczeń na jednostki fizyczne z bezpośrednich wartości sygnałowych, jakie dostarcza drajver, można dokonać w blokach przeliczeniowych CA – bloki te stają się w programie monitoringu rzeczywistymi blokami zmiennych procesu, odpowiadającymi obiektowym parametrom technologicznym.

Konsekwencją przyjętego przez producenta drajvera rozwiązania, są wynikające z niego niedogodności przy generowaniu komunikatów alarmowych o przekroczeniach progów alarmowych parametrów technologicznych. Przy prezentacji na ekranie stanów alarmowych dokonuje się powiązania atrybutu sygnalizacji alarmu np. z wartością zmiennej procesu, i takie powiązanie w jednostkach fizycznych nie stanowi żadnej trudności. W przypadku generowania alarmów, powiązania dokonuje się przez ustawienie stosownych progów w bloku AI, w którym zmienna procesu występuje jeszcze w postaci wartości nie przetworzonego sygnału elektrycznego, nie zaś w znanych operatorowi procesach jednostkach fizycznych. W efekcie pojawia się konieczność posługiwania się zarówno jednostkami fizycznymi w odniesieniu do istotnych parametrów technologicznych, jak i elektrycznymi sygnałami ich przetworników obiektowych.

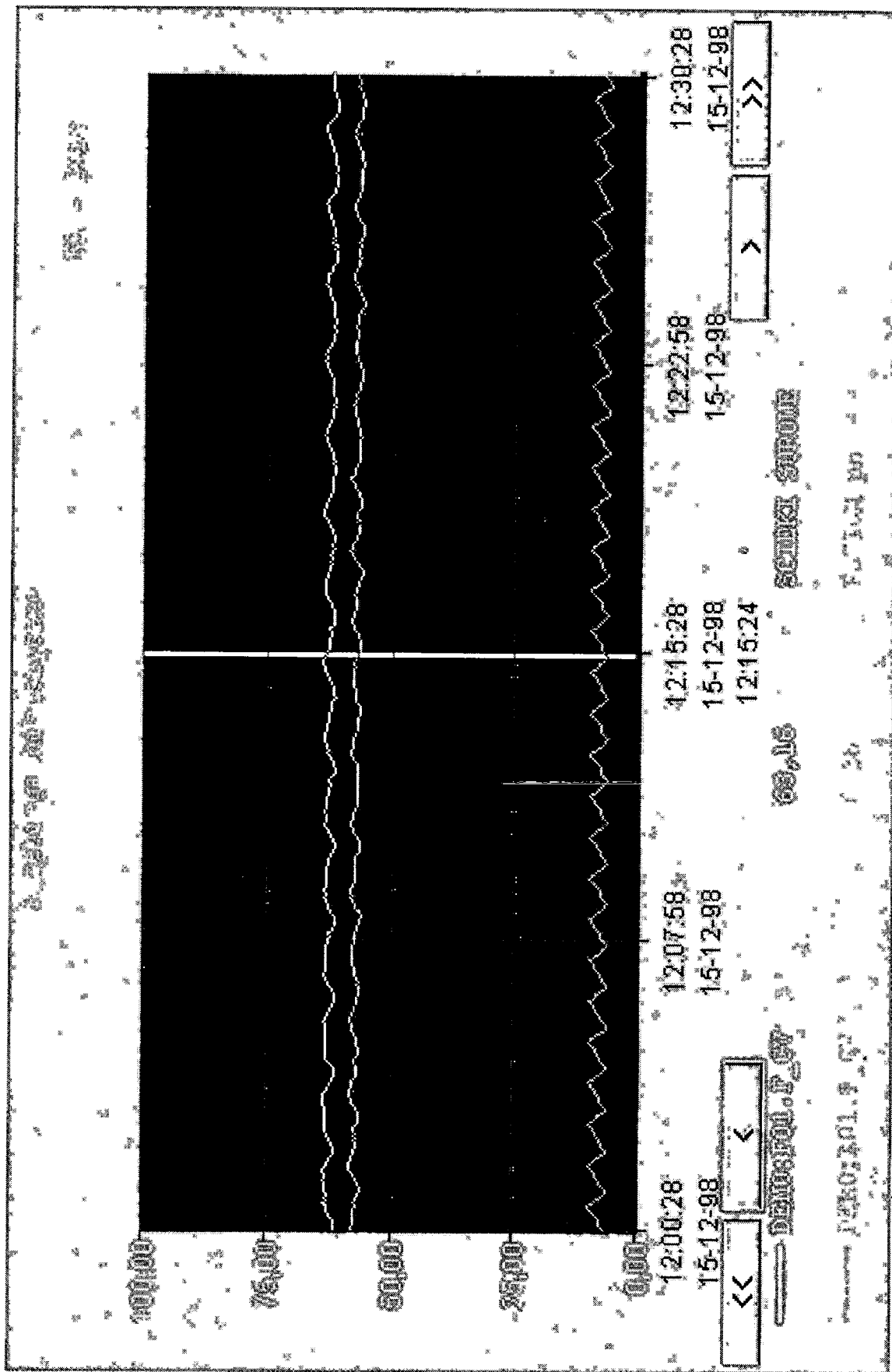
3.2. Tworzenie histogramów oraz generowanie i wydruk raportów.

Oprogramowanie Fix umożliwia łatwe tworzenie histogramów z przebiegami wybranych parametrów technologicznych oraz przygotowywanie raportów technologicznych. W przedstawianym rozwiązaniu przyjęto parametry horyzontu czasu prezentacji przebiegów na wykresie, jak i naliczania danych do raportu w skali minutowej. Odbiega to od spotykanych na rzeczywistym obiekcie wymagań, podyktowane zaś było koniecznością weryfikacji programu w warunkach laboratoryjnych.

Przy użyciu programu Assigne utworzone została grupa zmiennych procesu przeznaczonych do rejestracji, obejmująca ZP A01, F01 i F02 (poziom pH, natężenie przepływu ścieków surowych i natężenie przepływu ścieków oczyszczonych). Przyjęto okres skanowania – 2s, horyzont plików historycznych – 8 godzin.

Przy użyciu programu Display utworzone zostały dwie grupy wykresu. Pierwsza grupa wykresu (HISTOR-01-30M.), bazując na rejestrowanych wartościach ZP, przeznaczona jest do odtwarzania przebiegów parametrów technologicznych w postaci wykresów.

Do pola operatorskiego **Rejestracja** dowiązane zostało operatorskie polecenie wywołania bieżącego histogramu. W wyniku jego wykonania uruchamiany jest program Display z parametrami zapewniającymi odtworzenie aktualnych przebiegów ZP A01, F01, F02 w horyzoncie 30 minut. Okno wykresu udostępnia operatorowi pola przewijania wykresu do tyłu i do przodu, zapewnia możliwość przesuwania kursora wykresu i odczyt wartości poszczególnych parametrów technologicznych w wybranych momentach czasu. Wykres może być zarówno wyświetlany na ekranie jak i wyprowadzony na drukarkę (rys. 3.1.).



Rys. 3.1. Przykładowy wydruk histogramu.

Program Display nie umożliwia przeglądania wykresów wg nazwy pliku historycznego, który standardowo kojarzony jest z datą powstania. Aby obejrzeć więc przebiegi sprzed kilku dni, należy najpierw przy pomocy poleceń programu stworzyć opis czasowy i opis ZP (lub wybrać spośród już skonfigurowanych) interesującego nas przebiegu, i dopiero wtedy można go wywołać.

Druga grupa wykresu (HISTOR-02-10M.) przeznaczona jest do generowania raportów technologicznych. Skonfigurowano ją, przyjmując za horyzont czasu tej grupy 10 minut, tj. okres naliczania danych do testowego raportu. Wśród zmiennych procesu grupy raportowej znalazły się:

- F01 – w trybie wartości średniej
- F02 – w trybie wartości średniej
- A01 – w trybie wartości średniej
- A01 – w trybie wartości maksymalnej
- A01 – w trybie wartości minimalnej

Przy generowaniu raportów wykorzystano dwa rozwiązania wbudowane w pakiet programowy FIX – powiązanie z aplikacją Excell (poprzez mechanizm DDE i przygotowane makra) oraz możliwości przeliczeniowe w trybie off-line programu rejestracji zmiennych procesu (tj. Collect i Display).

Dla przygotowania raportowania z wykorzystaniem aplikacji Excell należało:

- ustawić jako katalog bieżący Excell katalog bazowy oprogramowania FIX
- przenieść plik *startup.xla* do właściwego katalogu Excell
- przygotować plik sterujący generatorem raportów *schedule.lst*

W pliku sterującym zdefiniowano plik wzorcowy raportu *RWZ01.XLA* (powiązany z wartościami zmiennych procesu), uruchamiany co 10 minut począwszy od pełnej godziny, oraz plik docelowy gromadzenia danych raportowych *RAP01.XLA*. W pliku wzorcowym zdefiniowano połączenie przez DDE z programem Display, dzięki któremu przy każdym zestawieniu połączenia uzyskuje się zestaw danych o wartościach, będących wartościami średnimi zmiennych procesu A01, F01, F02 oraz wartością maksymalną i minimalną A01 za ostatni okres raportowania. Powyższe dane dopisywane są do pliku docelowego łącznie z datą, czasem i opisem zmiennych procesu.

W powyższym rozwiązaniu analiza wartości ZP prowadząca do wyznaczenia wartości średnich i ekstremalnych prowadzona jest w programie Display, w ramach systemu FIX.

W omawianym przykładzie mamy do czynienia z niewielką liczbą zmiennych procesu. Możliwe więc było stworzenie prostego pliku sterującego raportami; bazującego na tym samym wzorcu połączeń historycznych względem chwili bieżącej, bez zakłócenia horyzontu wyznaczania danych raportowych (co możliwe byłoby przy powieleniu rozwiązania w odniesieniu do dużej liczby ZP).

Uzyskany plik raportowy *RAP01.XLA*, jako plik w standardzie Excell'a, dostępny jest zarówno do prezentacji na ekranie, jak i wydruku na drukarce (rys. 3.2.).

W docelowym oprogramowaniu niezbędne jest dołączenie do bazy danych programu monitoringu bloku programowego zajmującego się archiwizacją raportów, np. dokonującego przy zmianie doby (lub na koniec zmiany) konwersji docelowego pliku raportowego na raport o nazwie utworzonej wg bieżącej daty.

Raport do-
bowy

98-12-14

godz.	F01 średnia m3 / h	F02 średnia m3 / h	A01 średnia pH	A01 max. pH	A01 min. pH
11:00	62,3	57,2	7,6	7,82	7,58
11:10	62,4	56,3	7,7	7,93	7,62
11:20	62,1	56,3	7,8	8,03	7,62
11:30	60,7	56,9	7,9	8,12	7,72
11:40	60,1	56,8	7,3	7,52	7,11
11:50	61,6	57,2	7,2	7,45	6,98
12:00	62,5	56,3	7,6	7,72	7,59
12:10	62,2	56,5	7,7	7,96	7,44
12:20	62,5	56,9	7,4	7,12	7,65
12:30	60,6	57,3	7,5	7,82	7,32
12:40	60,1	57,2	7,3	7,52	7,11
12:50	61,6	56,5	7,2	7,45	6,98
13:00	62,3	56,3	7,5	7,81	7,59
13:10	62,4	56,9	7,7	7,93	7,66
13:20	62,4	56,4	7,8	8,23	7,62
13:30	60,7	57,2	7,9	8,16	7,76
13:40	60,1	56,3	7,4	7,56	7,13
13:50	61,5	57,2	7,2	7,41	6,95
14:00	62,3	56,9	7,6	7,72	7,52
14:10	62,4	56,8	7,5	7,81	7,32
14:20	62,3	57,5	7,8	8,01	7,62
14:30	60,4	56,3	7,9	8,14	7,72
14:40	60,1	56,6	7,4	7,62	7,11
14:50	61,6	56,8	7,3	7,49	6,98

Rys. 3.2. Przykładowy wydruk raportu technologicznego.

4. Opracowanie oprogramowania aplikacyjnego do sterowania urządzeniami wykonawczymi

4.1. System automatycznej regulacji zabezpieczający chemiczną oczyszczalnię ścieków przemysłowych w Zakładach Akumulatorowych „ZAP” w Piastowie.

4.1.1. Założenia techniczne systemu regulacji.

Ścieki spływające z zakładu zawierają ścieki socjalno bytowe i ścieki powstałe w wyniku produkcji akumulatorów. W tych drugich mamy do czynienia z dużą zawartością kwasu siarkowego. Powoduje to znaczne obniżenie ich stopnia pH. Ścieki okresowo napływają bardzo kwaśne. Mimo zastosowania zbiornika wyrównawczego pH ścieków na wylocie zbiornika często osiąga wartość poniżej 4 pH. W tej sytuacji zachodzi konieczność neutralizacji kwaśnych ścieków, zawierających duże ilości kwasu siarkowego. Podnoszenie wartości pH ścieków, do poziomu określonego pozwoleniem wodno prawnym odbywa się przy pomocy wodnego roztworu wodorotlenku sodu (ługu sodowego).

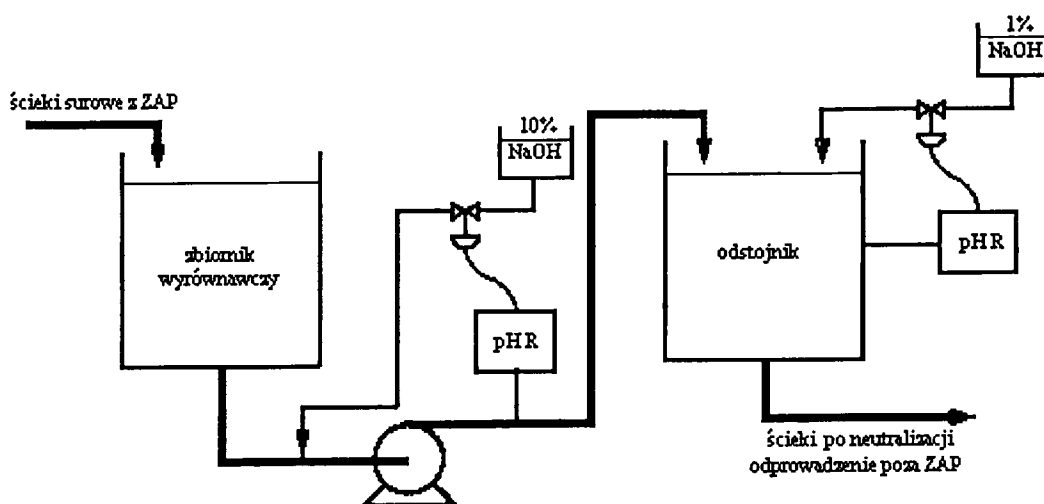
W układach regulacji pH polegających na ciągłym zobojętnianiu strumienia technologicznego lub odpadkowego, jeżeli wartość zadana jest zbliżona do wartości punktu równowagowego ($\text{pH}=7$), dodanie małego nadmiaru substancji zasadowej powoduje stosunkowo dużą zmianę wartości końcowej pH. Możliwe są zmiany nawet o jedną do kilku jednostek. Jeżeli zobojętnianie przeprowadzić w mieszalniku, zwiększenie rozmiarów zbiornika zapewnia lepsze tłumienie zmian obciążenia dzięki większej pojemności. Zwiększa to jednak opóźnienia i koszty wykonania instalacji.

Nieliniowa zmiana pH w zależności od zmiany natężenia przepływu jest kolejnym czynnikiem utrudniającym dokładną regulację procesu zobojętnienia. Zmiana wartości zadanej może wywołać zmianę wzmocnienia procesu i optymalnego wzmocnienia regulatora nawet siedmiokrotnie, doprowadzając do drgań wzrastających. Wreszcie układ regulacji pH ścieków musi reagować na duże zmiany obciążenia, wynikające ze zmian stężenia kwasu w ściekach. Utrudnia to stworzenie układu regulacji, który będąc stosunkowo szybkim układem będzie jednocześnie stabilny we wszystkich warunkach.

Charakterystykę procesu miareczkowania kwasu siarkowego H_2SO_4 wodorotlenkiem sodu NaOH przedstawiono na rysunku 4.1. Jak widać krzywa wokół punktu równowagi $\text{pH} = 7$ jest bardzo stromo pochylona. Rodzi to niebezpieczeństwo (o którym pisano powyżej) przedozowania i przejścia ponad dopuszczalny poziom $\text{pH} = 9$. W związku z tym zdecydowano się zastosować dwupoziomowy proces neutralizacji pH w ściekach.

Jako pierwotne i podstawowe założenia konstrukcyjne przyjęto następujące kryteria:

- Pozwolenie wodno prawne określa pH na wylocie ścieków poza zakład w zakresie 6.5 do 9.
- Jednocześnie na wlocie ścieków na separatory elektrolityczne współczynnik pH (z przyczyn technologicznych) powinien utrzymywać się w granicach 4.5 do 5.5.
- Konieczność liczenia się z chwilowymi wartościami pH ścieków osiągającymi nawet $\text{pH} = 1$.
- Z przyczyn ekonomicznych, starano się możliwie maksymalnie ograniczyć przeróbki w samej oczyszczalni ZAP. Starano się maksymalnie wykorzystać istniejącą instalację. Braki w dokumentacji technicznej (istniejącej instalacji) mogą spowodować konieczność pewnych zmian już w trakcie samego montażu urządzeń regulacyjnych.



Rys. 4.1. Dwustopniowy szeregowy układ regulacji pH.

4.1.2. Opis systemu.

W skład systemu regulacji aktywności chemicznej ścieków w ZAP wchodzi: trzy zawory regulacyjne wraz z siłownikami produkcji ZAP/POLNA (sterowane sygnałem 4-20mA), zawór trójdrogowy pracujący jako zawór bezpieczeństwa produkcji ZAP/POLNA, sterownik serii 90MICRO produkcji GE-FANUC, dwa analizatory pH-metr serii EC1000 produkcji HACH. Sterownik otrzymuje informacje o pracy pomp, poziomie pH ścieków surowych oraz, które z zaworów regulacyjnych są aktualnie zamknięte. Poprzez swoje wyjście analogowe steruje pracą zaworów regulacyjnych przełączając je na aktualnie pracujący zawór. Steruje również pracą zaworu bezpieczeństwa.

Wydruk oprogramowania sterownika serii 90MICRO w postaci wykresu drabinkowego przedstawiono w załączniku.

4.1.3. Dwustopniowy szeregowy system neutralizacji pH.

W związku z czynnikami opisanymi w p. 4.1.1 proponuje się dwustopniowy, szeregowy układ regulacji pH. Jego schemat ideowy pokazano na rysunku 4.1. Naturalnie wpisuje się on w wymagania technologiczne oczyszczalni. Metoda szeregowej regulacji pH polega na neutralizacji ścieków kwaśnych zasadą (w naszym przypadku NaOH) w dwóch etapach. Pierwszy stopień neutralizuje ścieki silnie kwaśne stężoną zasadą do poziomu pH odpowiadającego niskiej kwasności. Drugi stopień neutralizuje ścieki o niskiej kwasności rozcieńczonym roztworem zasady. Doprowadza ich pH do stanu wymaganego na wylocie ścieków z zakładu określonego pozwoleniem wodno prawnym. Schemat technologiczny proponowanej instalacji pokazuje rysunek 4.2.

Zgodnie z wymaganiami technologicznymi oczyszczalni ZAP na pierwszym etapie ścieki będą neutralizowane (ich pH będzie podwyższone przy pomocy roztworu NaOH) do wartości pH z zakresu od 5 do 5.5. Drugi etap neutralizacji ma podwyższyć pH ścieków (po przejściu przez oczyszczalnię chemiczną) do wartości, zgodnych z pozwoleniem wodno prawnym, z zakresu od 6.5 do 9 pH.

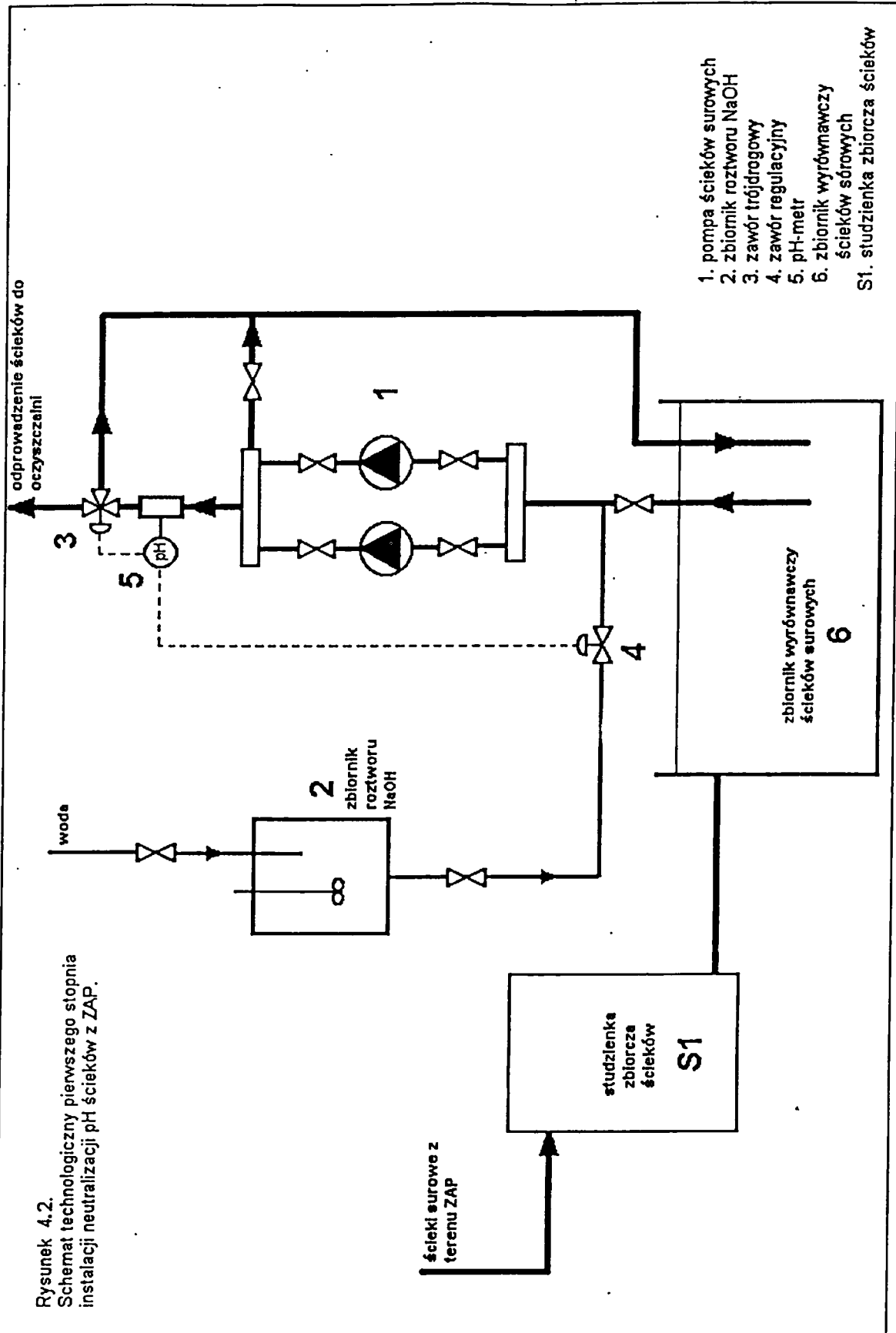
W pierwszym etapie neutralizacji ścieki z zakładu trafiają do studzienki S1. Stamtąd grawitacyjnie napływają do zbiornika wyrównawczego 6 o pojemności 300m³. Zbiornik ten pełni ponadto funkcję osadnika dla ścieków socjalno bytowych i nie może być wykorzystywany jako mieszalnik. Ze zbiornika wyrównawczego ścieki są zasysane przez układ pomp ścieków surowych. Za wyjściem pomp znajduje się sonda pomiarowa pH-metru. PH-metr steruje dozowaniem roztworu wodorotlenku sodu doprowadzonym do przewodu rurowego przed układ pomp ścieków surowych z wykorzystaniem (w miarę możliwości) dawnego wlotu instalacji dozowania kwasu. Przetwornik pH-metru typu PI steruje pracą pompy dozującej roztwór wodorotlenku sodu ze zbiornika 2. Za sondą pH-metru na rurze przepływu ścieków surowych znajduje się zawór trójdrogowy sterowany z drugiego wyjścia sygnałowego pH-metru. Zawór pracuje jako zawór bezpieczeństwa, w razie niewydolności instalacji neutralizacji pH ścieków (wartość pH spada poniżej 4), odcina dalszy przepływ ścieków do oczyszczalni i odprowadza je z powrotem do zbiornika wyrównawczego 6.

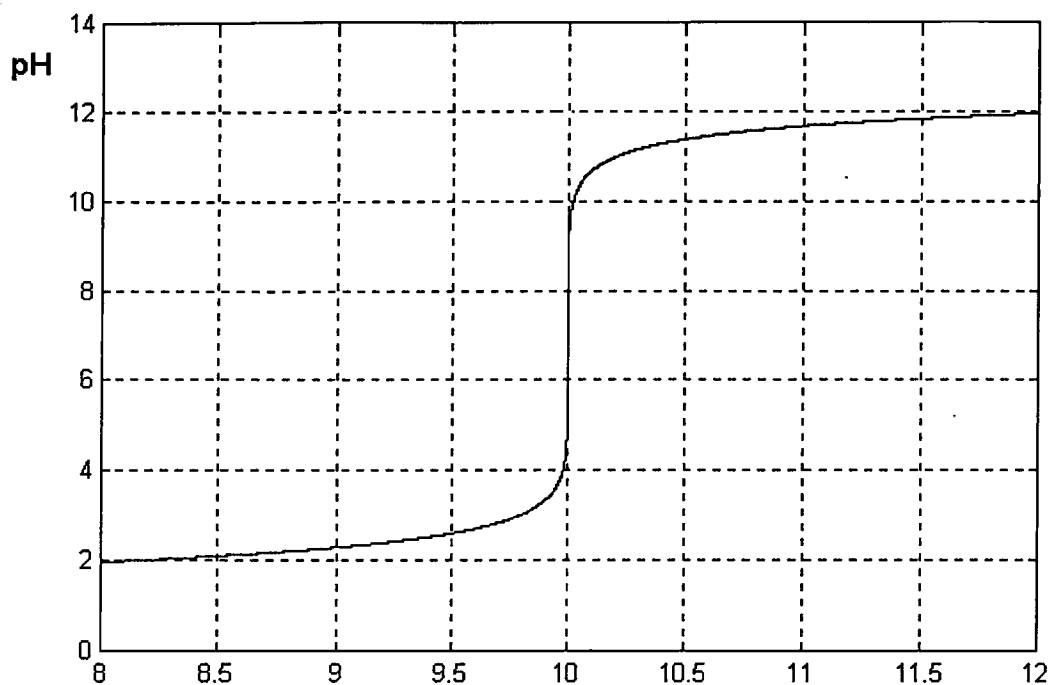
Po przejściu przez separatory elektrolityczne i galwanokoagulatory ścieki trafiają do odstojnika. Tam są poddawane drugiemu stopniowi neutralizacji. Sonda pH-metru jest zanurzona w zbiorniku w pobliżu wlotu ścieków rozdzielonych na kationit i anionit. Poprzez zawór sterowany regulatorem pH-metru (regulacja typu PI) dozowany jest roztwór NaOH ze zbiornika 2. PH-metr pracuje w zanurzeniu w odstojniku.

Głębokość zanurzenia zostanie dobrana doświadczalnie, nie może ona jednak być mniejsza niż 1m. Spowodowane jest to koniecznością zmieszania strumieni kationitu i anionitu oraz dozowanego NaOH. Ponadto zabezpieczy to elektrodę pH-metru przed osiadaniami na niej pęcherzyków powietrza, co zakłócałoby prawidłowość pomiaru.

System taki zapewni odpowiednią pracę oczyszczalni chemicznej ZAP i pozwoli na neutralizację pH ścieków do poziomu wymaganego pozwoleniem wodno prawnym.

Rysunek 4.2.
Schemat technologiczny pierwszego stopnia
instalacji neutralizacji pH ścieków z ZAP.





Rys. 4.3. Krzywa miareczkowania 0.1N kwasu siarkowego 0.1N wodorotlenkiem sodu.

Obecny w ściekach kwas siarkowy należy do kwasów silnych. Neutralizujący go wodorotlenek sodu jest silną zasadą. Dlatego powstały układ chemiczny zachowuje się jak układ silny kwas - silna zasada. Krzywą miareczkowania dla takiego układu przedstawia rysunek 4.3. Na tej podstawie możemy określić ilość NaOH potrzebną do neutralizacji ścieków kwaśnych.

4.1.4. Zakres koniecznych modernizacji instalacji oczyszczalni ZAP dla pierwszego stopnia neutralizacji ścieków kwaśnych.

W trakcie prac projektowych starano się maksymalnie wykorzystać już istniejącą instalację oczyszczalni ZAP. W zakres koniecznych inwestycji wchodzi:

- montaż pH-metru sterującego
- montaż trójdrogowego zaworu pracującego jako zawór bezpieczeństwa
- montaż zaworu dozującego NaOH
- montaż zbiornika (z mieszalnikiem) na 10% NaOH
- przeprowadzenie dodatkowych przewodów rurowych z zaworu trójdrogowego do zbiornika wyrównawczego

4.2. System automatycznej regulacji poziomu w zbiorniku zbiorczym ścieków Rawskich Zakładów Mięśnych w Rawie Mazowieckiej.

4.2.1. Opis działania systemu.

System regulacji poziomu w zbiorniku składa się z zasuwy nożowej Aquatech wraz z napędem Auma, sterownika LOGO230R, dwóch czujników pływakowych, układu przełączania kierunku ruchu zasuwy nożowej. Rysunek 4.4 przedstawia schemat funkcjonowania systemu regulacji.

Dwa pływakowe czujniki poziomu sygnalizują poziomy maksymalny i minimalny. Poziom maksymalny jest sygnalizowany, gdy pływak 1 (górny) zostanie podniesiony do góry. Poziom minimalny jest sygnalizowany, gdy pływak 2 (dolny) zostanie opuszczony w dół. Sygnalizowane jest to przez podświetlenie na wyświetlaczu sterownika odpowiednio cyfr 1 lub 2 w górnym rzędzie.

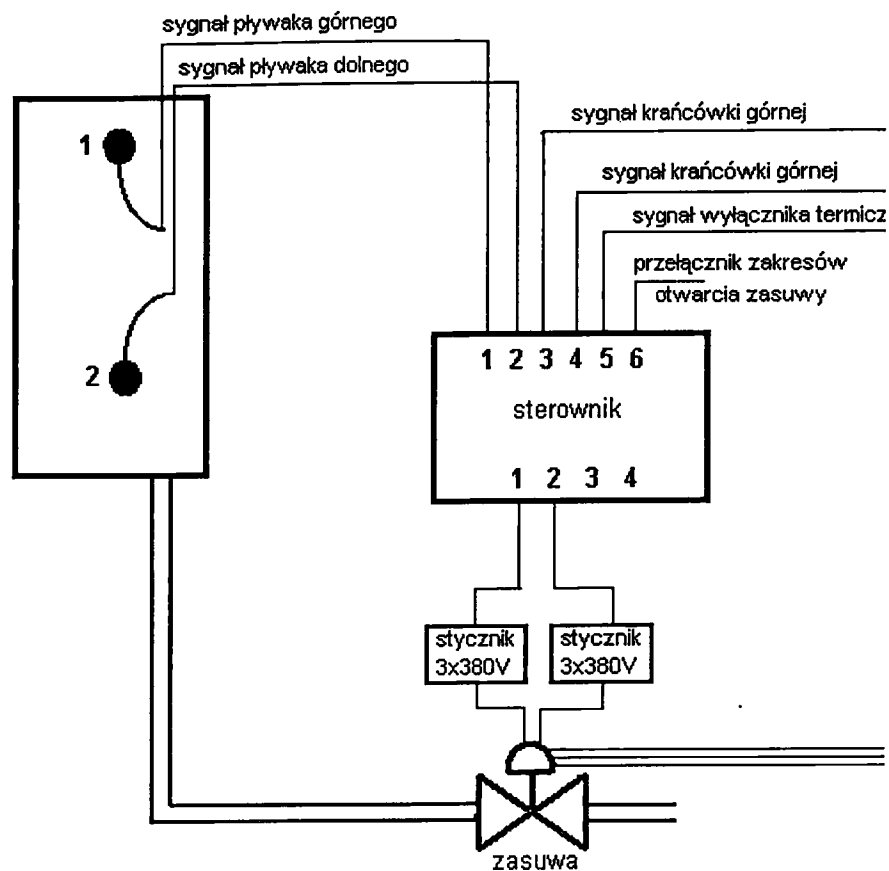
Sygnał z pływaka 1 o osiągnięciu poziomu maksymalnego powoduje zwarcie przez sterownik stycznika pracy na otwieranie zasuwy. Sygnalizowane jest to przez podświetlenie na wyświetlaczu sterownika cyfry 1 w dolnym rzędzie. Zasuwa nożowa otwierana jest częściowo, w niepełnym przekroju. Otwieranie przerywane jest wyłącznikiem czasowym (patrz pkt. 4.2.2). Zasuwa pozostaje częściowo otwarta do pojawienia się sygnału z pływaka 2.

Sygnał z pływaka 2 o osiągnięciu poziomu minimalnego powoduje zwarcie przez sterownik stycznika pracy na zamykanie zasuwy. Sygnalizowane jest to przez podświetlenie na wyświetlaczu sterownika cyfry 2 w dolnym rzędzie. Zasuwa nożowa zamykana jest całkowicie, aż do osiągnięcia dolnej końcówki w pełnym przekroju. Otwieranie przerywane jest dolnym wyłącznikiem krańcowym momentowym.

Układ styczników zabezpieczony jest hardwaerowo przed załączeniem jednocześnie na pracę w obie strony. Napęd Auma zabezpieczony jest dodatkowo wyłącznikiem termicznym.

Działanie algorytmu programu regulacji poziomu w zbiorniku:

1. Sprawdzenie stanów wejść przekaźnikowych.
2. Sygnał z pływaka jeden załączenie otwierania zasuwy.
3. Sprawdzenie przełącznika czasu otwierania zasuwy.
4. Sygnał z pływaka dwa załączenie zamykania zasuwy.
5. Sprawdzenie zatrasku podtrzymującego pracę napędu na otwieranie.
6. Sprawdzenie wyłącznika krańcowego rozłączającego pracę napędu na zamykanie.
7. Sprawdzenie wyłącznika termicznego odłączającego zasilanie napędu.



Rys. 4.4. Schemat funkcjonalny systemu regulacji.

4.2.2. Regulacja zakresu otwierania zasuwy.

Zasuwa nożowa może być otwierana w dwóch zakresach 30% i 60% otwarcia. Zakres ten przestawiany jest przełącznikiem znajdującym się w prawym dolnym rogu szafki sterowniczej.

- zakres 30% otwarcia przełącznik w położeniu 0 (cyfra 6 na wyświetlaczu sterownika nie jest podświetlona)
- zakres 60% otwarcia przełącznik w położeniu 1 (cyfra 6 na wyświetlaczu sterownika jest podświetlona)

W przypadku konieczności całkowitego otwarcia zasuwy należy wyłączyć bezpiecznik w szafce sterującej i odkręcić zasuwę ręcznie.

5. Podsumowanie

W ramach trzeciego etapu pracy wykonano następujące główne zadania, przewidziane w zleceniu:

- opracowanie modelowego oprogramowania do akwizycji i wizualizacji pomiarów z użyciem komputera,
- opracowanie oprogramowania aplikacyjnego do rejestracji i wydruku raportów,
- opracowanie oprogramowania do sterowania elementami i urządzeniami wykonawczymi.

Projektowanie modelowego oprogramowania monitoringu i sterowania, możliwego do wykorzystania na obiektach typu małych biologicznych oczyszczalni ścieków i podobnych, było realizowane z użyciem dwu pakietów: GENIE 3.02 firmy Advantech oraz FIX32 firmy Intellution. Powstały dwa szkieletowe oprogramowania realizujące postawione wymagania współpracy z modułami we/wy, przeznaczonymi do akwizycji sygnałów i sterowania urządzeniami na obiekcie. Rozeznano także możliwości tego oprogramowania w zakresie tworzenia, archiwizacji i przetwarzania plików raportów.

Jednocześnie kontynuowano rozeznanie potrzeb i wymagań potencjalnych klientów w zakresie omawianego oprogramowania. Zwłaszcza dużo uwagi poświęcono zebraniu i sprecyzowaniu wymagań w zakresie oprogramowania i sprzętu do opracowywanej jednocześnie oferty systemu zdalnego monitoringu, wizualizacji, sygnalizacji alarmów i raportowania pomiarów ciśnień w pomieszczeniach technologicznych produkcji antybiotyków firmy BIOTON w Ożarowie. Prace te miały również wpływ na proces projektowania bloków modelowego oprogramowania.

Wykonane w pracy oprogramowanie do sterowania elementami wykonawczymi zostało wykorzystane w następujących aplikacjach:

- opracowanie sterowania pomiarami pH i procesem regulowania kwasowości ścieków przemysłowych w Zakładzie Akumulatorów w Piastowie (p. 4.1),
- opracowanie sterowania napełnianiem zbiornika ścieków surowych w Rawskich Zakładach Mięsnych (p. 4.2).

Kontynuowane są ponadto konsultacje merytoryczne dwu tematów prac dyplomowych, wykonywanych przez studentów wydz. Mechatroniki PW (monitoring małej oczyszczalni ścieków oraz ewidencja ruchu pojazdów).

W wyniku prowadzonych prac zaprojektowano modelowe oprogramowania aplikacyjne do monitoringu pomiarów w małych zakładach gospodarki wodnej i innych, np. przetwórczych. Efektem tego jest zdolność oferowania usług monitoringu takich obiektów, co zostało zaczęte złożeniem oferty w firmie BIOTON.

Załącznik

Program sterowania procesem neutralizacji ścieków

```
| [ START OF LD PROGRAM ZAP ] (*) *)
| [ VARIABLE DECLARATIONS ]
| [ BLOCK DECLARATIONS ]
| [ START OF PROGRAM LOGIC ]
```

Program sprawdza czy pompy pracują. Gdy nie, to domykane są po kolei wszystkie zawory regulacyjne.

```
| %I0001 +-----+
|
|                                     %M0001
+--]/[---+ ADD_+----- ( )--
|      |      |
|      | INT |
|      |      |
| CONST -+I1 Q+-%AQ012
| +00000 |
|      |      |
| CONST -+I2 |
| +00000 +-----+
|
| %M0001 %I0003
|
|                                     %Q0003
+--] [---+]/[---+----- ( )--
|      |      |
| %M0005 |
| +--] [---+
|      |      |
| %M0003 %I0002 |
| +--] [-----] [---+
|
| %M0001 %I0003 %I0002
|
|                                     %Q0002
+--] [---+]/[-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] ( )--
|      |      |
| %M0006 |
| +--] [---+
|      |      |
| %M0002 %I0003 |
| +--] [-----] [-----]
|
| %M0001 %I0003 %I0002 %I0006
|
|                                     %Q0004
+--] [-----] [-----] [-----]/[-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] ( )--
|
| %I0001
|
|                                     %Q0005
+--] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] ( )--
```

Sprawdzenie wartości pH. Sterownik określa czy należy prowadzić dozowanie kwasu lub zasady.

```
%I0001 +-----+
                                                    %M0003
+--] [---+ LE_ | +----- ( )--
      | INT |
      | |
%AI0018--+I1 Q++
      | |
CONST -+I2 |
+09150 +-----+
%I0001 +-----+
                                                    %M0002
+--] [---+ GE_ | +----- ( )--
      | INT |
      | |
%AI0018--+I1 Q++
      | |
CONST -+I2 |
+11430 +-----+
```

Wyliczenie parametrów dozowania zasady. Przesłanie sygnału sterującego na zawór zasady.

```
%I0001 %M0003 %M0005 +-----+
+--] [-----] [-----]/[---+ SUB_+
      | INT |
      | |
      CONST -+I1 Q+-%R0003
      +09150 |
      | |
      %AI0018--+I2 |
      +-----+
%I0001 %M0003 %M0005 +-----+
+--] [-----] [-----]/[---+ DIV_+
      | INT |
      | |
      %R0003 -+I1 Q+-%R0004
      | |
      CONST -+I2 |
      +00010 +-----+
%I0001 %M0003 %M0005 +-----+
+--] [-----] [-----]/[---+ MUL_+
      | INT |
      | |
      %R0004 -+I1 Q+-%AQ012
      | |
      CONST -+I2 |
      +00032 +-----+
```

Wyliczenie parametrów dozowania kwasu. Przesłanie sygnału sterującego na zawór kwasu.

```

| %I0001 %M0002 %M0006 +-----+
+---] [-----] [-----]/[---+ SUB_+
|                                     |
|                                     | INT |
|                                     |
|           %AI0018--+I1  Q+-%R0002
|                                     |
|           CONST  -+I2
|           +11430 +-----+

```

```

| %I0001 %M0002 %M0006 +-----+
+---] [-----] [-----]/[---+ DIV_+
|                                     |
|                                     | INT |
|                                     |
|           %R0002  -+I1  Q+-%R0005
|                                     |
|           CONST  -+I2
|           +00010 +-----+

```

```

| %I0001 %M0002 %M0006 +-----+
+---] [-----] [-----]/[---+ MUL_+
|                                     |
|                                     | INT |
|                                     |
|           %R0005  -+I1  Q+-%AQ012
|                                     |
|           CONST  -+I2
|           +00017 +-----+

```

```

| %M0003 %I0002                                     %M0005
+---] [-----]/[-----]----- ( )--

```

```

| %M0002 %I0003                                     %M0006
+---] [-----]/[-----]----- ( )--

```

```

| %M0005 +-----+
+---] [---+-----+ ADD_+
|                                     |
|                                     | INT |
|                                     |
| %M0006 |          |
+---] [---+ CONST -+I1  Q+-%AQ012
|          +00000 |
|          CONST -+I2
|          +00000 +-----+

```


Sprawdzenie warunku bezpieczeństwa pracy instalacji i otwarcie zaworu bezpieczeństwa.

```
|%I0001 +-----+
                                                    %M0007
+--] [---+ LT_ | +-----+----- ( )--
      |      | INT |
      |      |   |
      |%AI0018--+I1 Q++
      |      |   |
      |CONST --+I2 |
      |+05000 +-----+
      |%I0005 %M0007
                                                    %Q0006
+--]/[-----] [-----+----- ( )--
```

Sprawdzenie warunku bezpieczeństwa pracy instalacji i zamknięcie zaworu bezpieczeństwa.

```
|%I0001 %I0005 +-----+
                                                    %M0008
+--] [---+---] [---+-----+ GT_ | +-----+----- ( )--
      |      |   |          | INT |
      |%M0008 |   |          |   |
      +--] [---+%AI0018--+I1 Q++
      |      |   |
      |CONST --+I2 |
      |+07000 +-----+
      |%I0004 %M0008
                                                    %Q0007
+--]/[-----] [-----+----- ( )--
|[      END OF PROGRAM LOGIC      ]
```

HA