

Laboratorium Aparatury Automatyizacji

Instrukcje do ćwiczeh

Autorzy:

Jerzy Chojnacki

Krzysztof Oprędkiewicz

Janusz Teneta

Kraków 2010

Spis treści

Ćwiczenie 1. Inteligentny przetwornik ciśnienia.....	3
Ćwiczenie 2. Prosty regulator mikroprocesorowy.	10
Ćwiczenie 3. Sterowniki PLC - realizacja algorytmu PID.	13
Ćwiczenie 4. Badanie charakterystyk skokowych regulatora PID.....	18
Ćwiczenie 5. Dobór nastaw regulatorów przemysłowych.	22
Ćwiczenie 6. Bezpośrednie sterowanie cyfrowe.....	25
Ćwiczenie 7. Programowanie sterowników PLC – język drabinkowy LD.	29
Ćwiczenie 8. Pakiet GENIE do realizacji bezpośredniego sterowania cyfrowego.	36
Materiały pomocnicze do ćwiczenia 8.	39
Ćwiczenie 9. Układ sterowania ogniw słonecznych.....	48
Materiały pomocnicze do ćwiczenia 9.	52
Dodatek 1. Laboratoryjny obiekt regulacji.	56
Literatura	58

Ćwiczenie 1. Inteligentny przetwornik ciśnienia.

Cel ćwiczenia.

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z działaniem i obsługą inteligentnych przetworników ciśnienia na przykładzie urządzenia ABB ASD 800. Przetworniki „inteligentne” zawdzięczają swą nazwę wbudowanemu układowi mikrokontrolera, znacznie zwiększającego możliwości funkcjonalne urządzenia.



Fot. 1.1 Inteligentny przetwornik ciśnienia

Opis aparatury

DTR przetworników ABB serii AS-800.

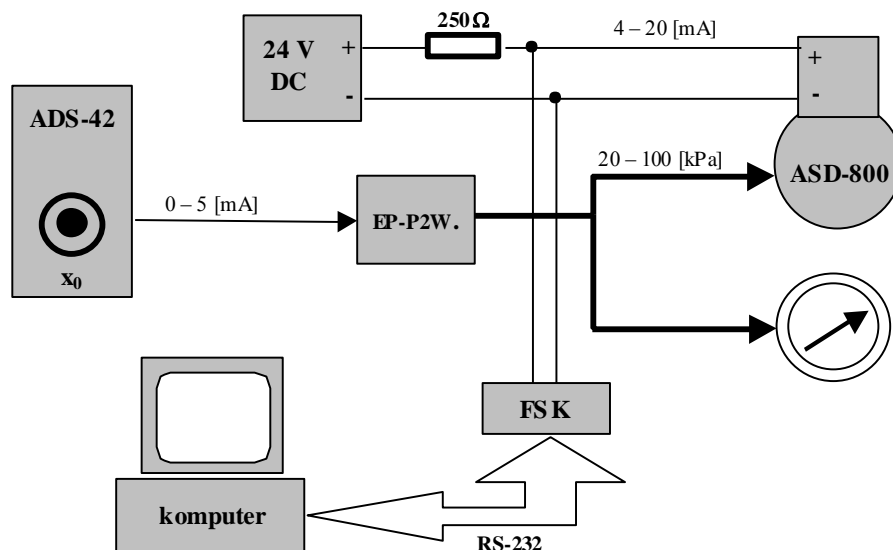
Budowa stanowiska laboratoryjnego.

Schemat stanowiska laboratoryjnego do badań przetwornika pokazany jest na rys. 1.1. Składa się ono z następujących zasadniczych części:

- Przetwornik z regulowanym źródłem ciśnienia i zasilaczem,
- Modem protokołu HART,
- Komputer z oprogramowaniem konfiguracyjnym SMART VISION.

Działanie układu jest następujące: ciśnienie z zakresu 20 – 100 kPa wytwarzane jest z wykorzystaniem przetwornika elektropneumatycznego EP-P2W. Jest ono proporcjonalne do sygnału prądowego z zakresu 0 – 5 [mA] podawanego na wejście EP-P2W ze stacyjki ADS-42, używanej jako regulowane źródło prądu. Wartość ciśnienia wyjściowego z EP-P2W może być odczytana na wskaźniku. Jest to ciśnienie wejściowe na przetwornik ASD 800.

Przetwornik ASD 800 połączony jest w układzie 2 przewodowym, czyli zasilanie i odczyt sygnału wyjściowego odbywają się na tej samej parze przewodów. Sygnałem wyjściowym przetwornika jest prąd znormalizowany z zakresu 4 – 20 [mA]. Również po tej samej parze przewodów, co zasilanie i odczyt wyjścia przetwornika odbywa się komunikacja urządzenia z programatorem, którym jest w rozważnym przypadku komputer PC z oprogramowaniem ABB SMART VISION.



Rys. 1.1. Stanowisko laboratoryjne z inteligentnym przetwornikiem ciśnienia.

Oprogramowanie ABB Smart Vision.

Oprogramowanie SMART VISION umożliwia programową konfigurację parametrów przetwornika oraz monitorowanie jego pracy w trybie on – line. Podczas konfiguracji możliwe jest programowanie następujących parametrów:

- Zdefiniowanie zakresu pomiarowego. Może on być ustawiany w granicach 0 – 250 kPa, minimalny zakres – 1/20 zakresu maksymalnego,
- Kalibracja z wykorzystaniem zewnętrznego źródła ciśnienia (np. wzorcowego) mająca na celu dokładne dostrojenie urządzenia do monitorowanego procesu,
- Zdefiniowanie charakterystyki przetwarzania przetwornika. Można wybrać następujące typy charakterystyk:
 - Liniowa
 - Pierwiastkowa
 - Dowolnie konfigurowalna
 - Kwadratowa

Oprogramowanie SMART VISION poza konfiguracją przetwornika umożliwia także:

- monitorowanie pracy urządzenia w trybie on – line (wyświetlanie wartości ciśnienia wejściowego i prądu wyjściowego na wyświetlaczu numerycznym, wyświetlanie ciśnienia wejściowego na bargrafie, wskaźniku wskazówkowym oraz w postaci trendu)
- Tworzenie raportów z pracy urządzenia możliwych do odczytu i interpretacji np. w MS EXCEL.

Omawiany typ przetwornika ma także możliwość realizacji algorytmu regulacyjnego typu PID, działającego w trybie pracy automatycznej i ręcznej. Oznacza to, że urządzenie może reagować na sygnał wejściowy nie tak jak przetwornik (czyli element typu statycznego o zadanej ch-ce statycznej) , tylko jak regulator PID (czyli układ dynamiczny). Ta cecha pozwala na zastosowanie przetwornika inteligentnego jako prostego regulatora PID na najniższym poziomie

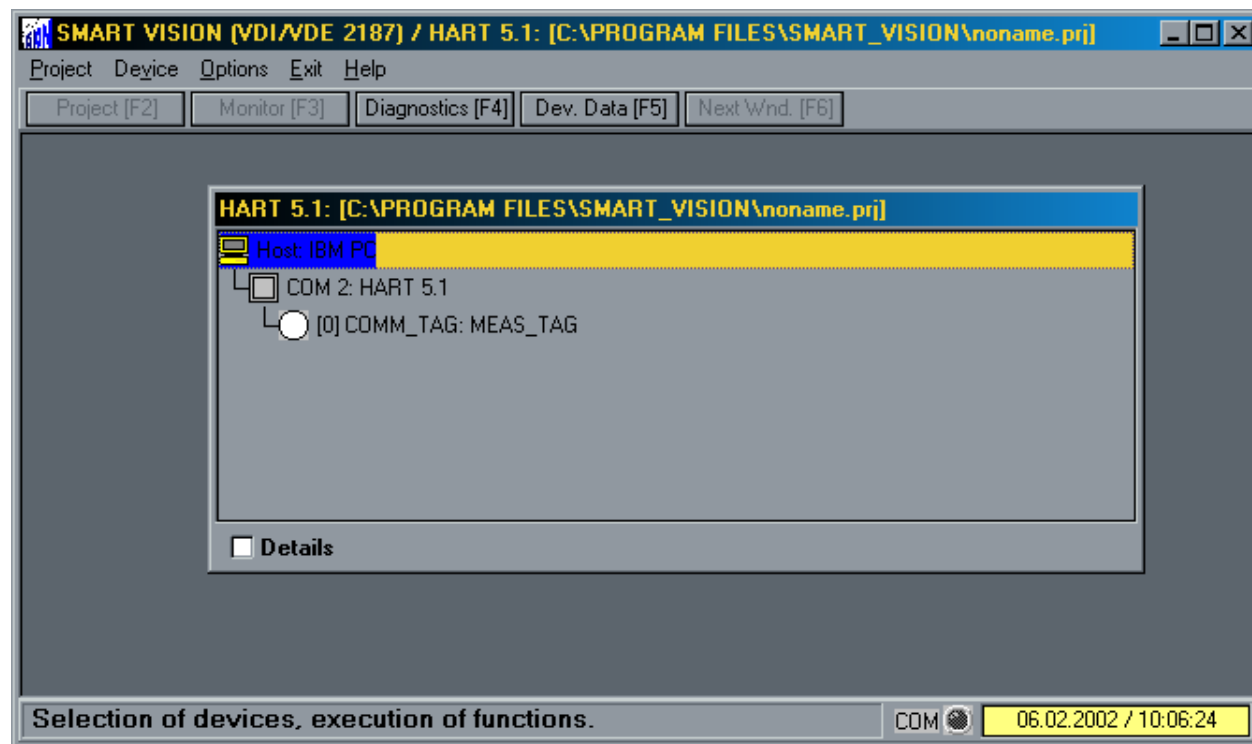
sterowania, gdyż jego wyjściowy sygnał prądowy z zakresu 4 – 20 [mA] może być podany wprost na element wykonawczy.

Komunikacja jest realizowana z wykorzystaniem protokołu przemysłowego HART (Highway Addresable Remote Transducer). Sygnały cyfrowe „0” i „1” logiczna są przesyłane jako sygnały wysokiej częstotliwości i nie zaburzają w żaden sposób sygnału wyjściowego. Odczyt odbywa się z wykorzystaniem specjalnego modemu, który może być podłączony równolegle w dowolnym miejscu na linii.

Wykonanie ćwiczenia.

Wykonanie ćwiczenia składa się z następujących etapów:

1. Uruchomienie stanowiska i konfiguracja połączenia komputer – przetwornik. W tym celu należy:
 - Włączyć do sieci listwy łączeniowe stanowiska, komputer oraz przewód ciśnieniowy do kompresora.
 - uruchomić oprogramowanie SMART VISION (ikona w głównym oknie). Po uruchomieniu pojawia się konfiguracja sieciowa przetwornika: komputer jako host, połączenie przez port szeregowy COM2: HART, oraz przetwornik. Główne okno programu pokazane jest na rys.1.2.



Rys. 1.2. Główne okno programu SMART VISION.

- W razie potrzeby zdefiniować port, przez który będzie realizowane połączenie komputer - modem (Aktualnie działa ustawienie default 'owe na COM2. W razie potrzeby zmiany postępowanie jest następujące: w menu wybrać: **Device-> Edit Server Data -> Driver Parameters -> COM Port** ustawić na **1** .

- Połączyć przetwornik z komputerem: **Device -> Connect**. Poprawne wykonanie połączenia jest sygnalizowane migającym zielonym sygnałem COM w pobliżu prawego dolnego rogu głównego okna programu (zob. rys. 1.2)
2. Programowanie i badanie charakterystyk statycznych przetwornika:
- Wybrać okno konfiguracyjne urządzenia: **Device -> Edit Instrument Data**. Otworzy się wtedy okno „General Data”. Jest ono pokazane na rys. 1.3

General data, [0] COMM_TAG: MEAS_TAG

Adjustment Basic parameter Notes

General Input/output Measured values/status

Sensor

Upper range limit: 262.5 kPa Serial no. of sensor: 124866

Lower range limit: -115.5 kPa

min. span: 8.33 kPa

Output

Lower span limit (4 mA): 20 kPa

Upper span limit (20 mA): 100 kPa

Pressure unit: kPa

Damping: 0.13 s

Transfer function: See menu 'Options' -> 'Further data'

Lower range value (free PV): 0.0 %

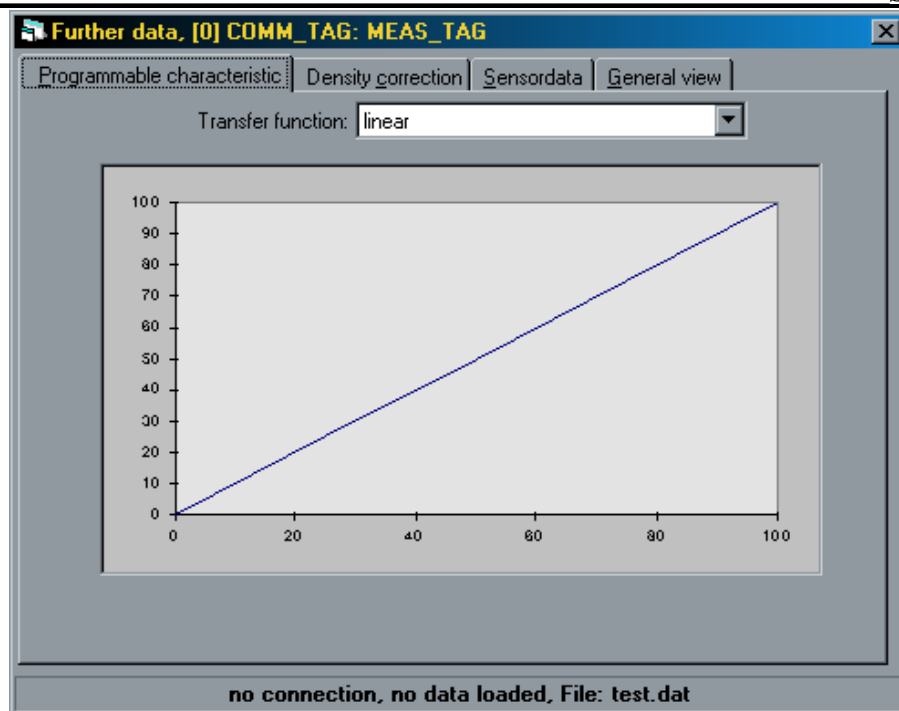
Upper range value (free PV): 100.0 %

Unit (free PV): %

no connection, no data loaded, File: test.dat

Rys.1.3. Okno konfiguracyjne urządzenia.

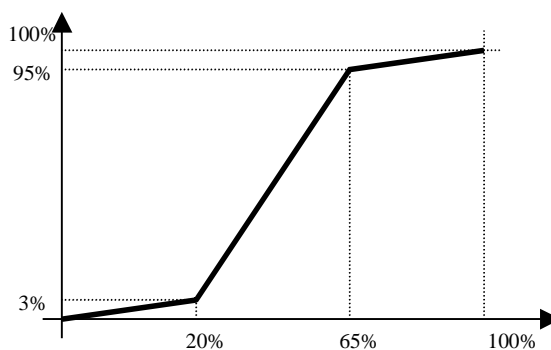
- W tym oknie zdefiniować zakres pomiarowy (jeśli nie jest już zdefiniowany: **20 – 100 kPa**. (zakładka Input/Output). Zapisać wprowadzone dane do pamięci przetwornika: **Instrument -> Save To Instrument**.
- Zakładka Measured Values / Status umożliwia odczyt w trybie on- line wejścia i wyjścia przetwornika.
 - Przycisk „Monitor” (F5) umożliwia uruchomienie monitora, służącego do wykreślenia wartości ciśnienia wejściowego w postaci trendu (sprawdzić jego działanie).
 - **WAŻNE:** Sprawdzić, czy jest **wyłączona** opcja regulatora PID. W tym celu przy otwartym oknie „General Data” otworzyć” **Optionen ->Controller** . Aby następny punkt ćwiczenia mógł być wykonany poprawnie, to regulator ma być nieaktywny - „Switch on controller” ma być nie zaznaczone.
 - Zdefiniować typ charakterystyki przetwarzania przetwornika. W tym celu: przy otwartym oknie „General Data” otworzyć” **Optionen -> Further Data**”, następnie wybrać typ charakterystyki do badań. Okno „Further Data” jest pokazane na rys. 1.4:



Rys. 1.4. Okno do definiowania typu charakterystyki przetwarzania.

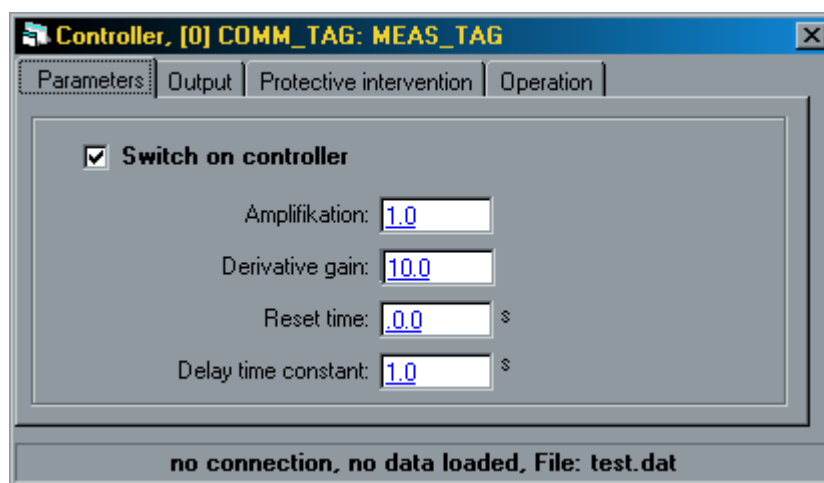
Wybraną i zaprogramowaną charakterystykę zapisać do pamięci przetwornika (**Instrument - >Save To Instrument**)

- W trakcie ćwiczenia należy zbadać następujące charakterystyki:
- Liniową
- Pierwiastkową
- Programowalną o przebiegu pokazanym na rys.1.5. Sposób konstrukcji charakterystyki programowalnej jest następujący:
 - Uaktywnić opcję „characteristic” w głównym oknie programu
 - Zaznaczyć „new” – powoduje to skasowanie poprzedniej charakterystyki,
 - Wpisać zadane punkty w następujący sposób: zaznaczyć pole w dowolnej niezajętej kratce „In” (wartość „x”) i wpisać wartość **bez kropki dziesiętnej ani przecinka**, w tej samej linii wpisać „out” (wartość „y”) i przenieść punkt o współrzędnych „in”, „out” na charakterystykę przy pomocy „->”.



Rys.1.5. Charakterystyka statyczna przetwornika

- kwadratową (typu „Open channel”)
 - Pomiar każdej z charakterystyk statycznych należy wykonać w sposób następujący:
 - Po zapisaniu typu charakterystyki do pamięci przetwornika należy otworzyć okno „ General Data”, na zakładce „ Measured Values / Status”. Okno to pozwala na odczyt wejścia i wyjścia przetwornika w trybie on line.
 - Na wejście przetwornika podawać sygnał ciśnieniowy z przetwornika EP-P2W. Jego wartość jest ustalana poprzez podanie prądu wejściowego ze stacyjki ADS-42 (pokrętko x_0) i odczytywana na wskaźniku. Charakterystykę przetwarzania należy zdjąć dla sygnału wejściowego zmienianego co 5% zakresu 20 – 100 kPa (wyliczyć, co ile!).
3. Sprawdzenie działania regulatora PID
- Uruchomić algorytm regulacyjny: przy otwartym oknie „General Data” otworzyć: **Optionen->Controller**. Po otwarciu zaznaczyć „Switch on controller” w celu uaktywnienia algorytmu regulacyjnego. Okno do definiowania parametrów i trybu pracy regulatora jest pokazane na rys. 1.6:



Rys. 1.6. Okno parametrów regulatora, zakładka „parameters”.

Po uaktywnieniu można ustawić następujące parametry regulatora:

- zakładka „Parameters”: definiujemy: **wzmocnienie K_p** (Amplification), **wzmocnienie różniczkowania K_d** (Derivative gain), **czas całkowania T_i** (Reset time) oraz stałą czasową części różniczkującej (delay time constant).
- Zakładka „Output”: zakresy sygnału wyjściowego, typ charakterystyki (rosnąca/malejąca)
- Zakładka „Operation”: tryb pracy po restarcie i wartość sygnału pracy ręcznej na wyjściu po restarcie, **wartość zadana** (automatic set value) w % zakresu wejściowego.

Parametry po zdefiniowaniu należy zapisać do pamięci przetwornika: **Instrument-> Save data to instrument**.

- Sprawdzenie działania regulatora w wersji P:
- Ustawić działanie regulatora na czysto proporcjonalne ($K_d = 0$, $T_i = 0$) oraz wartość zadana na poziomie 50% zakresu (60 [kPa]).

- Zbadać charakterystykę statyczną regulatora (odczyt w oknie „General Data”, zakładka „Measured values”) dla sygnału wejściowego z zakresu 0% – 60% co 10% dla $K_p = 0.5, 1.0, 2.0$. Sporządzić wykres tej charakterystyki. **UWAGA:** Zwrócić uwagę, że przy trybie pracy automatycznej monitorowana jest wartość uchybu!
- Sprawdzenie działania regulatora w wersji PI:
- Ustawić następujące wartości parametrów regulatora: $K_p = 1$, $T_i = 20$ [s], $K_d = 0$, wartość zadana 50% zakresu, po ustawieniu – zapisać do pamięci przetwornika.
- Podać na wejście sygnał 70 [kPa], odczekać, aż sygnał wyjściowy osiągnie poziom 0% (4mA)
- Zmienić skokowo sygnał wejściowy z 70 [kPa] na 50 [kPa], zaobserwować przebieg sygnału wyjściowego.
- Sprawdzenie działania regulatora w wersji PD:
- Ustawić następujące wartości parametrów regulatora: $K_p = 1$, $T_i = 0$ [s] $K_d = 10$, wartość zadana 50% zakresu, po ustawieniu – zapisać do pamięci przetwornika.
- Podać na wejście sygnał 70 [kPa], odczekać, aż sygnał wyjściowy osiągnie poziom 0% (4mA)
- Zmienić skokowo sygnał wejściowy z 70 [kPa] na 50 [kPa], zaobserwować przebieg sygnału wyjściowego.

Sprawozdanie.

Sprawozdanie powinno zawierać: uproszczony schemat stanowiska doświadczalnego oraz wykreślone wszystkie badane charakterystyki przetwarzania przetwornika.

Zakres wymaganych wiadomości.

Miejsce i rola przetworników pomiarowych w układzie regulacji. Budowa i zasada działania pojemnościowych i piezorezystancyjnych czujników ciśnienia. Wpływ temperatury na poprawność pomiarów ciśnienia z wykorzystaniem czujnika piezorezystancyjnego. Budowa i działanie inteligentnego przetwornika ciśnienia. Transmisja danych z wykorzystaniem protokołu przemysłowego HART. 2 i 4 przewodowe łączenie przetworników w układach automatyki przemysłowej.

Ćwiczenie 2. Prosty regulator mikroprocesorowy.

Cel ćwiczenia.

Zapoznanie się z budową i programowaniem prostego jednokanałowego regulatora cyfrowego, stosowanego do regulacji temperatury lub innych wielkości przetworzonych na sygnał standardowy w niewielkich instalacjach (np. w zakładach rzemieślniczych). Zapoznanie się z przykładem jednoobwodowego układu regulacji temperatury.



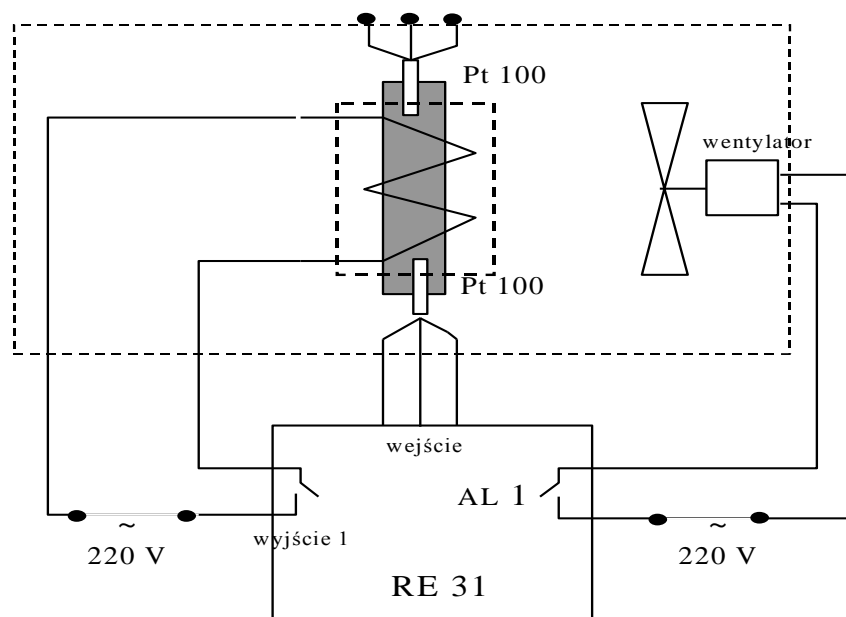
Fot. 2.1 Obiekt cieplny i regulator LUMEL RE 31

Opis aparatury.

DTR regulatora LUMEL RE 31.

Budowa stanowiska laboratoryjnego.

Uproszczony schemat połączeń elektrycznych stanowiska ćwiczeniowego pokazany jest na rys.2.1. Składa się ono z dwóch części połączonych przewodem wielożyłowym z wtyczkami.



Rys. 2.1. Schemat połączeń układu regulacji.

- Skrzynka z regulatorem. Zawiera regulator LUMEL RE 31 wraz z połączeniami elektrycznymi oraz włącznik sieciowy. Zastosowano regulator z wyjściem przekaźnikowym dwupołożeniowym 220V 3A .
- Obiekt regulacji typu cieplnego (3). Jest nim walec aluminiowy zamocowany we wkładzie grzejnym do lutownicy o mocy 400 W. Spirala grzejna jest zasilana impulsowo z wyjścia regulatora sygnałem sieciowym 220 V. Współczynnik wypełnienia sygnału sterującego jest modulowany poziomem sygnału wyjściowego regulatora. Na obu końcach walca są symetrycznie zamocowane dwa termometry Pt100. Jeden z nich jest połączony z wejściem regulatora, a drugi z gniazdami na przedniej ścianie obudowy (5). Oba termometry są łączone w systemie trójprzewodowym. Wystające z wkładu końce walca są karbowane w celu zwiększenia intensywności chłodzenia. Obiekt umieszczony jest w metalowej obudowie. W prawej ścianie obudowy jest wbudowany wentylator uruchamiany z wyjścia alarmowego AL 1 regulatora stosowany w celu dodatkowego chłodzenia obiektu (4).

Wykonanie ćwiczenia.

1. Uruchomienie regulatora, zapoznanie się z obsługą panelu operatorskiego.
2. Przygotowanie regulatora do pracy. Należy zaprogramować: typ wejścia, zakres wielkości wejściowej, ograniczenie sygnału wyjściowego, alarmy, wartość zadaną. W rozważanym wypadku należy zaprogramować:
 - wejście typu termometr **Pt100 JS**
 - zakres wielkości wejściowej: **min: +10° C, max: +300° C**,
 - ograniczenie mocy sygnału wyjściowego: **min: 0 % , max 100 %** .
 - wartość zadana: **100° C, 200° C**,
 - alarmy: AL 1: względny i bezwzględny: względny: **+2° C , +10° C, +50° C**, bezwzględny: **wartość zadana +2° C , +10° C, +50° C**,
 - regulacja sygnałem z inwersją,
3. Praca dwupołożeniowa. Należy ustawić pracę dwupołożeniową, następnie uruchomić regulator dla poziomów wartości zadanej podanych wcześniej oraz dla histerezy: **1, 2, 10 °C**. Zwrócić uwagę na czasy załączenia i wyłączenia regulatora dla różnych poziomów wartości zadanej. Określić zależność pomiędzy amplitudą oscylacji i szerokością strefy histerezy.
4. Praca typu PID z wyjściem dwupołożeniowym. Należy zaprogramować pracę typu PID, oraz wprowadzić następujące parametry regulatora: okres impulsowania 5 [s], alarm AL1: względny +2° C, nastawy regulatora dla wartości zadanej:

<i>Nastawy/ Wartość zadana</i>	<i>100 °C</i>	<i>200 °C</i>
<i>Pb [°C]</i>	40	16
<i>Ti [s]</i>	166	103
<i>Td [s]</i>	209	51

Zastanowić się: dlaczego nastawy są różne dla różnych poziomów wartości zadanej? (Opisać wnioski w sprawozdaniu).Uruchomić regulator, zmienić wartość zadaną o 10°C w górę i w dół, zaobserwować odpowiedź układu na skok wartości zadanej.

Zakres wymaganych wiadomości.

Podstawowe wiadomości n/t zamkniętego układu regulacji temperatury: schemat blokowy zamkniętego układu regulacji i funkcje jego elementów, regulacja wprost i z inwersją, algorytmy PID, sterowanie PWM: zasada działania,

Podstawowe wiadomości n/t regulacji dwupołożeniowej: schemat układu regulacji dla obiektów statycznych i astatycznych, przebiegi wielkości regulowanej i sterowania w układzie, wpływ parametrów obiektu i przekładnika na przebiegi wielkości regulowanej, wpływ poziomu wartości zadanej na średnią wartość przebiegu wielkości regulowanej.

Metody pomiaru temperatury z wykorzystaniem termopar oraz czujników rezystancyjnych: zakresy zastosowań poszczególnych typów czujników charakterystyki przetwarzania, układy połączeń, czynniki zakłócające pomiary.

Sprawozdanie.

Sprawozdanie powinno zawierać: uproszczony schemat układu regulacji (regulator z wyjściem sterującym i alarmowym, obiekt) opis poziomów dostępu, na których programuje się poszczególne parametry regulatora, wnioski końcowe (np. co jest przyczyną tego, że dla różnych poziomów wartości zadanej oraz różnych warunków pracy obiektu - chłodzenie lub jego brak, zostały wyznaczone różne nastawy).

Ćwiczenie 3. Sterowniki PLC - realizacja algorytmu PID.

Cel ćwiczenia.

Zapoznanie się z zasadami programowania sterowników PLC oraz przykładem realizacji algorytmu regulacyjnego PID na sterownikach tej klasy na przykładzie sterownika GE FANUC VERSAMAX MICRO.



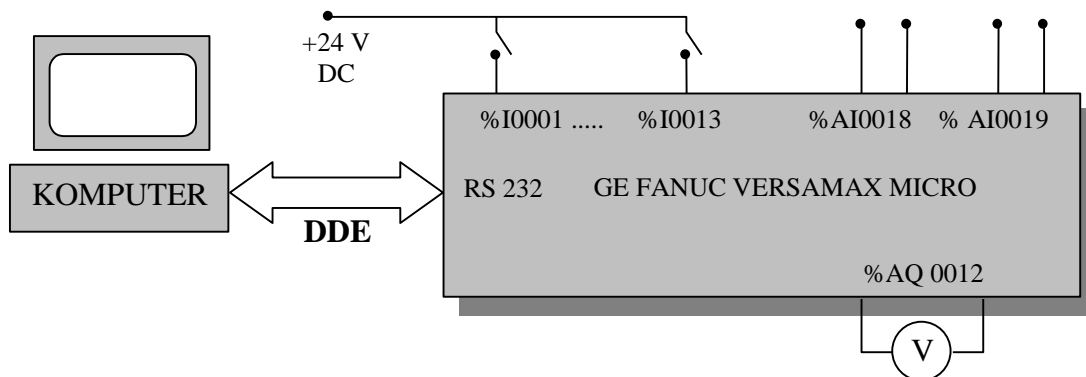
Fot. 3.1 Stanowisko laboratoryjne ze sterownikiem GE FANUC

Opis aparatury i oprogramowania.

Dokumentacja techniczna sterowników PLC GE FANUC VERSAMAX MICRO, opis pakietu VERSAPRO 1.1, język drabinkowy i algorytm PID dla sterowników GE FANUC

Opis stanowiska.

Uproszczony schemat połączeń elektrycznych stanowiska pokazany jest na rys. 3.1:



Rys. 3.1. Stanowisko laboratoryjne do programowania sterownika GE FANUC

Składa się ono z dwóch zasadniczych części:

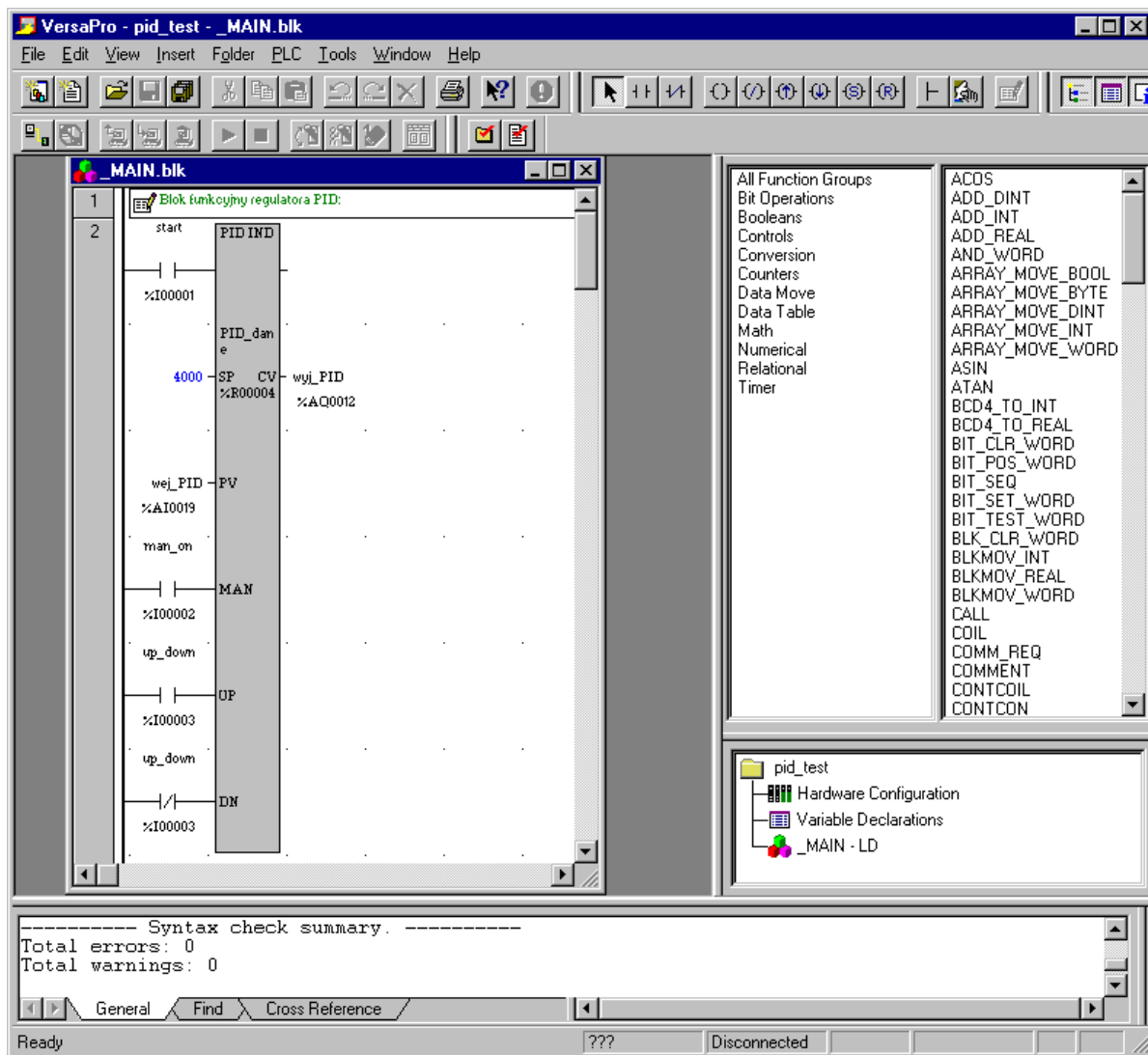
- Regulator z osprzętem dodatkowym zamontowany na wspólnej podstawie. Osprzętem dodatkowym jest zespół przełączników umożliwiających ustawienie "0" lub "1" logicznej na

wejściach dyskretnych oraz gniazdo dla wyjść dyskretnych i zespół gniazd dla podłączenia wejść i wyjść analogowych. Na wyjście analogowe podłączony jest miernik uniwersalny.

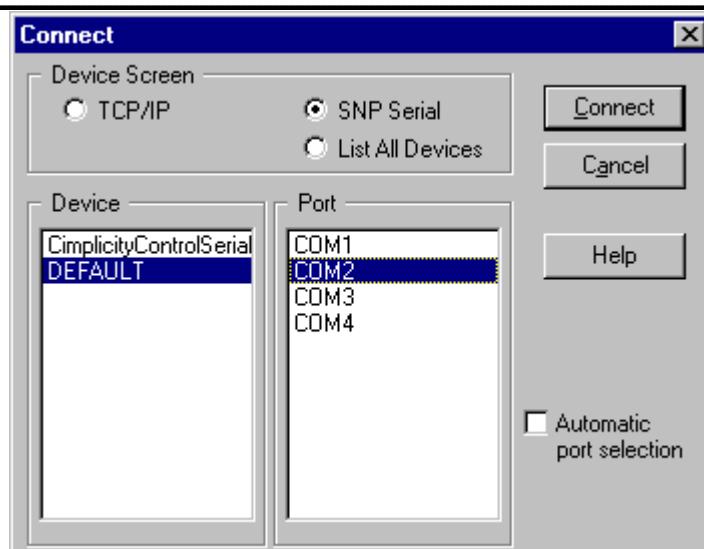
- Komputer klasy PC z oprogramowaniem VERSAPRO 1.1 umożliwiającym programowanie sterownika. Komputer połączony jest ze sterownikiem poprzez łącze szeregowe RS232.

Wykonanie ćwiczenia.

1. Uruchomić oprogramowanie VERSAPRO i skonfigurować połączenie komputera ze sterownikiem. Jako urządzenie (Device) zdefiniować **default**, jako port **COM2**. Okno główne pakietu VERSA PRO pokazane jest na rys. 3.2, a okno dialogowe do konfiguracji połączenia jest pokazane na rys. 3.3:

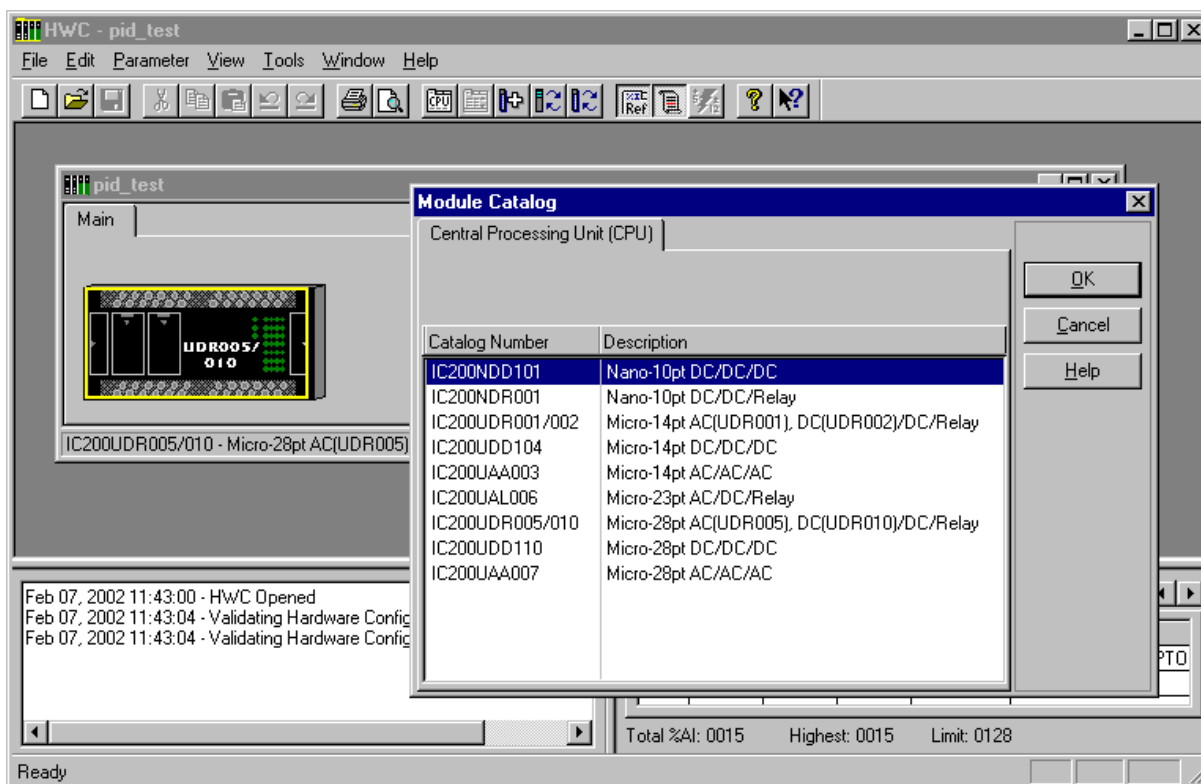


Rys. 3.2. Okno główne pakietu VERSA PRO.

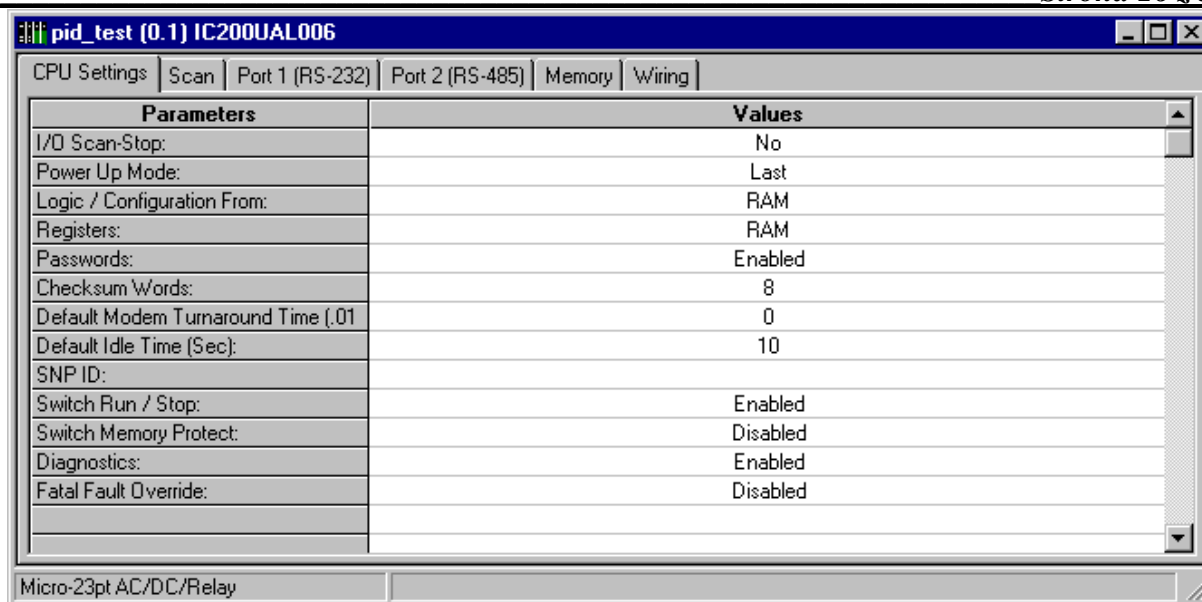


Rys. 3.3. Okno do konfiguracji połączenia komputera z PLC.

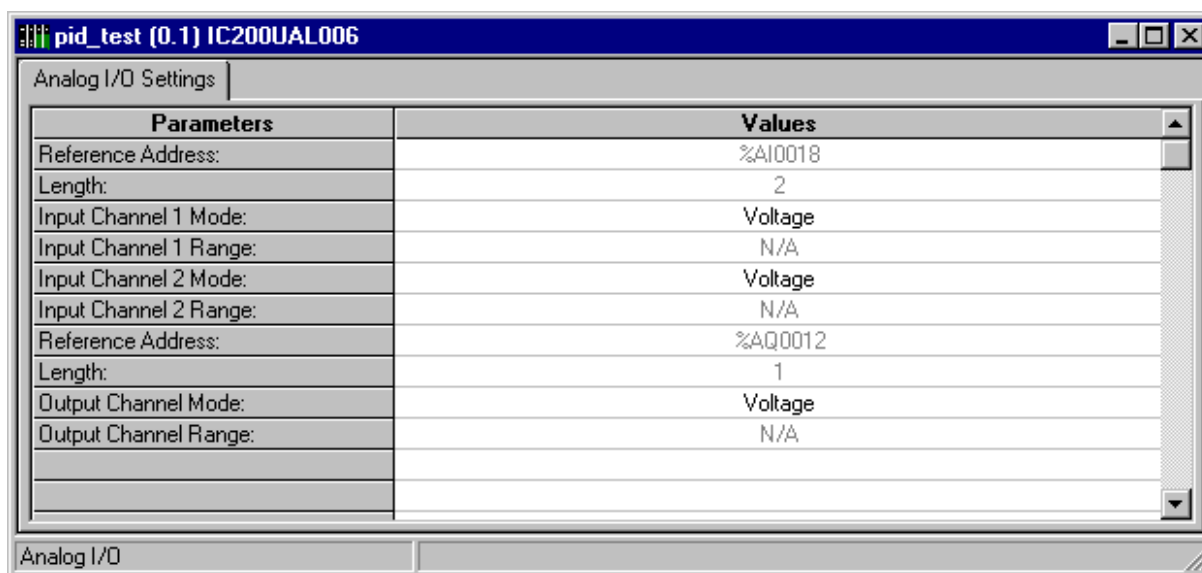
- W głównym menu programu w opcji **file** wybrać **new folder**. Zdefiniować własną nazwę folderu, sprawdzić, czy będzie zapisany w katalogu: **C:\labor**. Wybrać opcję **empty folder**.
- Sprawdzić konfigurację sprzętu (nic nie zmieniać, jest ustawione poprawnie to, co się otwiera). Okna dialogowe do konfiguracji sprzętu są pokazane na rys. 3.4 – 3.6:



Rys. 3.4. Okno do konfiguracji hardware'u, wybór CPU.



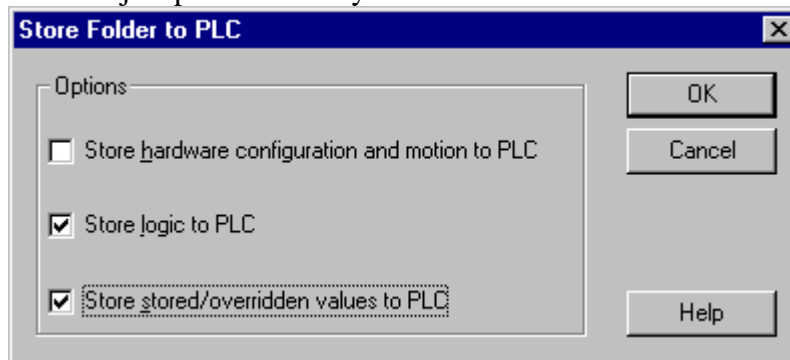
Rys. 3.5. Okno dialogowe do definiowania parametrów CPU



Rys. 3.6. Okno dialogowe do definiowania parametrów wejść i wyjść analogowych.

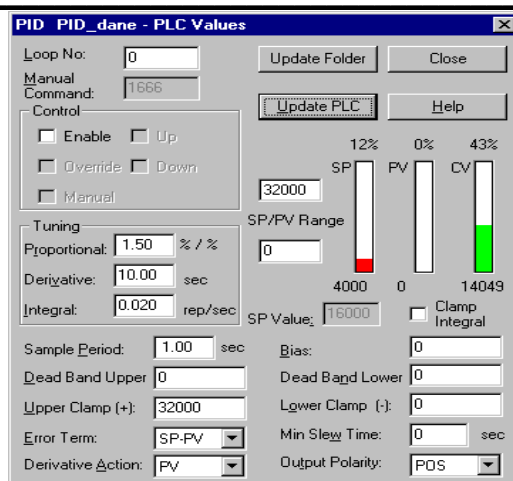
- W rozważanym sterowniku dostępne są następujące adresy wejść/wyjść:
 - Wejścia binarne: %I0001 - %I0013,
 - Wyjścia binarne: %Q0001-%Q0010,
 - Wejścia analogowe: %AI0018, %AI0019,
 - Wyjścia analogowe: %AQ0012.
2. W założonym folderze zdefiniować algorytm regulacyjny PID. Do wyboru jest typ algorytmu: PID IND lub PID ISA (Czym się one różnią?) UWAGA: należy zdefiniować algorytm pracujący na liczbach typu **INTEGER**. W tej sytuacji wartości sygnału równej 100% odpowiada wartość całkowita 32000. Należy to uwzględnić podczas konfiguracji algorytmu.

- wartość zadaną zdefiniować na poziomie 50% zakresu.
- podczas konfiguracji algorytmu należy umożliwić podanie skoku zakłócenia na wejście regulatora. Z tego względu na wejście regulatora **cały czas** należy podawać sygnał polaryzacji wstępnej równy wartości zadanej (czyli 50%), a po podaniu „1” logicznej na wybrane wejście binarne należy do tego sygnału dodać np. 20%. Podanie skoku należy uruchomić podaniem „1” na wejście binarne nr 1. Jest ono uruchamiane włącznikiem na panelu. **UWAGA:** Zarówno podawanie sygnału polaryzacji wstępnej, jak i zakłócenia na wejście regulatora należy zrealizować w sposób **programowy**, (np. poprzez podanie wartości z odpowiedniej komórki pamięci, w której jest zapisana dana wartość), a nie z wejścia analogowego.
- Do realizacji sterowania ręcznego należy wykorzystać wejścia binarne „2” i „3”: wejściem binarnym „2” należy przełączać tryby pracy ręczny/automatyczny, a wejście binarne „3” należy zastosować do zwiększania/zmniejszania poziomu sygnału sterowania ręcznego (wykorzystać do tego dwa typy styków: normalnie otwarty i normalnie zamknięty)
- Należy pamiętać o przypisaniu do bloku regulatora bloku danych do zapisu danych roboczych algorytmu. W przypadku rozważanego sterownika jest to realizowane poprzez podanie jako parametru **pierwszego adresu** tego bloku danych. Regulator wykorzystuje wtedy **kolejne 40** słów. **UWAGA:** należy o tym pamiętać i nie wolno tych słów wykorzystywać do innych celów!
- Wyjście regulatora należy **bezpośrednio** podać na wyjście analogowe sterownika, do którego podłączony jest woltomierz.
- Po skonfigurowaniu programu należy załadować go do sterownika (opcja **store to PLC**). **UWAGA:** Zapis programu jest możliwy tylko wtedy, gdy sterownik jest w stanie **STOP!** W razie, gdy jest w stanie pracy (RUN), należy go zatrzymać! Okno dialogowe do załadunku programu na sterownik jest pokazane na rys. 3.7:



Rys. 3.7. Okno dialogowe do zapisu programu do PLC

- Po załadowaniu programu należy zdefiniować nastawy i parametry regulatora. Należy to zrobić z wykorzystaniem okna dialogowego **Tuning Parameters** dostępnego po zaznaczeniu myszą bloku regulatora i otwarciu opcji **PLC** w głównym menu programu. Zdefiniowane parametry zapisuje się do sterownika przyciskiem **Update PLC**. Okno dialogowe **Tuning Parameters** jest pokazane na rys. 3.8:



Rys. 3.8. Okno dialogowe do strojenia regulatora.

3. Zaobserwować przebiegi odpowiedzi skokowej regulatora (na bargrafach okna dialogowego **Tuning Parameters**) dla następujących wartości nastaw i parametrów regulatora:

wzmocnienie k	czas całkowania ilość powtórzeń [s]	czas różniczkowania [s]	okres próbkiowania [s]	minimalny czas zmiany wyjścia z 0% na 100% [s]
1	1	0	0.0	0
1	2	1	0.5	1
2	5	2	1	10
2	10	5	5	50

Tabela 3.1. Przykładowe nastawy regulatora

4. Przełączyć regulator na pracę ręczną, wykonać sterowanie ręczne i zaobserwować przebiegi sterowania, podać też na wyjście sygnał sterowania ręcznego wpisany w oknie dialogowym.

Sprawozdanie.

Sprawozdanie powinno zawierać: uproszczony schemat stanowiska laboratoryjnego, schemat drabinkowy użyty do realizacji ćwiczenia oraz wnioski n/t charakterystycznych cech realizacji algorytmu PID na sterowniku GE FANUC VERSAMAX MICRO.

Zakres wymaganych wiadomości.

Języki: drabinkowy (LD) do programowania sterowników PLC. Zasady tworzenia schematów drabinkowych. Interpretacja programu w języku LD. Typy danych i typy zmiennych w systemach PLC. Podstawowe elementy schematów drabinkowych: styki, cewki, szyny prądowe i ich interpretacja. Elementy organizacyjne oprogramowania: funkcje, bloki funkcyjne i podprogramy w sterownikach GE FANUC. Przykłady funkcji bloków funkcyjnych.

System PLC GE FANUC: Zasady adresacji równych typów danych w systemie GE FANUC. Przykłady funkcji i bloków funkcyjnych dostępne w sterownikach GE FANUC VERSAMAX MICRO. Sposób definiowania bloków funkcyjnych w sterownikach GE FANUC. Bity statusowe sterownika GE FANUC i ich interpretacja. Algorytmy regulacyjne PID ISA i PID IND i sposób ich realizacji na sterownikach GE FANUC. Algorytmy PID: pozycyjny i przyrostowy. Parametry bloku funkcyjnego PID i ich wpływ na pracę algorytmu.

Ćwiczenie 4. Badanie charakterystyk skokowych regulatora PID.

Cel ćwiczenia.

Zapoznanie się z charakterystykami skokowymi regulatora: P, PI, PD oraz PID z wyjściem ciągłym i dwupołożeniowym oraz zapoznanie się z elementami programowania regulatora EFTRONIK X.



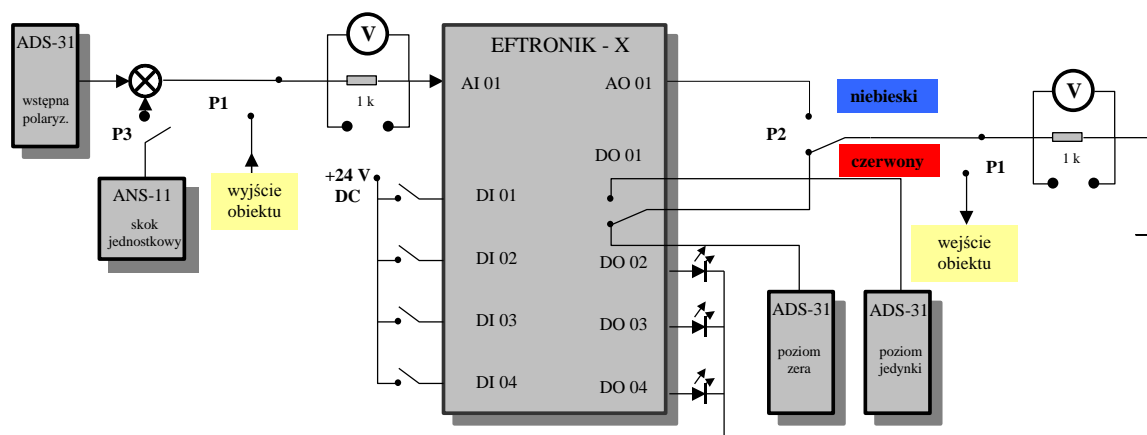
Fot.4.1. Regulator EFTRONIK X wbudowany w szafę

Opis aparatury.

DTR regulatora EFTRONIK X.

Opis stanowiska laboratoryjnego.

Uproszczony schemat połączeń elektrycznych stanowiska do badań regulatora PID jest pokazany na rys. 4.1.



Rys. 4.1. Uproszczony schemat połączeń elektrycznych stanowiska do badania charakterystyk regulatora PID.

Ma ono postać szafy z wbudowanym w górnej części regulatorem (1), wskaźnikami poziomu sygnałów: wejściowego (2) i wyjściowego (3) z regulatora oraz wskaźnikami stanu wejść/wyjść binarnych (4), (5) i przełącznikami służącymi do zadania sygnału "1" lub "0" na wejścia binarne (6). Poniżej wskaźników (2) i (3) znajdują się gniazda do pomiaru sygnału wejściowego (15) oraz sygnału wyjściowego (16). Ponadto w górnej części płyty czołowej znajduje się włącznik sieciowy (7) oraz poniżej regulatora przełączniki: P1 regulator/układ regulacji czarny (8) oraz wyjście ciągłe/dwupołożeniowe P2 (9) niebieski – wyjście ciągłe, czerwony – wyjście dwupołożeniowe.

Poniżej regulatora znajduje się szuflada zawierająca źródła prądowe 0 – 5 [mA]: stacyjki ADS-31 oraz zadajnik stałowartościowy ANS-11. Przeznaczenie stacyjek jest następujące:

- stacyjka (11) – służy do wstępnej polaryzacji wejścia regulatora; sygnał z tej stacyjki ma być równy 50%
- zadajnik (12) – służy do podania sygnału skoku jednostkowego na wejście regulatora. Podanie skoku odbywa się poprzez wciśnięcie przycisku P3, a zdjęcie skoku odbywa się poprzez jego zwolnienie. Sygnał z zadajnika ma być równy 20%.
- stacyjka (14) – jest zadajnikiem sygnału „zero” przy pracy II położeniowej. Sygnał z tej stacyjki ma być równy 20%.
- stacyjka (15) – jest zadajnikiem sygnału „jeden” przy pracy II położeniowej. Sygnał z tej stacyjki ma być równy 70%.

Do ustawiania poziomu sygnałów ze stacyjek służy wskaźnik (2) przełączany zespołem włączników P4 (poza schematem). Po wciśnięciu (10.1) przyrząd (2) może być przyłączony do każdej ze stacyjek po dodatkowym wciśnięciu i przytrzymaniu odpowiednich przycisków:

- przycisk (10.2) – przyłącza zadajnik (12)
- przycisk (10.3) – przyłącza stacyjkę (11)
- przycisk (10.4) – przyłącza stacyjkę (13)
- przycisk (10.5) – przyłącza stacyjkę (14).

Poziom sygnału prądowego stacyjek i zadajnika ustawia się pokrętkiem X₀.

Do gniazd sygnału wyjściowego (16) jest podłączony rejestrator.

Wykonanie ćwiczenia.

1. Uruchomienie stanowiska i zapoznanie się z działaniem jego elementów.
2. Przygotowanie stanowiska do wykonania ćwiczenia. Należy ustawić wartość zadaną w regulatorze na 50 % zakresu. Następnie należy tak ustawić poziom sygnału wstępnej polaryzacji ze stacyjki (11), aby otrzymać sygnał uchybu regulacji równy 0. Ustawić poziom sygnału skoku jednostkowego z zadajnika (12) na 20%.
3. Charakterystyki skokowe regulatora PID z wyjściem ciągłym. Ustawić regulator na pracę z wyjściem ciągłym: niebieski przycisk (9) wciśnięty, pod adresem: 4107 ma być 0000. Przejść na pracę ręczną i ustawić sygnał wyjściowy regulatora na 0 %. Wrócić do trybu pracy automatycznej i po podaniu sygnału skoku przez wciśnięcie przycisku (P3) zarejestrować przebieg odpowiedzi skokowej. Po zarejestrowaniu odpowiedzi zdjąć skok i ponownie ściągnąć sygnał wyjściowy do poziomu 0 w trybie pracy ręcznej. Zbadać

charakterystyki regulatora dla następujących nastaw: $k = 0.5, 1.0, 2.0$ (adres: 4113) $T_i = 0, 10, 20, 50$ [s] (UWAGA: dla $T_i=0$ całkowanie jest wyłączone) , (adres 4115) , $T_d = 0, 1, 5, 10, 20$ [s] (adres 4117).

4. Charakterystyki regulatora z wyjściem dwupołożeniowym. Ustawić regulator na pracę z wyjściem dwupołożeniowym: czerwony przycisk (9) wciśnięty, pod adresem 4107 ma być 0001. Ustawianie okresu impulsowania: adres 4128. W trybie pracy ręcznej zarejestrować przebiegi sygnału wyjściowego regulatora dla sterowania na poziomie: 20 , 40 , 60 ,80 % zakresu oraz okresu impulsowania: 1 , 5 , 10 [s]. Następnie w trybie pracy automatycznej zarejestrować odpowiedzi skokowe dla okresów impulsowania: 1 , 5 , 10 [s] oraz nastaw regulatora jak w punkcie dot. pracy ciągłej.

Zakres wymaganych wiadomości.

Regulator PID – transmitancja regulatora idealnego i rzeczywistego, charakterystyki skokowe dla różnych nastaw, sposób realizacji algorytmu PID w EFTRONIK-u X, wyjście ciągłe i dwupołożeniowe, działanie przełączne regulatora. Cyfrowy algorytm PID w wersji pozycyjnej i przyrostowej, zalety i wady tych algorytmów. Przełączanie trybów pracy EFTRONIK-a, obsługa panelu operatorskiego.

Sprawozdanie.

Sprawozdanie powinno zawierać: schemat realizacji algorytmu PID w regulatorze EFTRONIK-X, zarejestrowane w trakcie ćwiczenia przebiegi odpowiedzi skokowych oraz sygnału sterującego regulatora dla pracy ciągłej i dwupołożeniowej. Każdy z przebiegów ma być uzupełniony poprzez dorysowanie układu współrzędnych z naniesioną skalą oraz opis parametrów regulatora, dla których został zarejestrowany (nastawy, okres impulsowania, wartość skoku na wejściu). Na wykresach należy też zaznaczyć możliwe do odczytania parametry regulatora (np. wzmocnienie, czas całkowania, okres impulsowania, poziom sygnału sterującego)

Ćwiczenie 5. Dobór nastaw regulatorów przemysłowych.

Cel ćwiczenia.

Zapoznanie się z niektórymi metodami strojenia i samostrojenia regulatorów przemysłowych na podstawie metod: Zieglera-Nicholsa, Astroma-Hagglunda, Takahashi'ego. Zapoznanie się z praktyczną realizacją procedury samostrojenia w seryjnie produkowanym regulatorze.



Fot. 5.1 Stanowisko z regulatorem EFTRONIK XS

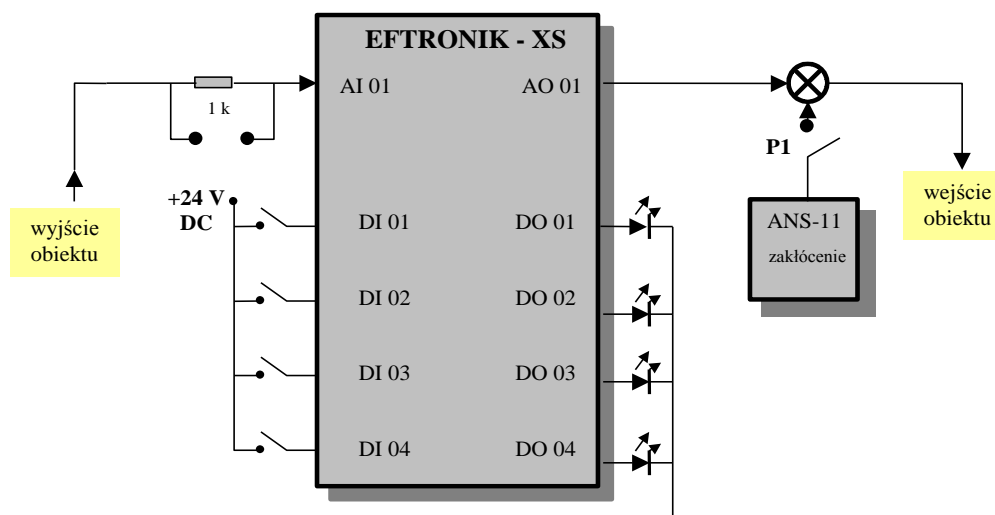
Opis aparatury.

DTR regulatora EFTRONIK XS.

Obiekt regulacji – Dodatek 1 instrukcji.

Opis stanowiska.

Uproszczony schemat połączeń elektrycznych stanowiska jest pokazany na rys. 5.1.



Rys. 5.1. Uproszczony schemat stanowiska z zamkniętym układem regulacji.

Ma ono postać szafy z umieszczonym w jej górnej części regulatorem, wyłącznikiem sieciowym oraz wskaźnikami stanu wejść i wyjść binarnych i przełącznikami służącymi do zadania sygnału "1" lub "0" na wejścia binarne.

W dolnej części szafy jest umieszczony obiekt regulacji typu cieplnego (opis obiektu – zob. Dodatek 1). Na ścianie czołowej obiektu znajduje się zespół przełączników (6) służących do wyboru wyjścia obiektu do badań. Poniżej znajduje się wskaźnik analogowy wyskalowany w % (7) pokazujący sterowanie bezpośrednio podawane na obiekt. Obok wskaźnika znajduje się zadajnik ANS-11 (8), z którego za pośrednictwem przycisku P1 można podawać zakłócenie na wejście obiektu.

Wykonanie ćwiczenia.

1. Uruchomienie stanowiska, sprawdzenie poprawności działania wszystkich elementów.

- wszelkie zgłaszane alarmy należy zlikwidować podając logiczną „1” na 4-te wejście dyskretne regulatora.

Dla jednego z 4 wyjść obiektu dobrać nastawy ręcznie i automatycznie:

2. Ręczny dobór nastaw regulatora metodą Zieglera – Nicholasa.

- Ustawić regulator na pracę proporcjonalną poprzez ustawienie $T_i = 0$ oraz $T_d = 0$.
- Ustawić skalę bargrafu sygnału uchybu na wartość $\pm 10\%$.
- Znaleźć wzmocnienie krytyczne układu zamkniętego na podstawie przebiegów sygnału wyjściowego układu zamkniętego.

Uwaga:

Wzmocnienie krytyczne jest w zakresie od 2.1 do 2.5 . Należy więc początkowo ustawić $P=2.0$, podać na 30 sekund skok zakłócający z zadajnika ANS-11 (czerwony przycisk), oraz zarejestrować odpowiedź układu z prędkością przesuwu rejestratora 50sek/cm. (trzy okresy oscylacji). Po malejącej amplitudzie przebiegu widać będzie iż wzmocnienie jest zbyt małe. W następnym kroku należy zbadać drugie skrajne wzmocnienie czyli $P=2.6$ (parametry rejestracji jak poprzednio). Tym razem amplituda zwiększa się, co oznacza przekroczenie granicy stabilności. I tak w kolejnych iteracjach zmieniając wzmocnienie z krokiem początkowym równym 0.2 (czyli $P= 2.2, 2.4, 2.3 \dots$) należy wyznaczyć K_{kryt} . Obserwując przebieg trzeba również zwrócić uwagę na wartości sterowań wychodzących z regulatora – w przypadku bardzo szybkich zmian od 0 do 100% (faktycznie sterowanie dwupołożeniowe) wystąpią też oscylacje o stałej amplitudzie, ale spowodowane jedynie fizycznymi ograniczeniami sygnału sterującego. Świadczyć to będzie o zbyt dużej wartości wzmocnienia. Podawanie skoku zakłócającego przy kolejnych próbach nie jest wskazane. Przy sprawnym prowadzeniu ćwiczenia zgodnie z instrukcją, oscylacje na wyjściu z obiektu nie powinny wygasnąć. Gdyby jednak do tego doszło należy powtórzyć 30-sto sekundowy skok zakłócający.

- Po osiągnięciu granicy stabilności – oscylacje nietłumione (nie wymaga się tutaj idealnej precyzji) trzeba zarejestrować z prędkością przesuwu 10 sek/cm. w celu dokładnego odczytu ich okresu.
- Na podstawie odnalezionego K_{kryt} i T_{osc} wyznaczyć nastawy regulatora zgodnie z wzorami Zieglera – Nicholasa.
- Wprowadzić obliczone nastawy do pamięci regulatora.
- Zarejestrować na rejestratorze odpowiedź zamkniętego układu regulacji na skok zakłócenia o wartości 30% na wejściu obiektu (prędkość rejestracji 50 sek./cm.). Skok zakłócający podaje się tym razem na stałe – początkowo widoczny wzrost sygnału

wyjściowego z obiektu jest sprowadzany automatycznie do poziomu sprzed podania skoku poprzez odpowiednią zmianę sterowania z regulatora. Pełny obraz zmian daje porównanie sygnału sterowania z regulatora i całkowitego sygnału wejściowego obiektu. Gdy sygnał powróci do pierwotnego poziomu i w miarę się ustabilizuje (pewne minimalne oscylacje będą występowały zawsze) należy wyłączyć skok zakłócający i zarejestrować przebieg tak jak poprzednio. W tym przypadku będzie to też zakłócenie ale o przeciwnej polaryzacji.

3. Automatyczny dobór nastaw regulatora metodą Astroma – Hagglunda.

- Doprowadzić układ do położenia równowagi (np. na nastawach wyznaczonych ręcznie),
- Ustawić parametry procedury samostrojzenia zgodnie z poniższą tabelą:

Adres	Wartość	Opis
4138	0001	Maksymalny czas trwania 3 etapu identyfikacji, określony przez zastępczą stałą czasową obiektu.
4139	0020	Dopuszczalna amplituda wahań sygn. sterującego
4140	0050	Dopuszczalny zakres wahań wielkości mierzonej przed eksperymentem (wartość wpisana dzielona jest przez 10).
4141	0050	Dopuszczalny zakres wahań wielkości mierzonej podczas eksperymentu.
4142	0001	Nastawy wyliczane dla reg. PID
4143	0001	Nastawy wprowadzane automatycznie.

- Uruchomić procedurę samostrojzenia (oczywiście bez podawania skoku zakłócającego). Przebieg sygnału wyjściowego układu rejestrować na rejestratorze(50sek./cm.). Na wykresie zaznaczyć poszczególne etapy procedury.
- Zwrócić uwagę na wartość sterowania pod koniec drugiego etapu i przez cały trzeci etap samostrojzenia.
- Odczytać z regulatora otrzymane wartości nastaw, porównać z nastawami otrzymanymi metodą Zieglera- Nicholsa.
- Odczekać na ustabilizowanie się wyjścia obiektu.
- Przebadać i zarejestrować (50sek./cm) zachowanie układu przy otrzymanych nastawach dla stałego skoku zakłócającego o wartości 30% - analogicznie jak dla nastaw z metody Zieglera – Nicholsa.
- Porównać zachowanie układu przy obu zestawach nastaw.

UWAGA: Zwrócić uwagę na fakt, że wartość współczynnika filtracji sygnału wejściowego ma wpływ na wartości nastaw PID zarówno przy ręcznym , jak i automatycznym doborze nastaw!
(Zastanowić się, dlaczego?)

Zakres wymaganych wiadomości.

Metody doboru nastaw regulatorów przemysłowych: metody cyklu granicznego (metoda Zieglera – Nicholsa , metoda Astroma – Hagglunda), metody oparte o znajomość parametrów odpowiedzi skokowej, wskaźniki jakości regulacji, wpływ filtracji sygnału wejściowego na wartości nastaw w regulatorze EFTRONIK XS, obsługa panelu operatorskiego w regulatorze EFTRONIK XS: funkcje wyświetlaczy i przycisków, parametry i uruchamianie procedury samostrojzenia.

Sprawozdanie.

Sprawozdanie powinno zawierać: uproszczony schemat badanego układu, otrzymane podczas eksperymentów wykresy uzupełnione o opis i układy współrzędnych, tabelki zawierające otrzymane wartości nastaw regulatora dla jednego wybranego wyjścia obiektu oraz obu metod, próbę objaśnienia różnic pomiędzy wartościami nastaw otrzymanymi obiema metodami.

Ćwiczenie 6. Bezpośrednie sterowanie cyfrowe.

Cel ćwiczenia.

Zapoznanie się z przykładem praktycznej realizacji bezpośredniego sterowania cyfrowego z wykorzystaniem komputera z kartą przemysłową PCL 812 oraz rozbudowanego pakietu MATLAB/SIMULINK. Zapoznanie się z podstawowymi cechami dyskretnych układów regulacji oraz możliwościami realizacji specjalnych algorytmów sterowania z użyciem komputera.



Fot. 6.1 Stanowisko do bezpośredniego sterowania cyfrowego

Opis aparatury.

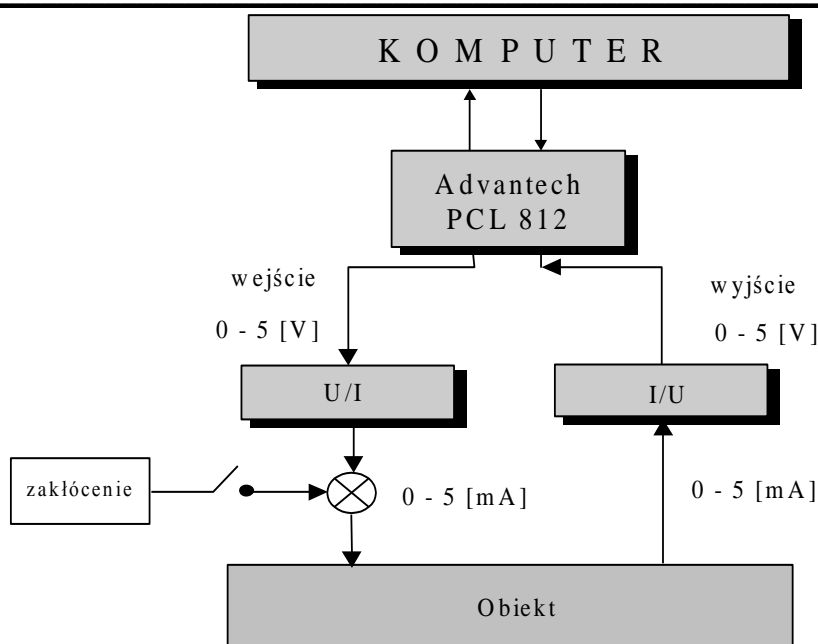
Opis katalogowy karty PLC 812.

Opis obiektu regulacji – zob. Dodatek 1 niniejszej instrukcji.

Dokumentacja – MATLAB/SIMULINK (w razie potrzeby – zakłada się znajomość pakietu MATLAB/SIMULINK przez wykonujących ćwiczenie).

Opis stanowiska laboratoryjnego.

Uproszczony schemat stanowiska jest pokazany na rys. 6.1.



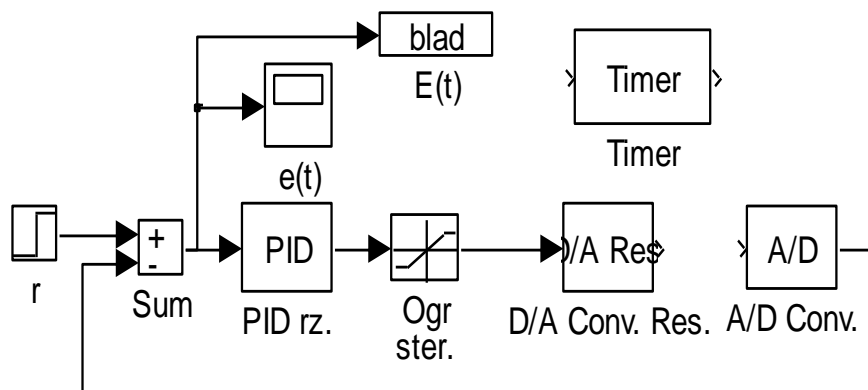
Rys. 6.1. Uproszczony schemat stanowiska do bezpośredniego sterowania cyfrowego.

Składa się ono z trzech zasadniczych części: standardowego komputera klasy PC z kartą przemysłową, obiektu regulacji (2) (obiekt regulacji – zob. Dodatek 1) oraz stacyjki służącej do zadawania zakłócenia na wejście obiektu (3).

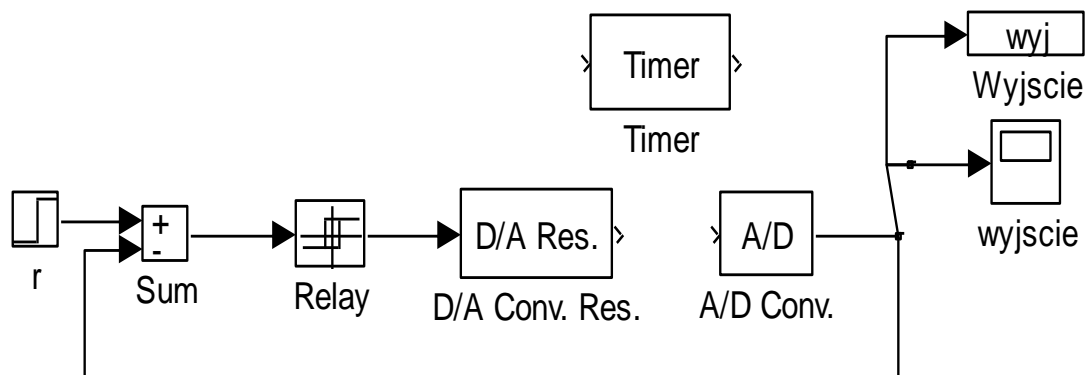
Wykonanie ćwiczenia.

1. Włączyć komputer i zasilanie obiektu, uruchomić pakiet **MATLAB 4.0** wraz z **SIMULINKIEM**. Otworzyć okno dialogowe dla nowego schematu . Wywołać toolbox lib812 zawierający bloczki funkcjonalne do obsługi karty przemysłowej. Funkcje bloczków są następujące:
 - Timer** – blok, w którym definiuje się tzw. bazowy okres próbkowania, musi się on znaleźć w każdym oknie dialogowym do realizacji sterowania, ale nie jest on łączony z innymi blokami.
 - A/D Conv** – blok przetwornika analog – cyfra. Pełni on funkcję wejścia z obiektu na komputer. W polu dialogowym tego bloku należy zdefiniować nr wejścia karty oraz okres próbkowania (musi on być wielokrotnością okresu bazowego – również krotnością równą 1).
 - D/A Conv** – blok przetwornika cyfra – analog. Pełni on funkcję wyjścia z komputera na obiekt. UWAGA: Po zakończeniu działania procedury sterującej zachowuje na wyjściu analogowym ostatnią podaną wartość. W polu dialogowym tego bloku należy zdefiniować nr wyjścia karty oraz okres próbkowania (musi on być wielokrotnością okresu bazowego – również krotnością równą 1).
 - D/A Conv Res** – Te same funkcje i programowanie, co **D/A Conv** , lecz po zakończeniu działania procedury sterującej zeruje wyjście analogowe.
 - Digital input-** odczytuje stan wejść dyskretnych karty,
 - Digital output-** odczytuje stan wyjść dyskretnych karty.

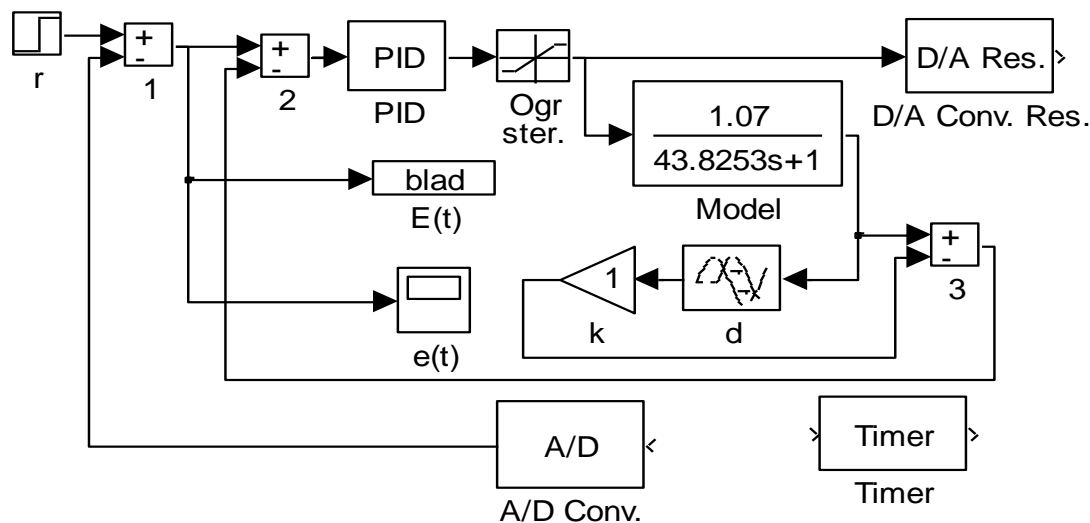
2. Otworzyć nowe okna dialogowe SIMULINK-a i przy wykorzystaniu w/w elementów zbudować układy bezpośredniej regulacji cyfrowej realizujące następujące algorytmy regulacji:
- algorytm PID – zgodnie ze schematem podanym poniżej:



- układ regulacji dwupołożeniowej – zgodnie ze schematem podanym poniżej:



- predyktor Smitha – zgodnie ze schematem podanym poniżej:



3. Ustawić następujące parametry symulacji oraz parametry bloków:
 - metoda symulacji: **Euler**,
 - **final time**: 300 [s]
 - **min step size**: bazowy okres próbkowania 0.1[s],
 - **max step size**: bazowy okres próbkowania 0.1[s],
 - bazowy okres próbkowania w bloku TIMER: 0.1 [s]
 - parametry bloków A/D i D/A: kanał: 1 , okres próbkowania: 0.1 [s]
 - ograniczenie zakresu sygnału podawanego na kartę (blok SATURATION) : wartość dolna: 0 [V], wartość górna: 5 [V].
 - wartość zadana **r** (we wszystkich przypadkach): 2.5 [V]
 - poziomy sygnału przekaźnika II położeniowego: poziom „0” (output when off): 1 [V]
„poziom „1” (output when on): 4.5 [V]
 - długość bufora w bloku wyjścia do przestrzeni roboczej (blok „blad” we wszystkich przypadkach): 5000,
 - nastawy regulatora PID (pamiętać, że należy zdefiniować WSPÓŁCZYNNIKI całkowania i różniczkowania, czyli: k , k/T_i oraz $k \cdot T_d$): $k = 1.5$, $T_i = 45$ [s], $T_d = 10$ [s].
 - opóźnienie zastępcze obiektu (potrzebne przy układzie z predyktorem Smitha): 18 [s]
4. Uruchomić układy bezpośredniego sterowania cyfrowego z zastosowaniem algorytmów regulacyjnych podanych w p. 2. Wyznaczyć odpowiedzi skokowe układu na skok wartości zadanej na wejściu układu.

Sprawozdanie

Sprawozdanie powinno zawierać: uproszczony schemat blokowy układu, diagramy SIMULINK-owe do realizacji sterowania oraz przebiegi odpowiedzi skokowych wyznaczone podczas wykonania ćwiczenia.

Zakres wymaganych wiadomości

Ogólna budowa karty przemysłowej PLC 812. Metody realizacji bezpośredniego sterowania cyfrowego z wykorzystaniem pakietu MATLAB-SIMULINK. Zastosowanie predyktora Smitha do sterowania obiektów z opóźnieniem.

Ćwiczenie 7. Programowanie sterowników PLC – język drabinkowy LD.

Cel ćwiczenia.

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z zasadami programowania sterowników PLC z wykorzystaniem języka schematów drabinkowych LD (ladder diagram) , będącego jednym ze standardowych narzędzi programowania sterowników PLC.



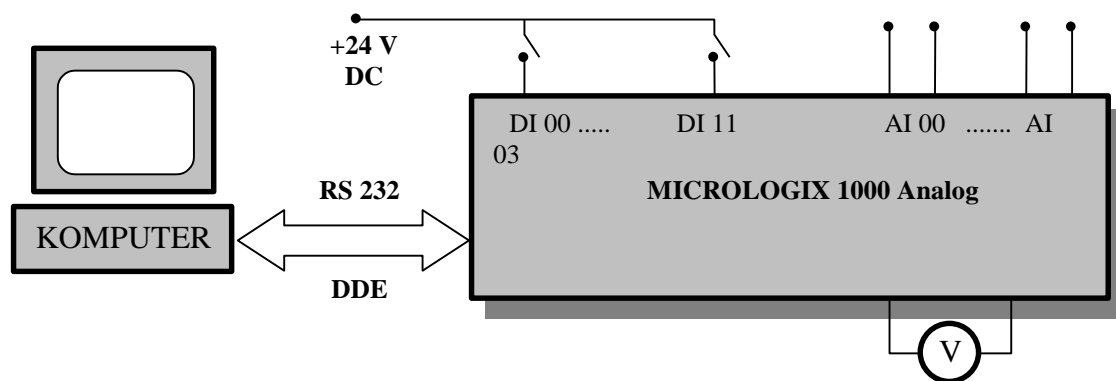
Fot. 7.1 Sterownik Micrologix 1000 Analog z panelem operatorskim

Opis aparatury i oprogramowania.

Skrócony opis sterownika MICROLOGIX 1000 ANALOG, opis pakietu RSLogix 500 Starter, opis języka LD dla sterowników SLC 500 Allen – Bradley.

Opis stanowiska.

Uproszczony schemat połączeń elektrycznych stanowiska pokazany jest na rys. 7.1.



Rys. 7.1. Stanowisko laboratoryjne do programowania sterownika PLC Allen – Bradley.

Składa się ono z dwóch zasadniczych części:

- Regulator z panelem operatorskim i osprzętem dodatkowym zamontowany na wspólnej podstawie. Osprzętem dodatkowym jest zespół przełączników umożliwiających ustawienie "0" lub "1" logicznej na wejściach dyskretnych oraz gniazdo dla wyjść dyskretnych i zespół gniazd dla podłączenia wejść i wyjść analogowych. Na jedno z wejść analogowych

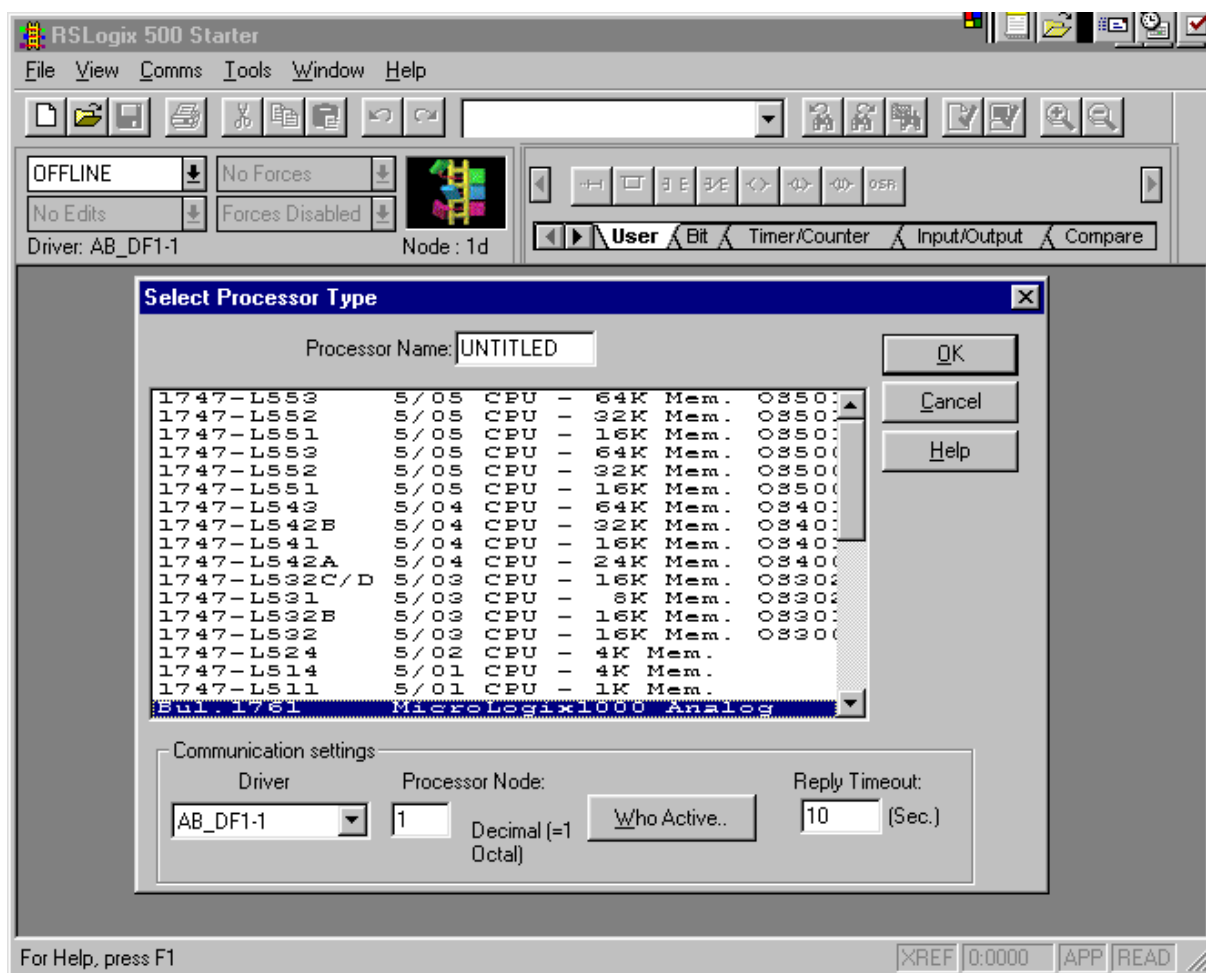
podłączony jest zasilacz z regulowanym napięciem/prądem, a na wyjście analogowe podłączony jest miernik uniwersalny.

- Komputer klasy PC z oprogramowaniem RSLOGIX500 STARTER umożliwiającym programowanie sterownika. Komputer połączony jest ze sterownikiem poprzez łącze szeregowe RS232.

UWAGA: Podczas wykonywania ćwiczenia panel operatorski jest odłączony od sterownika, ponieważ podczas pracy jest połączony ze sterownikiem poprzez łącze RS 232 sterownika – to samo, które służy do komunikacji z komputerem.

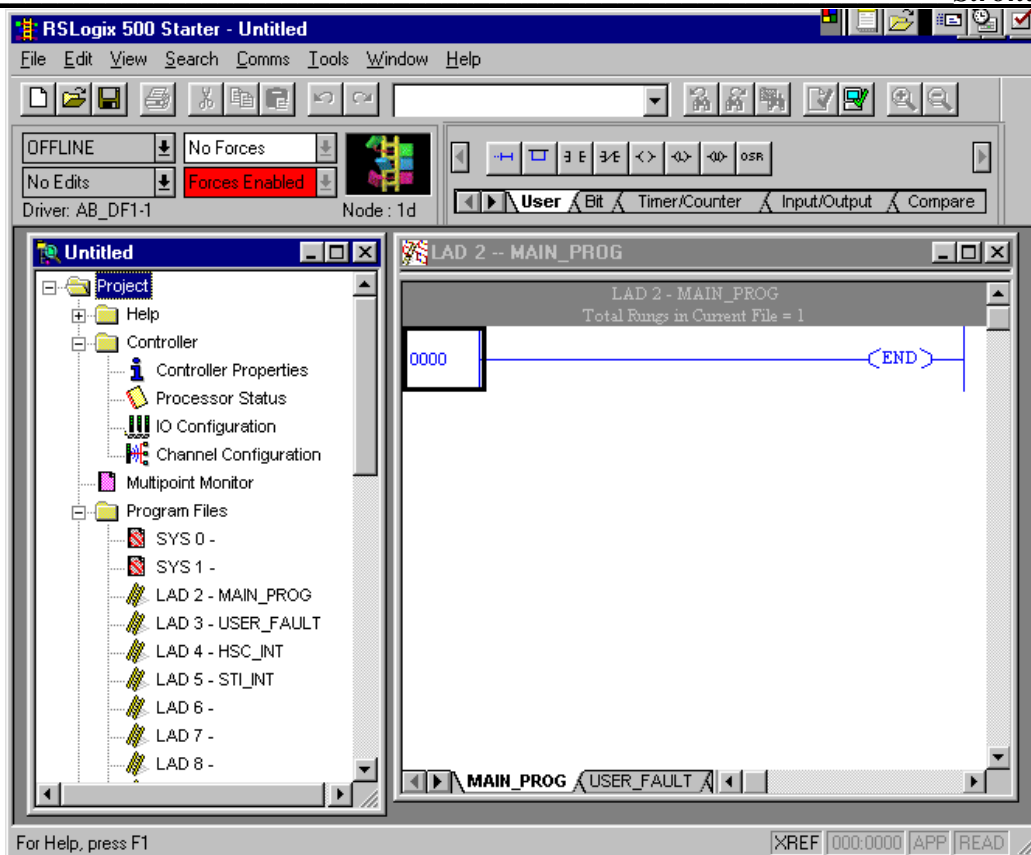
Wykonanie ćwiczenia.

1. Uruchomić oprogramowanie RSLOGIX500 STARTER i otworzyć szablon dla projektu. Jako typ procesora wybrać: MICROLOGIX 1000 ANALOG. Główne okno podczas definiowania typu CPU pokazane jest na rys 7.2:



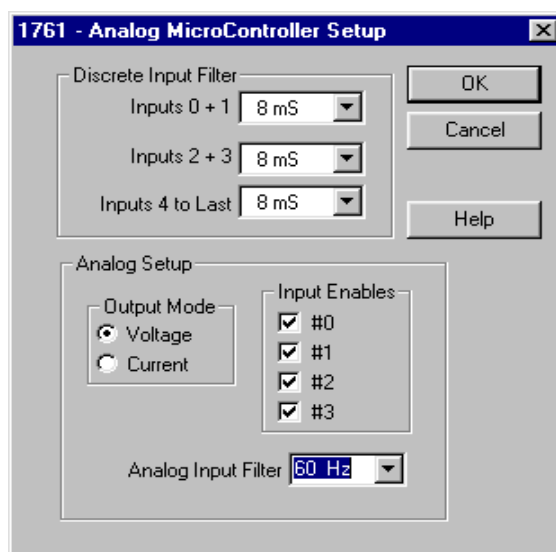
Rys. 7.2. Główne okno programu, wybór typu CPU podczas definiowania nowego projektu.

Po zdefiniowaniu typu CPU otwierany jest nowy projekt, w którym należy zbudować schemat drabinkowy. Wygląd głównego okna programu, gotowego do wprowadzania programu jest pokazany na rys. 7.3:



Rys. 7.3. Główne okno programu wraz z oknem do wprowadzania programu LD.

Przed rozpoczęciem programowania można jeszcze sprawdzić konfigurację wejść i wyjść. Wykonuje się to po wywołaniu polecenia IO Configuration w głównym oknie programu. Podczas konfiguracji można zdefiniować stałą czasową filtracji sygnałów wejściowych (i analogowych, i binarnych) oraz typ analogowego sygnału wyjściowego, a także zdeaktywować (wylączyć) nieużywane wejścia analogowe. Okno do konfiguracji wejść / wyjść jest pokazane na rys. 7.4.



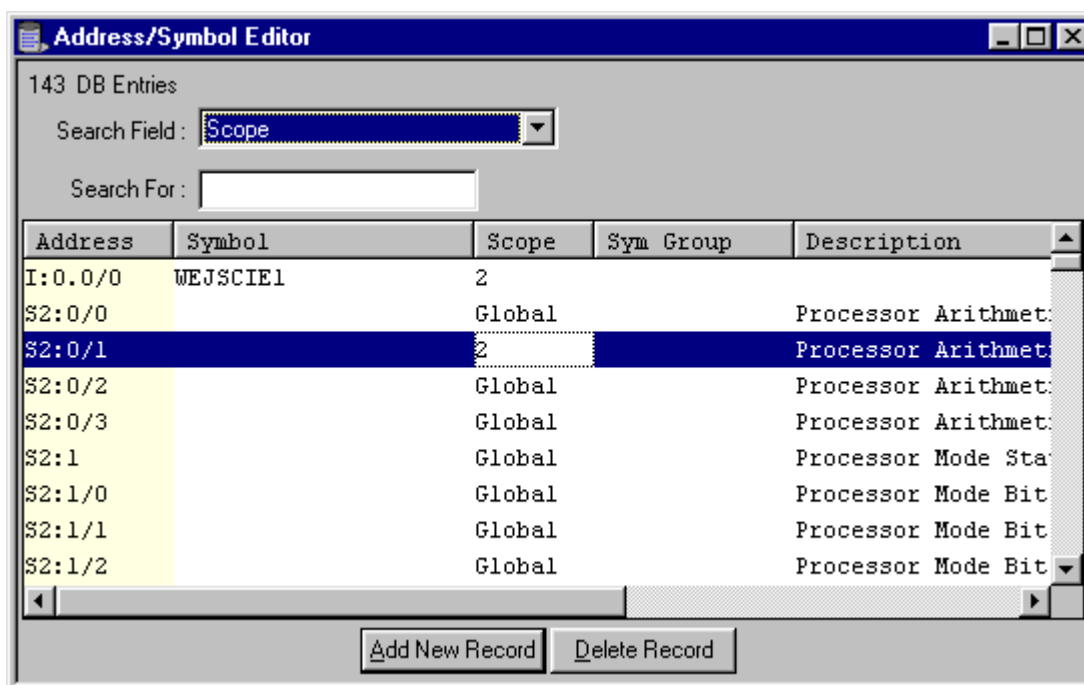
Rys. 7.4 Okno do konfiguracji wejść i wyjść.

Na sterowniku A-B w Laboratorium dostępna jest następująca przestrzeń adresowa:

- wejścia binarne: I1:0.0/n , n = 0 , ... , 11 – nr wejścia binarnego
- wyjścia binarne: O0:0.0/n , n = 0 , ... , 7 – nr wyjścia binarnego,
- wejścia analogowe: I1:0.m , m = 4,5,6,7 – odpowiada to wejściu analogowemu nr:1,2,3,4.
- wyjście analogowe: O0:0.4 (jest tylko 1 wyjście analogowe)

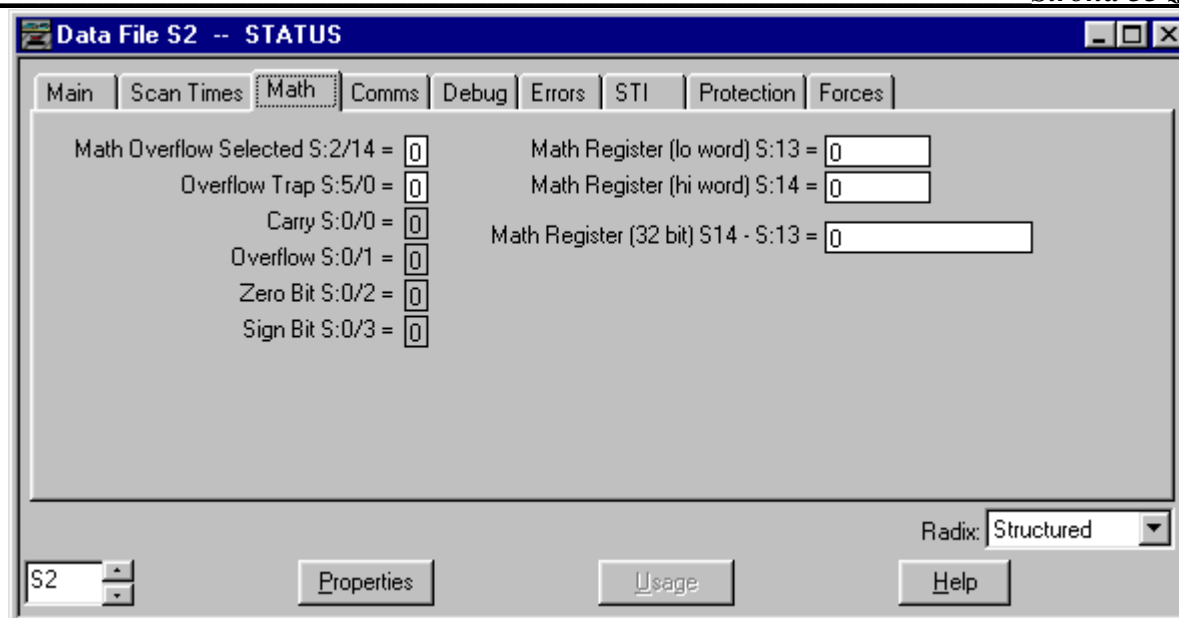
Środowisko programowe RSLOGIX500 umożliwia nadawanie zmiennym atrybutów oraz nazw symbolicznych. Narzędziem do tego celu jest edytor nazw symbolicznych i atrybutów, dostępny w pliku „Adress/Symbol”. Okno do edycji nazw symbolicznych i zmiany atrybutów zmiennych pokazane jest na rys. 7.5. W sterownikach A-B dostępnych w Laboratorium są dostępne dwa atrybuty zmiennych:

- globalna – zmienna o tym atrybucie ma charakter globalny, tj. jest dostępna we wszystkich plikach programu,
- lokalna – zmienna o tym atrybucie jest dostępna tylko w tym pliku, dla którego została zdefiniowana.

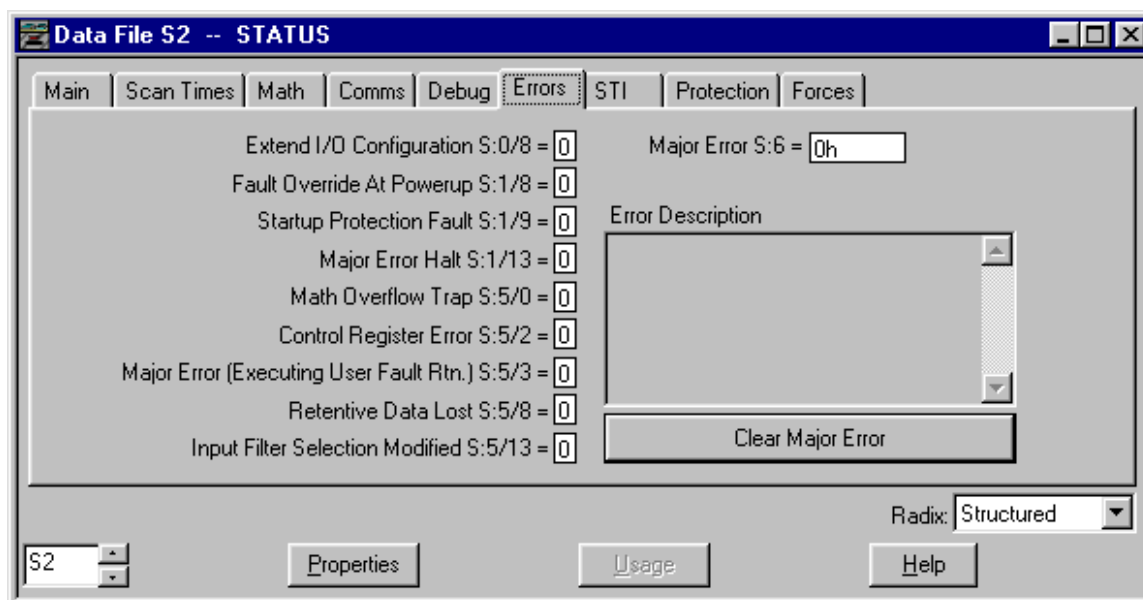


Rys. 7.5. Okno edytora atrybutów i nazw symbolicznych.

Sterowanie wykonaniem i diagnostyka programu są dostępne w pliku statusowym. Po otwarciu tego pliku możliwe jest np. zdefiniowaniu czasu cyklu lub diagnostyka błędów. Okna edytora pliku statusowego otwarte na zakładkach „Math” (informacje o operacjach matematycznych) oraz „Errors” (diagnostyka błędów) są pokazane na rys. 7.6 i 7.7:

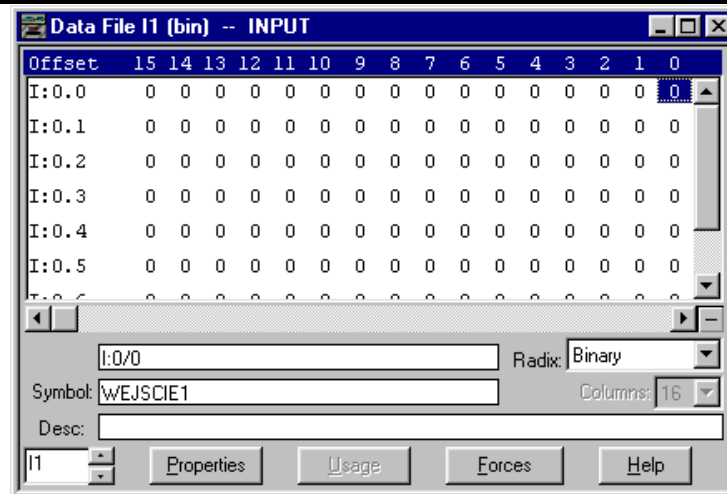


Rys. 7.6. Edytor pliku statusowego, informacje o operacjach arytmetycznych.

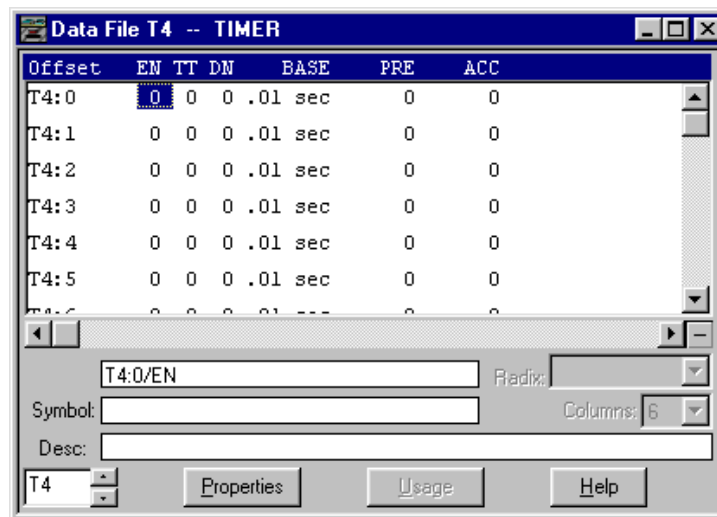


Rys. 7.7. Edytor pliku statusowego, diagnostyka błędów.

Podczas wykonywania programu jest również możliwy dostęp do plików danych programu. Dla przykładu na rys. 7.8 pokazano okno do podglądu pliku wejściowego I1, a na rys 7.9 – okno do podglądu pliku timerów T4:



Rys. 7.8. Okno do podglądu pliku wejściowego I1



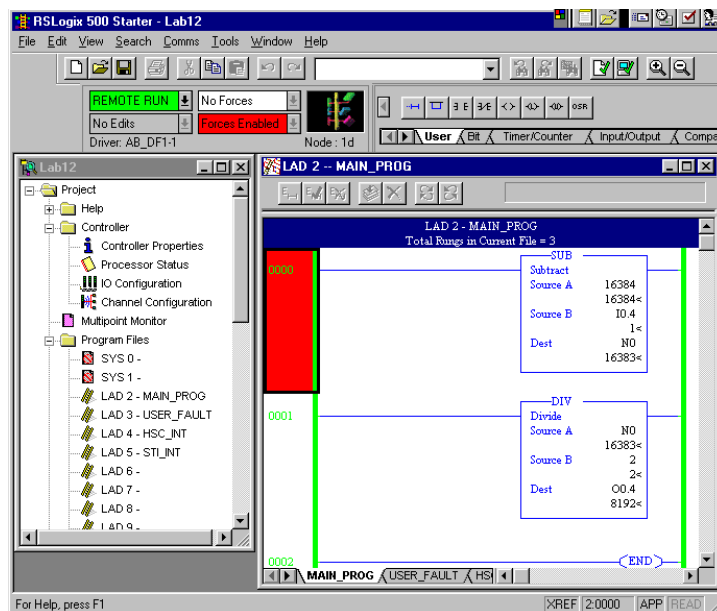
Rys. 7.9. Okno do podglądu pliku timerów.

2. zaprogramować schematy drabinkowe pozwalające na realizację następujących funkcji:
 - funkcja regulatora II położeniowego. Sygnał wejściowy regulatora ma być podany na wejście analogowe AI 01 i porównany z wartościąadaną zapisaną w bloku porównującym, należy ustawić wartośćadaną równą: 5.0 [V], wyjściem ma być wyjście dyskretne DO 01 (zrealizować tę funkcję w jednym obwodzie schematu drabinkowego).
 - funkcja regulatora proporcjonalnego P o wzmocnieniu równym 0.5 i 0.25. Od wartości zadanej należy odjąć wielkość mierzoną podaną na 1 wejście analogowe i zapisać do rejestru N7:0. Wartość zadana ma być zapisana w bloku realizującym odejmowanie. Następnie wartość z rejestru N7:0 podzielić przez: 2 lub 4 i podać na wyjście analogowe.
 - cykliczne załączanie i wyłączanie wyjścia dyskretnego DO 00 zadaną częstotliwością 10 [s] po podaniu sygnału „1” logicznej na wejście dyskretne DI 01. Wykorzystać do tego celu dwa timery TON, funkcje RESET dla tych timerów oraz styki normalnie zamknięte.

Po zbudowaniu należy sprawdzić działanie każdego ze schematów. Schematy należy zapisywać na dysku komputera w katalogu: C:\LABOR.

Łaďadowanie programu do PLC odbywa się następująco: rozwinąć menu **Offline** w głównym menu i wybrać opcję **Download**. Jeźeli program jest napisany poprawnie, to należy następnie potwierdzić ładunek (**Yes**), następnie przejść do trybu Run (**Yes**) oraz uaktywnić tryb Online umoźliwiający monitorowanie pracy sterownika z poziomu oprogramowania RsLogix (**Yes**). W przypadku wystąpienia błędów program nie może być ładowany, należy go wówczas sprawdzić (zwłaszcza adresację). Po poprawieniu należy ładować ponownie.

Do sprawozdania odrysować schematy drabinkowe na kartkę (**nie używać drukarki – jest nieczynna**) . Środowisko programowe RSLOGIX 500 umoźliwia monitorowanie działania programu w trybie on-line. Główne okno programu podczas pracy on-line jest pokazane na rys. 7.10:



Rys. 7.10. Główne okno programu podczas pracy w trybie RUN.

UWAGA: podczas programowania zwrócić uwagę na fakt, że w sterowniku dostępna jest tylko arytmetyka stałoprzecinkowa. Wartości maksymalnej 10 [V] odpowiada liczba całkowita 32767, a minimalnej -10 [V] odpowiada liczba -32766. Podczas wprowadzania wartości zadanej oraz współczynnika wzmocnienia należy dokonać odpowiednich przeliczeń.

Sprawozdanie.

Sprawozdanie powinno zawierać: uproszczony schemat stanowiska laboratoryjnego oraz zbudowane podczas ćwiczenia schematy drabinkowe.

Zakres wymaganych wiadomości.

Elementy języka drabinkowego LD do programowania sterowników logicznych. Zasady tworzenia schematów drabinkowych. Interpretacja programu w języku drabinkowym. Podstawowe elementy schematów drabinkowych i ich zastosowanie: styki, cewki, funkcje i bloki funkcyjne. Przykłady funkcji i bloków funkcyjnych w sterownikach Allen-Bradley. Typy danych i zmiennych stosowane w systemach PLC.

Charakterystyczne cechy języka LD dla sterowników Allen - Bradley. Zasady adresacji danych w sterownikach Allen - Bradley. Plikowa organizacja danych i programów, typy i funkcje poszczególnych plików. Liczniki i timery w sterownikach Allen- Bradley: organizacja i działanie.

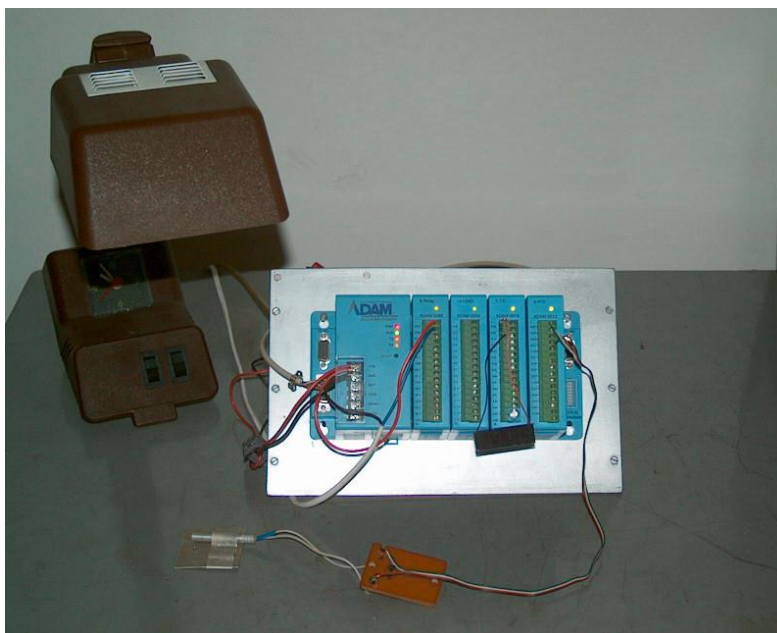
Ćwiczenie 8. Pakiet GENIE do realizacji bezpośredniego sterowania cyfrowego.

Cel ćwiczenia.

Zapoznanie się przykładowym oprogramowaniem pozwalającym na realizację sterowania cyfrowego w oparciu o komputer klasy PC oraz zapoznanie się z przykładem interfejsu procesowego dla komputera klasy PC.

Opis aparatury.

Podręcznik użytkownika GENIE 3.0 (plik GeniDaq.pdf), opisy techniczne modułów DAQ ADAM5000 (odpowiedni katalog na płycie CD-ROM)



Fot. 8.1 Moduły ADAM 5000 z podpiętymi czujnikami i lampą

Opis stanowiska.

Stanowisko laboratoryjne składa się z komputera PC oraz stacji akwizycji danych ADAM5000 wyposażonej w odpowiednie moduły we/wy.

Wykonanie ćwiczenia.

Pierwsza część ćwiczenia ma za zadanie zapoznanie studenta z techniką tworzenia aplikacji w środowisku GENIE. W tym celu należy przed zajęciami samodzielnie (w domu) zrealizować 8 zadań wprowadzających opisanych w podręczniku użytkownika Genie w rozdziale TUTORIAL. Wersja demonstracyjna programu GENIE znajduje się na płycie CD-ROM.

Druga część ćwiczenia polega na zbudowaniu prostej aplikacji – zaawansowanego wyłącznika zmiernicowego. Aplikacja powinna realizować następujące funkcje:

- pomiar i wyświetlanie na ekranie aktualnego poziomu oświetlenia (spodziewany zakres napięciowy sygnału 0 – 10 mV)

- włączenie lampy na pewien zadany czas, gdy poziom oświetlenia spadnie poniżej wartości progowej
- wizualizacja czasowego przebiegu aktualnego oświetlenia i zadanego progu zadziałania
- możliwość niezależnego od czujnika stałego włączenia lampy (przycisk)
- możliwość zablokowania automatu włączającego lampę (przycisk)
- pomiar temperatury otoczenia z termometru PT-100

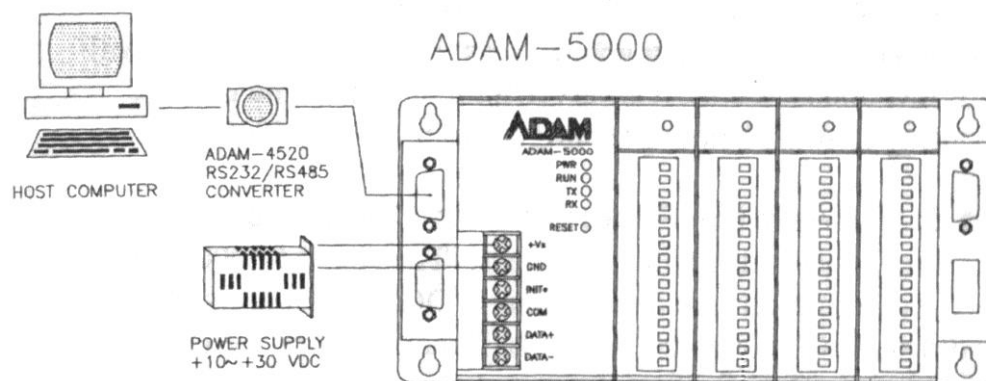
Wszelkie parametry kontrolne zadawane mają być z poziomu panelu operatorskiego za pomocą odpowiednich elementów:

- czas włączenia lampy ustawiany za pomocą cyfrowego pola sterowania (Numeric Control Display Item) – wartość początkowa 5sek., skok 1sek., maksymalnie 50 sek.
- wartość progowa ustalana za pomocą suwaka (Slider Control Display Item)

Działanie strategii powinno być następujące: jeśli oświetlenie spadnie poniżej ustawionego progu, lampa zapala się na określony czas. Jeśli podczas świecenia lampy poziom oświetlenia wzrośnie powyżej zadanego progu – lampa ma zgasnąć. Przy wciśniętym przycisku blokady automatu spadek oświetlenia poniżej progu nie włącza lampy. Niezależny włącznik lampy ma najwyższy priorytet i niezależnie od poziomu oświetlenia może włączyć lampę.

Uwaga: Należy tak ustawić lampę, aby nie oświetlała czujnika – generowałoby to ciągle oscylacje w układzie.

Typowy schemat połączeń sprzętowych dla ADAM'ów 5000 przedstawia poniższy rysunek



Rys. 8.1 Podłączenie modułu ADAM5000 do komputera PC

W naszym przypadku korzystamy tylko z jednej stacji bazowej ADAM 5000 co pozwala na bezpośrednie podłączenie do komputera poprzez złącze RS232. Od strony funkcjonalnej nie zmienia to niczego – wszelkie ustawienia dla magistrali RS485 zachowują swoją ważność.

Stacja bazowa ADAM 5000 posiada w sieci RS485 adres 02h i wyposażona jest w następujące moduły kontrolno pomiarowe:

- ADAM5060 – dyskretne wyjścia przekaźnikowe (gniazdo 0)
- ADAM5018 - wejścia analogowe (gniazdo 1)
- ADAM5013 – wejścia termometru oporowego Pt100 (gniazdo 3)

Lampa zasilana z sieci 220V została podłączona poprzez zewnętrzny (zabezpieczający) przełącznik do wyjścia 0 modułu ADAM5060. Uaktywnienie tego wyjścia powoduje włączenie lampy.

Czujnik oświetlenia to małe fotoogniwo. Prąd zwarcia fotoogniwa jest proporcjonalny do oświetlenia. Napięcie proporcjonalne do prądu zwarcia podawane jest na wejście 0 modułu ADAM 5018.

Do zerowego kanału modułu ADAM 5013 podpięto termometr oporowy PT100. Służy on do pomiaru temperatury otoczenia, a umieszczony w polu światła lampy doskonale pokazuje jak dużo ciepła ona dostarcza.

Jako rozszerzenie (nieobowiązkowe) podstawowego zakresu ćwiczenia proponuje się realizację dwupołożeniowego układu stabilizacji temperatury – lampa to grzejnik a termometr to obiekt z czujnikiem.

Interesujące mogą być próby bezpośredniej komunikacji z ADAM'em za pomocą znaków ASCII. Proponuje się tutaj wykorzystanie w Genie bloku RS232 i odczytanie temperatury z wewnętrznego termometru w module ADAM5018. Wszelkie informacje i kody rozkazów znajdują się w dokumentacji technicznej modułów.

Zakres wymaganych wiadomości.

Zasady tworzenia aplikacji w środowisku Genie 3.0, budowa, działanie i sposoby programowania modułów zdalnej akwizycji danych i sterowania (szczególnie ADAM5000, ADAM5060, ADAM5017, ADAM5018), zasady budowania rozproszonych systemów sterowania w oparciu o magistralę RS485.

Sprawozdanie.

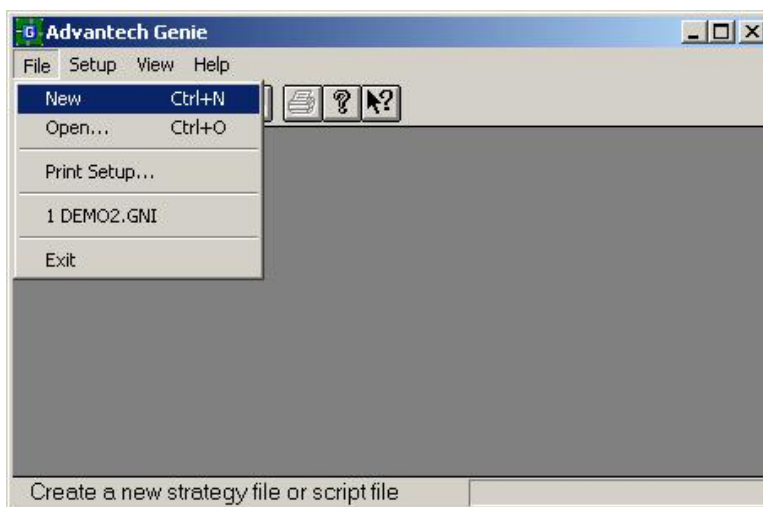
Sprawozdanie powinno zawierać krótki opis pakietu Genie 3.0, jego zalety i wady. Szczegółowo należy opisać przebieg drugiej części ćwiczenia (budowa prostej aplikacji) umieszczając odpowiednie rysunki obszaru roboczego i panelu operatorskiego.

Materiały pomocnicze do ćwiczenia 8.

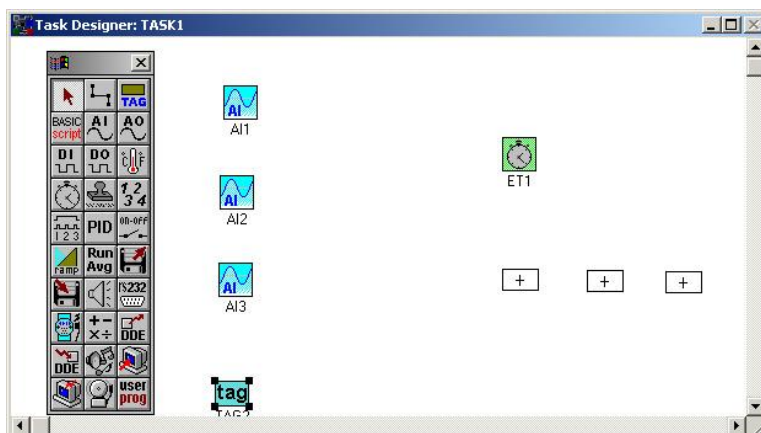
Aby przedstawić pewne zagadnienia związane z realizacją ćwiczenia zostanie zaprezentowana realizacja „krok po kroku” przykładowej strategii w środowisku Advantech Genie. Zadania realizowanej aplikacji są następujące:

- budowa stopera odliczającego „w dół” zadany czas
- sygnalizacja włączenia odliczania
- prezentacja ilości sekund pozostałych do wyłączenia stopera
- wizualizacja trzech, odpowiednio przeskalowanych przebiegów z wejść analogowych
- sterowanie przebiegiem strategii (wstrzymanie/wznowienie)
- przełączanie pomiędzy kilkoma panelami operatorskimi

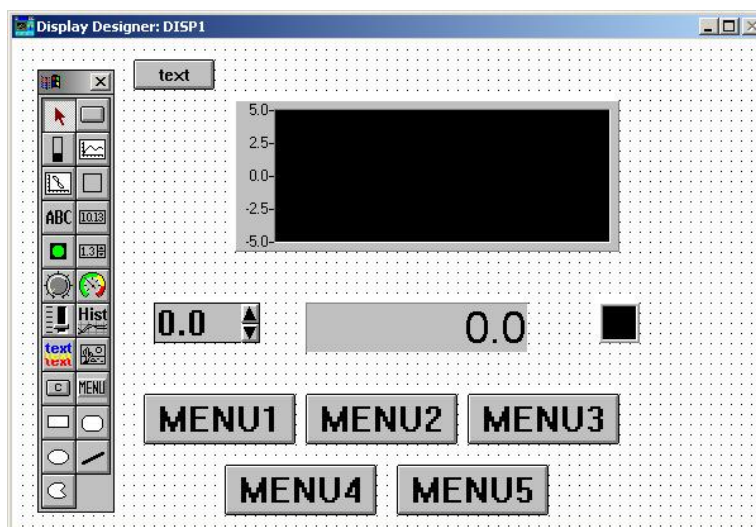
Zaczynamy od uruchomienia programu Genie i stworzenia nowej strategii (File->New).



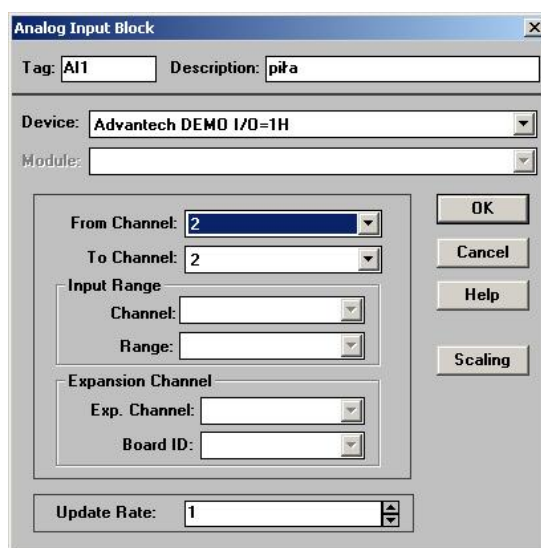
W obszarze TASK DESIGNER'a umieszczamy kolejno wszelkie potrzebne nam ikony: wejść analogowych AI, zegarka, TAG'ów i operacji matematycznych SOC. Umieszczenie odpowiedniej ikony polega na kliknięciu jej symbolu w obszarze TOOLBOX'a, a następnie wskazaniu jej położenia w obszarze TASK'a (kursor ma wtedy postać krzyża) i ponownym kliknięciu.



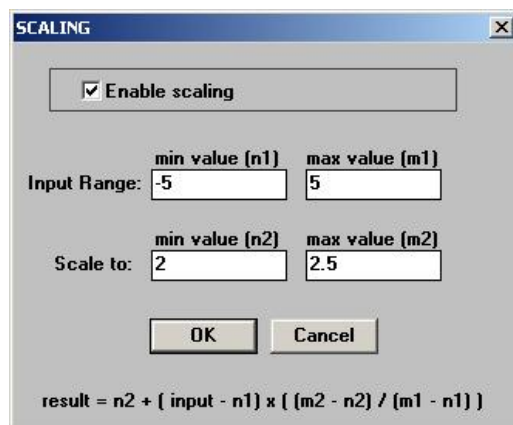
Teraz pora zająć się panelem operatorskim. Umieszczamy na nim przycisk do uruchamiania stopera (Conditional Button), Trend Graph do czasowej wizualizacji przebiegów, Numeric Control – zadajnik czasu stopera, Numeric/String Display – będzie pokazywał pozostałą ilość sekund, Indicator – wskaże włączenie stopera oraz kilka przycisków MENU dla sterowania przebiegiem strategii. Zalecane jest aby na każdym etapie tworzenia strategii korzystać z informacji pomocniczych (HELP'ów) dotyczących używanych elementów.



Jako sygnały analogowe wykorzystamy przebiegi demonstracyjne z urządzenia Advantech DEMO I/O. Jest ono przypisane do adresu 1H i posiada trzy kanały: 0 – sinus, 1 – prostokąt, 2- piła. Wszystkie przebiegi mają amplitudę od -5 do 5. Dwukrotne kliknięcie ikony AI pozwala na dostęp do pól konfiguracyjnych. Poszczególnym wejściom analogowym przypisujemy odpowiedni kanał urządzenia. Warto też w polu Description wpisać nazwę sygnału – ułatwia to później szybką orientację w strategii.



Aby poznać w pełni możliwości konfiguracyjne wejść analogowych zajmiemy się skalowaniem przebiegów. Docelowo mają one mieć następujące zakresy: sinus – od 0 do 1, prostokąt – od 2 do 2.5 a piła od 3 do 5. W tym celu na ikonie odpowiedniego wejścia analogowego naciskamy klawisz Scaling.

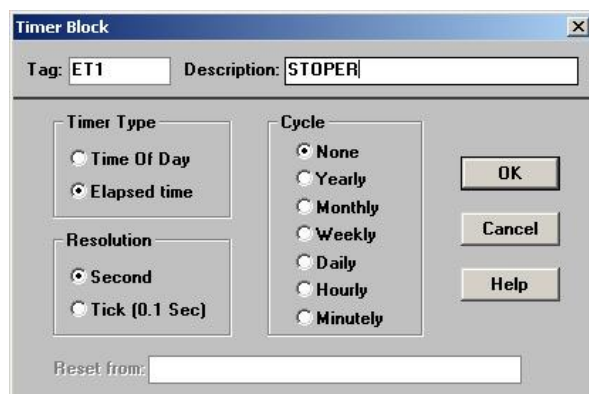


The SCALING dialog box contains the following elements:

- ☒ Enable scaling
- Input Range: min value (n1) = -5, max value (m1) = 5
- Scale to: min value (n2) = 2, max value (m2) = 2.5
- Buttons: OK, Cancel
- Formula:
$$\text{result} = n2 + (\text{input} - n1) \times ((m2 - n2) / (m1 - n1))$$

W menu SCALING zaznaczamy pole Enable scaling i wypełniamy odpowiednimi wartościami pozostałe pola. Rysunek prezentuje skalowanie przebiegu prostokątnego. Wartości wejściowe to -5/5 a wyjściowe 2/2.5. Zatwierdzenie wprowadzonych wartości następuje poprzez naciśnięcie przycisku OK. Powtórne wciśnięcie tego przycisku w menu konfiguracyjnym kończy konfigurację danego wejścia analogowego.

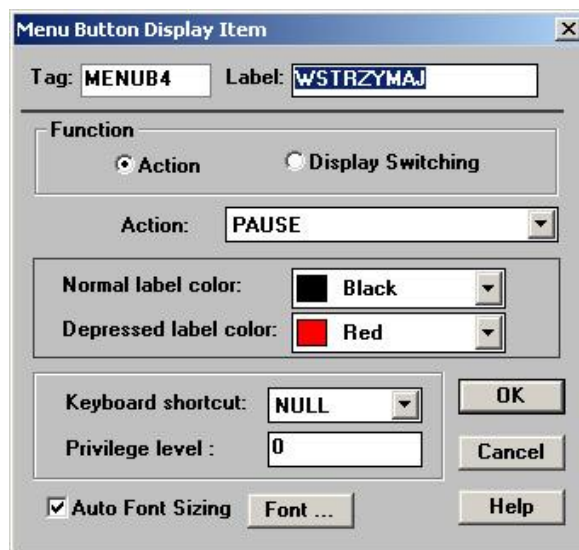
W następnej kolejności trzeba skonfigurować zegarek. Nazwijmy go (Description) STOPER, każdy zliczać czas upływający (Timer Type – Elapsed time) wyrażany w sekundach (Resolution – Second) i wyłączmy zapętlenie (Cycle – None).



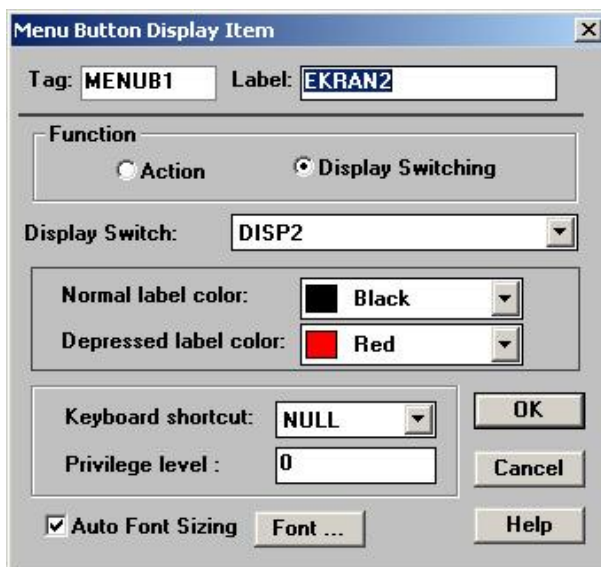
The Timer Block dialog box contains the following elements:

- Tag: ET1, Description: STOPER
- Timer Type: ☐ Time Of Day, ☒ Elapsed time
- Resolution: ☒ Second, ☐ Tick (0.1 Sec)
- Cycle: ☒ None, ☐ Yearly, ☐ Monthly, ☐ Weekly, ☐ Daily, ☐ Hourly, ☐ Minutely
- Buttons: OK, Cancel, Help
- Reset from: [empty text box]

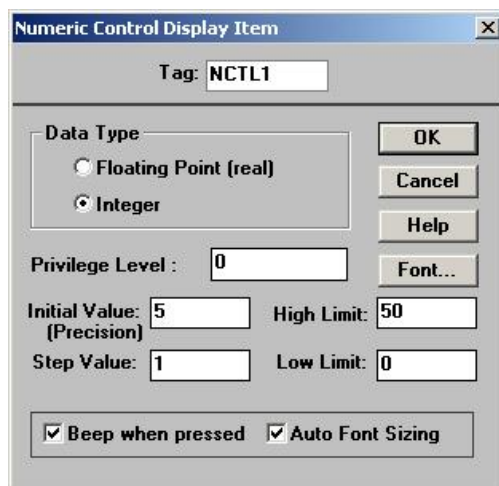
Teraz warto wrócić go Display'a i ponazywać na nim wszelkie przyciski. Zaczynamy od przycisków MENU. Trzy z nich będą odpowiednio wstrzymywały, wznawiały i kończyły działanie strategii. Opisujemy je więc właściwymi nazwami i przypisujemy prawidłową akcję. Może wystąpić konieczność zwiększenia wymiarów klawiszy aby ich nazwy były w pełni widoczne.



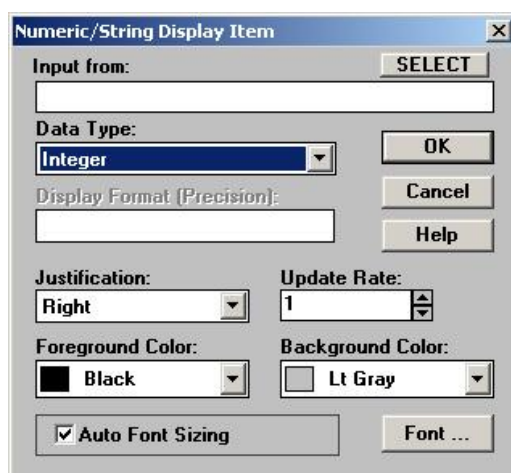
Pozostałe dwa klawisze MENU będą służyły do przełączania ekranów. Aby było to możliwe należy zdefiniować dodatkowe Display'e. Robimy to poprzez menu robocze FILE → ADD/DELETE → ADD DISPLAY. Dwukrotne powtórzenie tej operacji powinno zaowocować zaistnieniem w strategii trzech ekranów: DISP1, DISP2 i DISP3. Teraz można już przypisać odpowiednim przyciskom przełączanie na właściwy ekran.



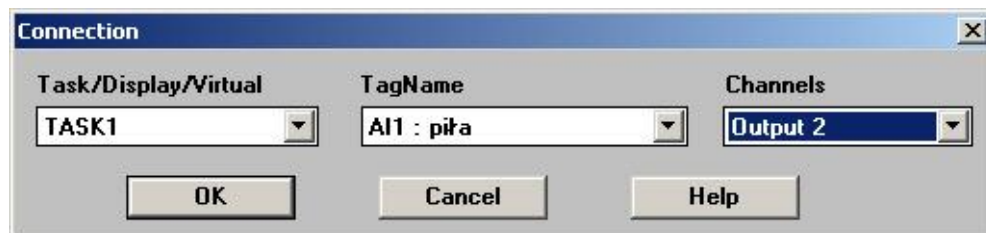
Przy przycisku Conditional Button ograniczymy się na razie do nadania mu nazwy START. Numeric Control – zadajnik czasu działania stopera ustawmy następująco: liczby całkowite (Integer), zakres zmian od 0 do 50, krok 1, wartość początkowa 5.

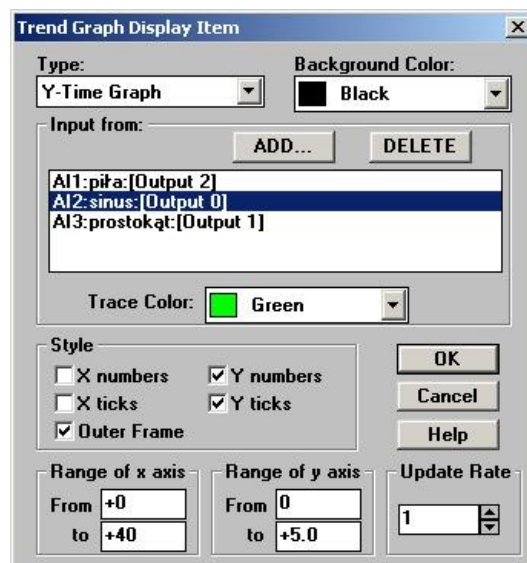


Pole wyświetlacza cyfrowego (Numeric/String Display) należy przestawić na liczby całkowite.

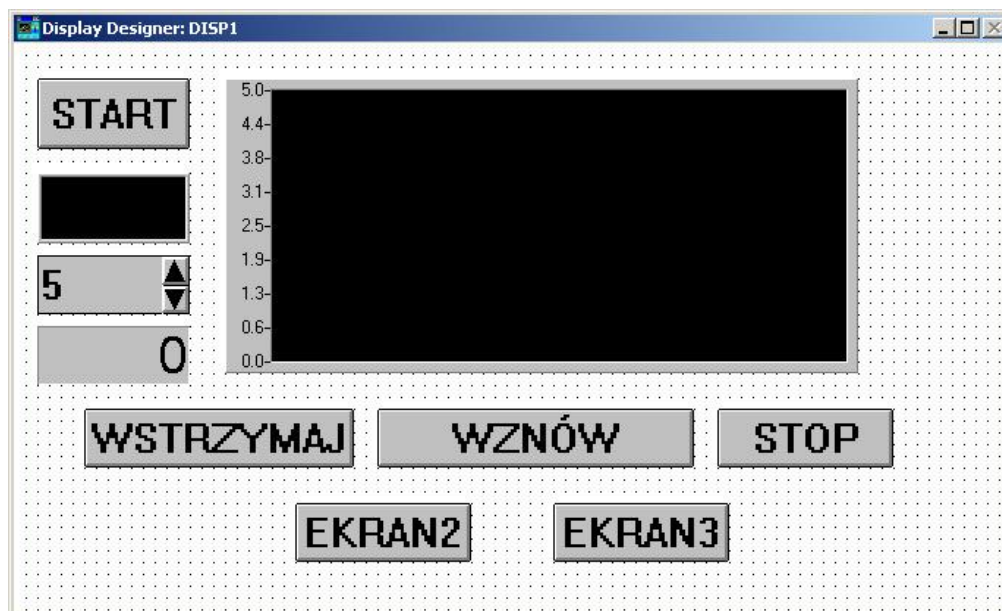


Nieco bardziej złożona jest konfiguracja Trend Graph'a. Po pierwsze trzeba określić zakresy osi : pionowa od 0 do 5, pozioma właściwie dowolna – można zostawić domyślne 0 do 40. Następnie używając przycisku ADD trzeba podpiąć sygnały i nadać im kolory.



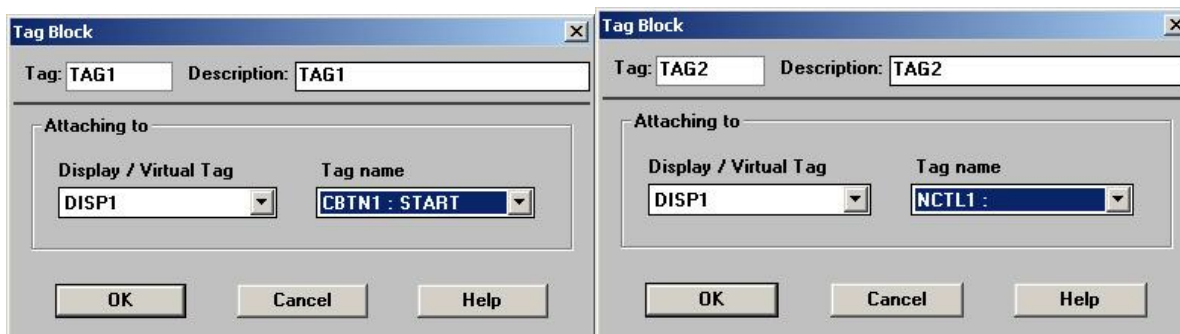


Po wykonaniu opisanych wyżej czynności i odpowiednim ustawieniu wielkości poszczególnych elementów nasz DISP1 powinien wyglądać następująco:

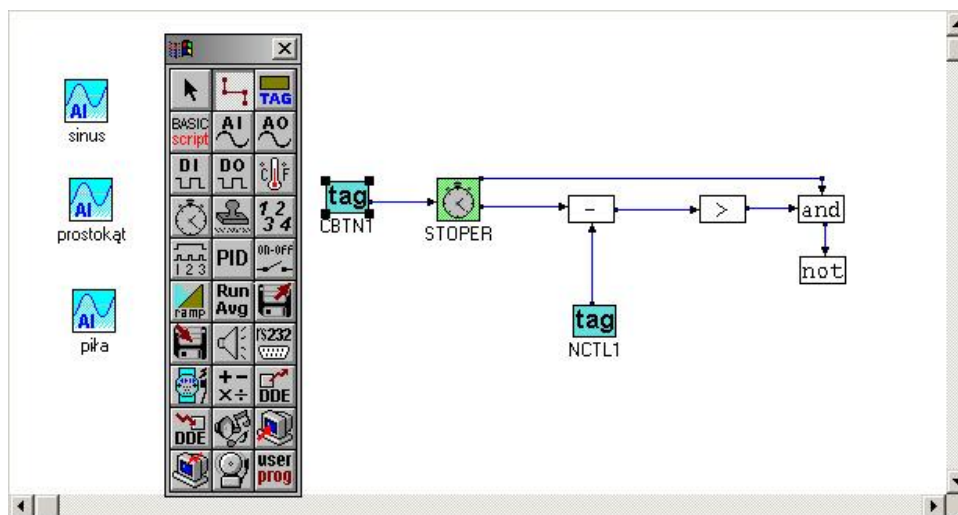


Wygląd i zawartość pozostałych dwóch ekranów pozostawia się inwencji studentów. Można na nich nawet nie umieszczać, choć wskazane jest zainstalowanie przycisków MENU do przełączania ekranów.

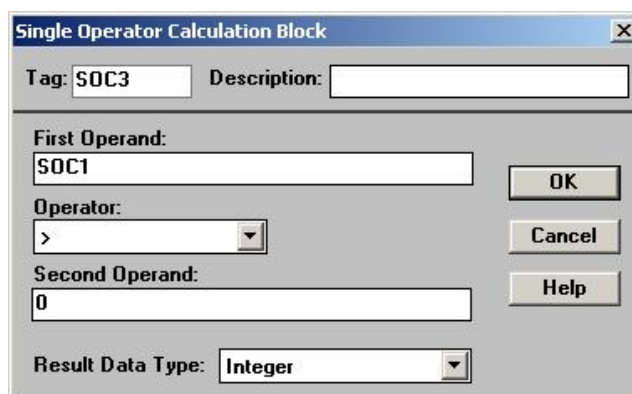
Najwyższa pora na odpowiednie podpięcie sygnałów na TASK'u. W pierwszej kolejności należy przypisać TAG'om elementy z DISP1, a mianowicie przycisk START i zadajnik wartości cyfrowej.



Następnie uaktywniając ikonę przewodu z TOOLBOX'a trzeba połączyć odpowiednie bloki.

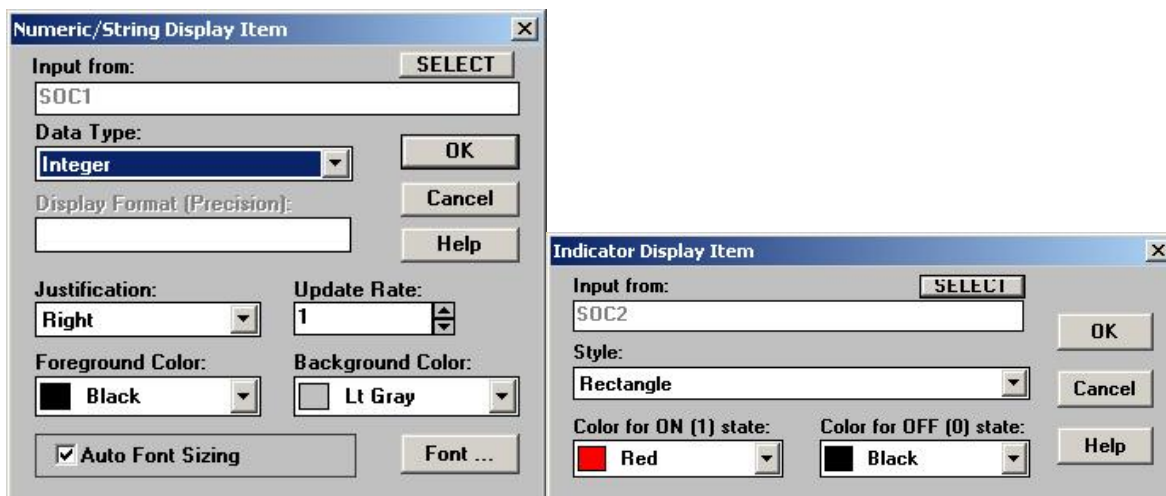


TAG powiązany z przyciskiem STRAT należy podpiąć do zerującego (Reset) wejścia zegarka. W pierwszej operacji matematycznej (SOC1) należy od TAG'a połączonego z cyfrowym polem zadajnika z DISP1 odjąć wartość wyjścia zegarka. Następnie w SOC2 trzeba sprawdzić czy wynik SOC2 jest większy od 0.

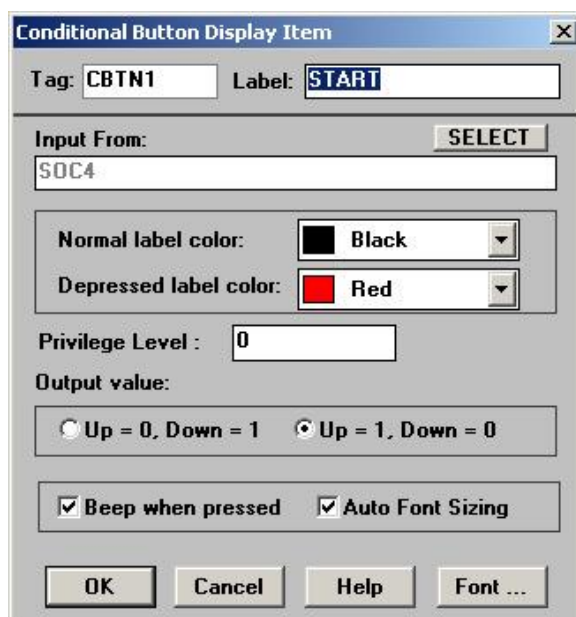


Podpinając wyjście zegarka i SOC2 do SOC3 sprawdzamy czy prawdą jest, że wyjście zegarka jest większe od zera i mniejsze od zadanej wartości sekund. Operacja negacji ustawiona w SOC4 konieczna jest dla prawidłowego wyłączania przycisku START.

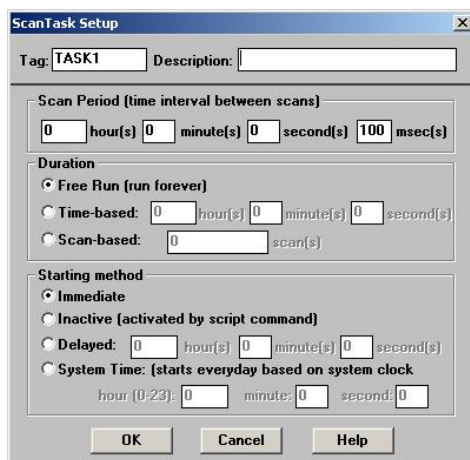
Powracamy do DISP1 i kończymy konfigurację sygnałów. Do wyświetlacza wartości cyfrowych podłączamy SOC1 (różnica wartości zadanego czasu i wyjścia z zegarka) a do pola wskaźnika wynik SOC2.



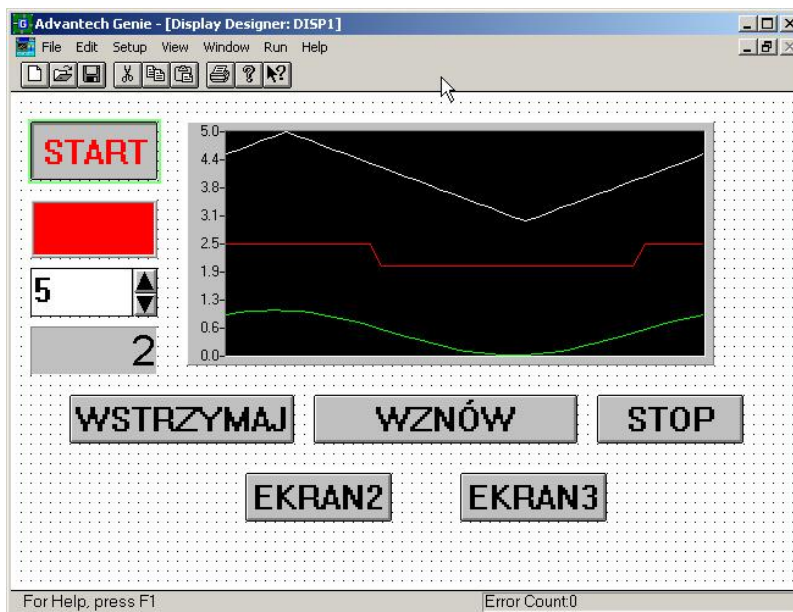
Pozostaje jeszcze skonfigurowanie przycisku warunkowego START. Ponieważ zerowanie zegarka aktywowane jest stanem wysokim, należy odwrócić działanie przycisku START – gdy nie jest wciśnięty daje „1”. Wejście warunkowe przycisku należy pobrać z SOC4.



Aby nasza strategia działała dość szybko zmieniamy w SETUP->TASK PROPERTIES okres skanowania na 100ms.



Po zapisaniu na dysk naszej strategii można ją uruchomić. Po uruchomieniu powinna ona wyglądać tak:



Wskazane są wszelkiego rodzaju eksperymenty rozbudowujące działanie opisanej strategii. Szerokim polem do popisu są dwa niewykorzystane ekrany.

Ćwiczenie 9. Układ sterowania ogniw słonecznych.

Cel ćwiczenia.

Stworzenie zaawansowanej aplikacji sterującej ruchem w nadążnym systemie ogniw słonecznych. Jako sprzęt pośredniczący między komputerem a obiektem starowania wykorzystano moduły DAQ rodziny ADAM4000. Aplikacja sterująca tworzona jest w środowisku VisiDAQ.

Opis aparatury.

Podręcznik użytkownika VisiDAQ (plik VisiDaq.pdf), opisy techniczne modułów DAQ ADAM4000 (odpowiedni katalog na płycie CD-ROM)



Fot. 9.1 Model nadążnego układu ogniw fotowoltaicznych

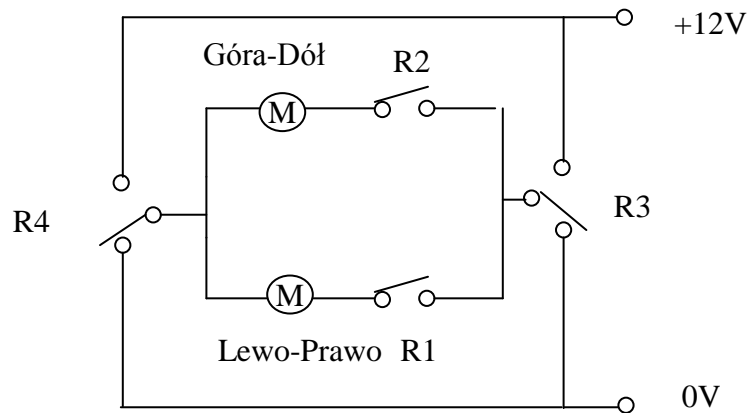
Opis stanowiska.

Stanowisko laboratoryjne składa się z modelowego układu śledzenia pozycji słońca, pozwalającego na niezależny obrót baterii słonecznych wokół osi pionowej (azymut) i poziomej (elewacja). Układ mechaniczny posiada kierunkowy czujnik oświetlenia, czujniki aktualnej pozycji fotoogniw oraz krańcowe czujniki i wyłączniki ruchu (działające całkowicie niezależnie od sterowania i zabezpieczające układ przed uszkodzeniem). Silniki zasilane są prądem stałym o napięciu 12V. Sterowanie silnikami odbywa się za pomocą modułu przekaźnikowego ADAM4060, sygnały napięciowe z czujnika oświetlenia i czujnika położenia fotoogniw podawane są na wejścia modułu ADAM4018 natomiast dyskretne sygnały z wyłączników krańcowych odbiera moduł ADAM4050. Wszystkie moduły połączone są wspólną magistralą RS485 i dalej za pośrednictwem modemu radiowego z komputerem.



Fot. 9.2 Moduły kontrolno-pomiarowe ADAM4000

Sposób sterownia silnikami przedstawiono na rys.9.1 .



Rys. 9.1 Układ sterowania silnikami

R1-R4 – przekaźniki modułu ADAM4060

Odczyty sygnałów z obiektu:

-oświetlenie padające z góry	ADAM4018	(adres 01)	kanał	0
-oświetlenie padające z dołu	ADAM4018	(adres 01)	kanał	1
-oświetlenie padające z lewa	ADAM4018	(adres 01)	kanał	2
-oświetlenie padające z prawa	ADAM4018	(adres 01)	kanał	3
-pozycja w pionie	ADAM4018	(adres 01)	kanał	4
-pozycja w poziomie	ADAM4018	(adres 01)	kanał	5

-sygnalizacja górnego wył. krańcowego	ADAM4050 (adres 03)	bit	3
-sygnalizacja dolnego wył. krańcowego	ADAM4050 (adres 03)	bit	2
-sygnalizacja lewego wył. krańcowego	ADAM4050 (adres 03)	bit	1
-sygnalizacja prawego wył. krańcowego	ADAM4050 (adres 03)	bit	0

Sygnalizacja jest w logice odwróconej – normalnie logiczna „1” , a gdy wyłącznik zadziała to logiczne „0”.

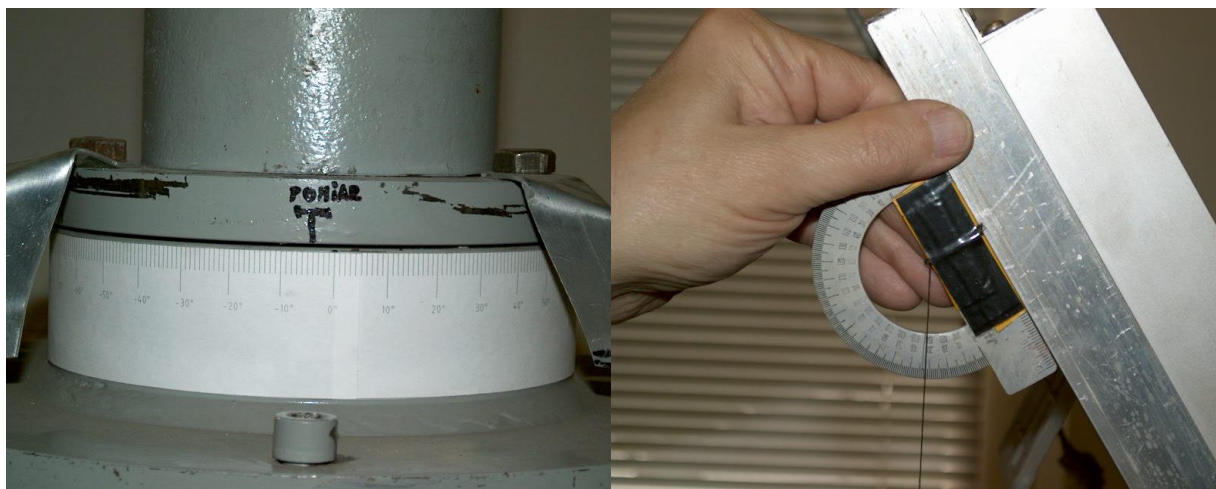
Ustawienie wyjść modułu ADAM4060 (adres 02) przy sterowaniu silnikami:

RUCH/PRZEKAŹNIK	R1 (bit 0)	R2 (bit 1)	R3 (bit 2)	R4 (bit 3)
Do góry	0	1	0	1
Na dół	0	1	1	0
W lewo	1	0	1	0
W prawo	1	0	0	1

Oczywiście jest to tylko fragment możliwych kombinacji ustawień przełączników. Pozostałe niech będą tematem własnych przemyśleń Czytelnika w ramach przygotowań do wykonania tego ćwiczenia.

Wykonanie ćwiczenia.

Ćwiczenie polega na stworzeniu aplikacji w środowisku VisiDAQ nadzorującej pracę nadążnego układu fotoogniw. Aplikacja powinna umożliwiać ręczne sterowanie systemem. Na panelu operatorskim powinny znaleźć się wskaźniki obrazujące aktualne ustawienie fotoogniw, zadziałanie wyłączników krańcowych, odczyty z czujnika oświetlenia i klawisze do sterowania ręcznego.



Fot. 9.3 Skala kąta azymutu i sposób pomiaru kąta elewacji

Sygnały napięciowe z czujników położenia należy przeliczyć na pozycję azymutu i elewacji wyrażoną w stopniach. Odpowiednia stopniowa skala dla kąta azymutu znajduje się na obudowie urządzenia. Do pomiaru kąta elewacji należy użyć prostego kątomierza grawitacyjnego.

Procedura skalowania powinna wyglądać następująco:

- za pomocą klawiszy sterowania ręcznego na panelu operatorskim doprowadzić ogniwa w skrajne lewe-górne położenie (zadziałają sygnalizatory wyłączników krańcowych)
- odczytać i zanotować wartości napięć z czujników położenia (dokładność dwa miejsca po przecinku)
- odczytać i zanotować wartości kątów azymutu i elewacji z odpowiednich skali (uwaga: kąty azymutu mogą przyjmować również wartości ujemne)
- powtórzyć czynności dla skrajnego prawego-dolnego położenia ogniw
- zanotowane wartości kątów i napięć wpisać w odpowiednie rubryki menu skalowania wejścia analogowego.

Przy obserwacji pomiarów oświetlenia można posłużyć się reflektorem halogenowym przymocowanym do metalowego regału.

Rozwinięciem (nieobowiązkowym) ćwiczenia jest próba stworzenia aplikacji automatycznie śledzącej źródło światła.

Sprawozdanie.

Sprawozdanie powinno zawierać krótkie omówienie istoty sterowania nadążnym układem fotowoltaicznym. Dalej należy umieścić schemat stanowiska laboratoryjnego uwzględniający wszystkie sygnały pomiarowe i sprzęt służący do ich przetwarzania. W końcowej części ma się znaleźć dokładny opis stworzonej aplikacji (również rysunki) oraz omówienie problemów i ograniczeń, które wystąpiły podczas pracy.

Zakres wymaganych wiadomości.

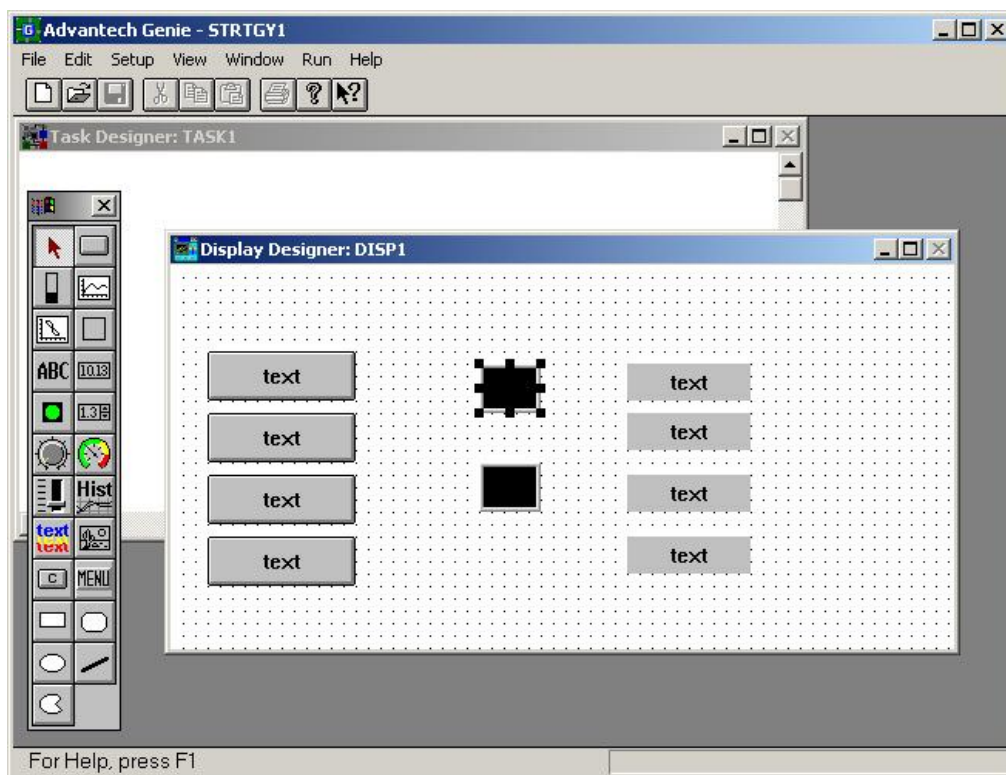
Zasady tworzenia aplikacji w środowisku Genie 3.0, budowa, działanie i sposoby programowania modułów zdalnej akwizycji danych i sterowania (szczególnie ADAM4018, ADAM4050, ADAM4060), zasady budowania rozproszonych systemów sterowania w oparciu o magistralę RS485.

Materiały pomocnicze do ćwiczenia 9.

Zagadnienia odpowiedniego podpinania i skalowania kanałów analogowych zostały omówione w materiałach pomocniczych do ćwiczenia 8 dlatego też tym razem zajmiemy się wejściami i wyjściami dyskretnymi oraz układami logicznymi z wykorzystaniem klawiszy.

Naszym zadaniem będzie zbudowanie enkodera liczb dziesiętnych (od 0 do 3) na binarne (2 bity). Liczbę binarną wyślemy na wyjścia dyskretnie i kontrolnie odczytamy ją z wejść dyskretnych (wykorzystując wirtualne połączenie odpowiednich kanałów dyskretnych urządzenia ADVANTECH DEMO I/O).

Rozpoczęcie tworzenia nowej strategii zostało omówione w materiałach pomocniczych do ćwiczenia 8 dlatego zostanie tutaj pominięte. W obszarze roboczym DISP1 umieszczamy cztery klawisze(zadawanie wartości dziesiętnej), dwa pola sygnalizacyjne(sygnalizacja bitów liczby binarnej) i kilka pól tekstowych, które pozwolą czytelnie opisać panel operatorski.

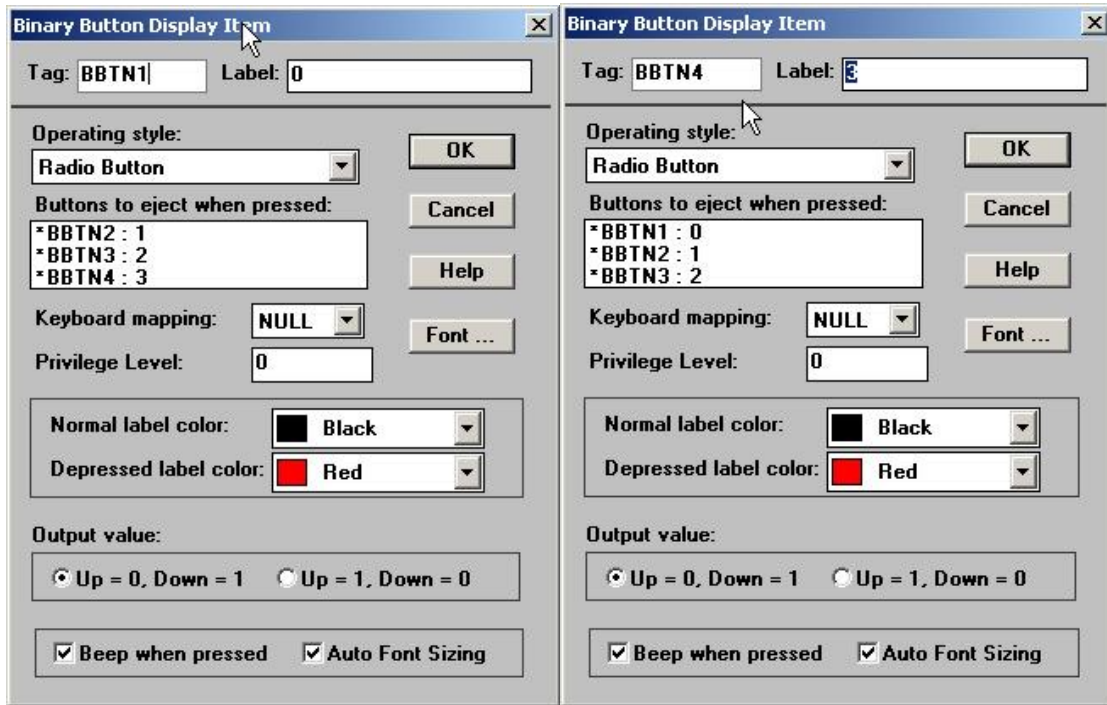


Należy się zastanowić nad sposobem przeliczania liczb z postaci dyskretniej na binarną. Zbudujmy tabelkę prawdy dla zadanego zakresu liczb:

L. dziesiętna\ L. binarna	Bit 1	Bit 0
0	0	0
1	0	1
2	1	0
3	1	1

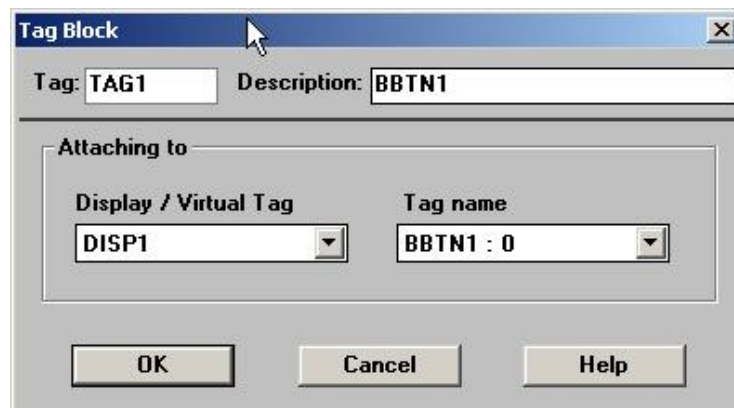
Z tabelki jasno widać, że bit 0 jest uaktywniony gdy wciśnięty jest klawisz „1” lub „3” a bit 1 gdy wciśnięte są klawisze „2” lub „3”. Wynika z tego, że poszczególne bity mogą być sterowane wartościami operacji sumy logicznej „or” właściwych sygnałów wejściowych.

Po tych rozważaniach teoretycznych przystępujemy do konfiguracji obszaru TASK’a. Umieszczamy na nim pięć TAG’ów (do odpowiednich klawiszy), dwa bloki operacji matematycznych, dwa wejścia dyskretne i dwa wyjścia dyskretne. Warto teraz na chwilę wrócić do DISP1 i skonfigurować klawisze. Po pierwsze trzeba nadać im nazwy (0,1,2 i 3), ustawić ich typ na RADIO BUTTON (wciśnięcie jednego klawisza zwalnia pozostałe) i zaznaczyć relacje wzajemnego zwalniania.

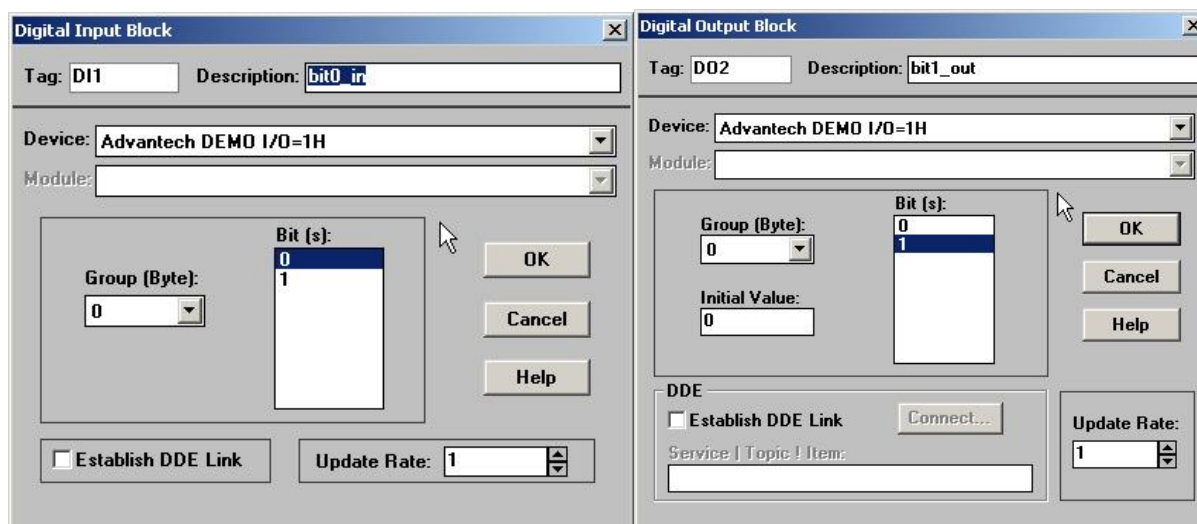


Powyższe rysunki przedstawiają konfigurację klawiszy „0” i „3”. W oknie „Buttons to eject when pressed” poprzez dwukrotne kliknięcie na nazwę zaznaczamy klawisze, które mają zostać zwolnione przy wciśnięciu klawisza obecnie konfigurowanego.

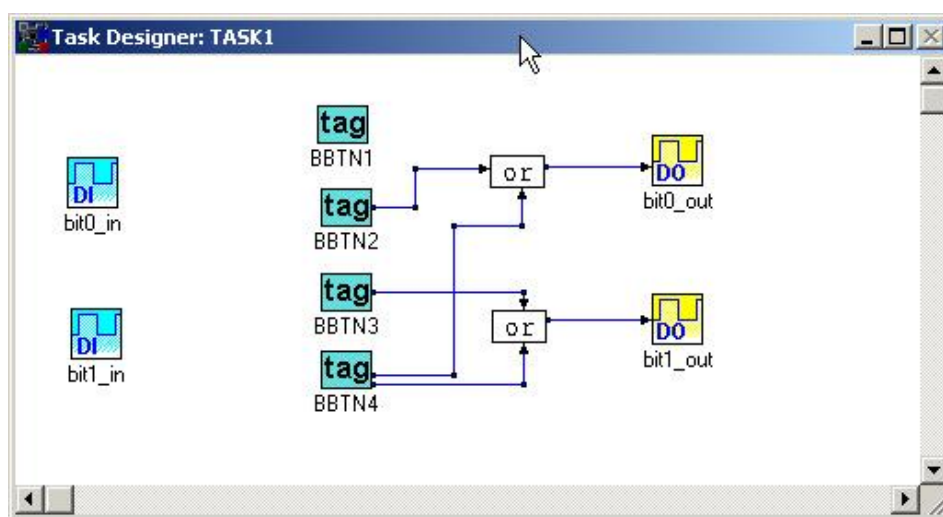
Wracamy do TASK’a i łączymy TAG’i z klawiszami.



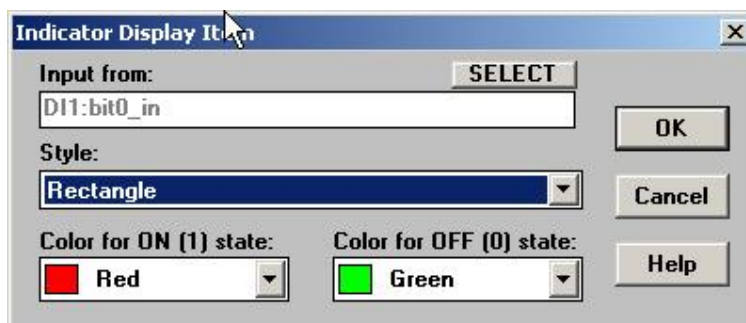
Następnie konfigurujemy bloki wejść i wyjść dyskretnych.



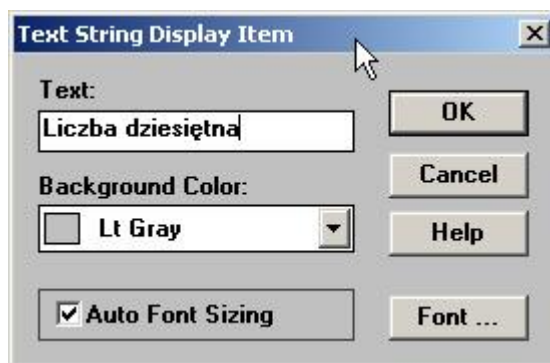
W blokach operacji matematycznych ustawiamy operację „or” i łączymy wszystkie ikony na TASK’u.



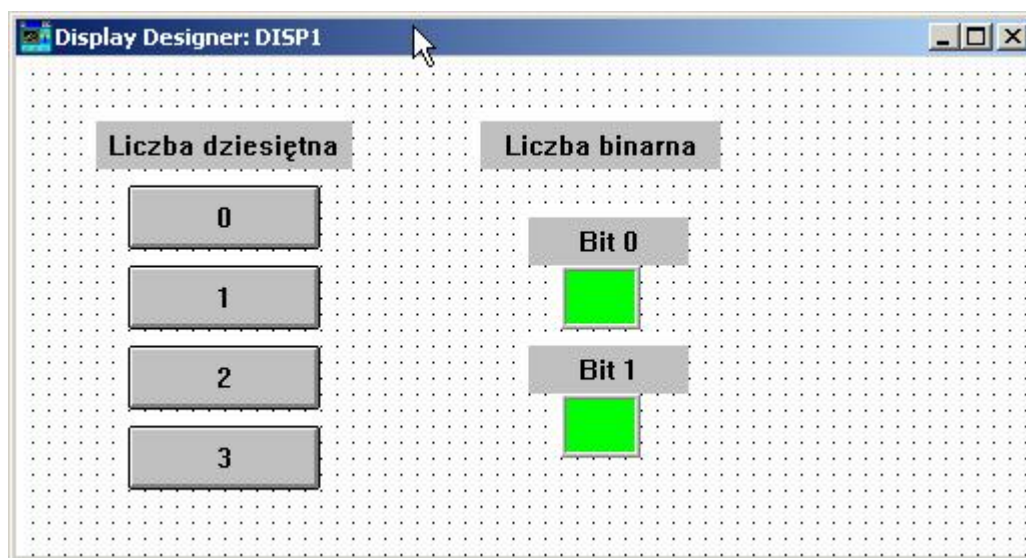
Końcowa konfiguracja DISP1 polega na podpięciu pól wskaźników logicznych do odpowiednich wejść dyskretnych i nadaniu im kolorów (aktywny-czerwony, nieaktywny-zielony).



Za pomocą pól tekstowych można jednoznacznie opisać elementy występujące na panelu operatorskim.



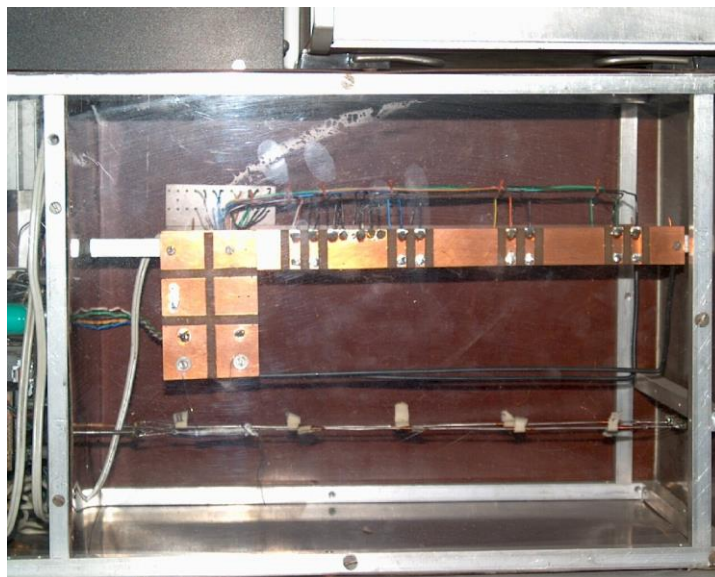
W efekcie końcowym panel operatorski może wyglądać na przykład tak:



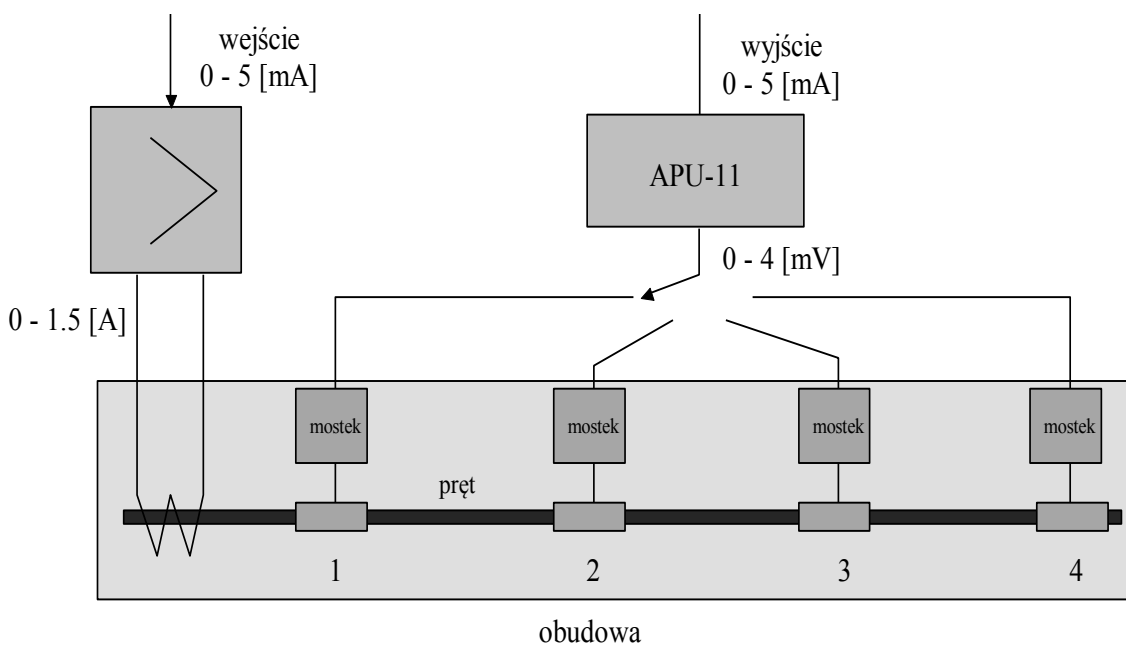
Pozostaje tylko ustawienie okresu skanowania na 100ms (SETUP->Task Properties), nagranie strategii na dysk pod dowolną nazwą i można przetestować jej działanie (RUN->START).

Dodatek 1. Laboratoryjny obiekt regulacji.

Stosowany w Laboratorium Aparatury Automatykacji eksperymentalny obiekt regulacji jest obiektem typu cieplnego, przy czym zarówno sygnał sterujący obiekt, jak i sygnał wyjściowy mają charakter elektryczny ze znormalizowanego zakresu 0 - 5 [mA]. Widok obiektu pokazany jest na fot. D1, a jego uproszczona budowa na rys. D1:



Fot. D1 Widok obiektu regulacji



Rys. D1. Uproszczony schemat obiektu laboratoryjnego.

Obiekt jest prętem metalowym (miedzianym) długości 260 [mm] umieszczonym w obudowie zapewniającej izolację termiczną od otoczenia. Obiekt jest ogrzewany elementem grzejnym zamocowanym na jednym z końców. Temperatura pręta jest mierzona termometrami rezystancyjnymi nawiniętymi w punktach: 0.3, 0.5, 0.7 oraz 0.9 długości pręta.

Sygnałem wejściowym obiektu jest sygnał 0 - 5 [mA] podawany na wejściowy wzmacniacz mocy. Na wyjściu wzmacniacza otrzymujemy sygnał z zakresu 0 - 1.5 [A] proporcjonalny do sygnału wejściowego, który jest podawany na element grzejny. Zmiana temperatury pręta powoduje zmianę rezystancji termometrów oporowych nawiniętych na pręt. Zmiana rezystancji termometru jest przetwarzana na zmianę napięcia na wyjściu mostka pomiarowego. Zmiana ta zawiera się w zakresie 0 - 4 [mV]. Napięcie z mostka jest podawane na przetwornik pomiarowy APU-11, na którego wyjściu otrzymujemy sygnał prądowy z zakresu 0 - 5 [mA], który jest sygnałem wyjściowym obiektu. Wyboru wyjścia obiektu dokonuje się przełącznikiem, poprzez przełączenie odczytu temperatury z wybranego czujnika (zob. rysunek). **UWAGA:** Opisany obiekt jest najlepiej widoczny przy stanowisku ćwiczeniowym dla ćwiczenia nr 6 (bezpośrednie sterowanie cyfrowe). W niniejszym opisie dla ułatwienia nie uwzględniono układu kompensacji temperatury, który znajduje się w rzeczywistych obiektach. Przy ćwiczeniu nr 6 **na stałe** podłączone jest wyjście obiektu nr 2 (termometr oporowy w połowie długości pręta) - nie ma możliwości przełączenia.

Z punktu widzenia automatyki jako obiekt regulacji traktowana jest całość, tj. pręt wraz z wzmacniaczem wejściowym, elementem grzejnym, termometrami oporowymi oraz przetwornikiem APU-11. Jest to uzasadnione faktem, że dynamika elementów wejściowych i wyjściowych (wzmacniacz mocy, termometry oporowe, przetwornik APU-11) jest pomijalnie mała w porównaniu z prętem.

Rozważany obiekt regulacji może być uważany za obiekt liniowy tylko w pewnym ograniczonym zakresie sygnałów wejściowych (od ok. 20% do ok. 90% wartości maksymalnej) i przy doborze punktu pracy na liniowej części charakterystyki statycznej może być opisany modelem w postaci transmitancji I rzędu z opóźnieniem mającej postać:

$$G(s) = \frac{ke^{-s\tau}}{1 + sT}$$

Parametry zastępcze tego modelu mogą być wyznaczone drogą identyfikacji obiektu na podstawie odpowiedzi na skok jednostkowy (charakterystykę skokową należy zmierzyć na liniowej części charakterystyki statycznej). Wartość wzmocnienia statycznego obiektu k jest w przybliżeniu równa: $k = 1.08$. Było to możliwe do osiągnięcia dzięki odpowiedniemu doborowi parametrów mostków pomiarowych. Wartości pozostałych parametrów zastępczych modelu będą różne w zależności od wyjścia obiektu oraz sytuacji, czy rozważamy grzanie czy chłodzenie obiektu. Ich przybliżona wartość jest równa:

Wyjście obiektu	Grzanie		Chłodzenie	
	T [s]	τ [s]	T [s]	τ [s]
1	35	8.7	37.5	10
2	46.2	17.5	51.2	18.7
3	62.5	28.7	65	30
4	72.5	41.2	77.5	42.5

Literatura

- [1] Findeisen W. *“Technika regulacji automatycznej”* PWN W-a 1978.
- [2] Kwaśniewski J. *“Wprowadzenie do inteligentnych przetworników pomiarowych”*, WNT W-a 1993.
- [3] Kwaśniewski J. *“Programowalne sterowniki przemysłowe w systemach sterowania”* Kraków 1999.
- [4] Bateson R. N. *“Introduction to control system technology”* Prentice Hall 1996.
- [5] Legierski T. i inni *“Programowanie sterowników PLC”* Wyd. Prac. Komp. J. Skalmierski, Gliwice 1998.
- [6] Nise N. S. *“Control systems engineering”* Wiley & Sons, New York 2000.
- [7] Shell E. D. Hall E. L. (editors) *“Handbook of industrial automation”* Marcel. Dekker, New York, Basel 2000.
- [8] Skoczowski S. *“Technika regulacji temperatury”* PAR 2000.
- [9] Takahashi Y. *“Sterowanie i systemy dynamiczne”* WNT W-a 1976.
- [10] Tuszyński K. , Walewski M. *“Regulacja automatyczna w inżynierii chemicznej”* WNT W – a 1983.
- [11] Trybus L. *“Regulatory wielofunkcyjne”* WNT W-a 1992.
- [12] Werewka J. *“Systemy rozproszone sterowania i akwizycji danych, sterowniki”* Wyd. Katedry Automatyki AGH, 1998.
- [13] p.r. Wiszniewski A. *“Teoria sterowania. Ćwiczenia laboratoryjne”* Wyd. Pol. Wr. Wrocław 1997.