

STRESZCZENIE PRACY

Celem niniejszej pracy dyplomowej było stworzenie systemu wizualizacji i sterowania procesem regulacji, dla stanowiska laboratoryjnego regulacji poziomu cieczy w zbiornikach otwartych. Zostały stworzone dwie aplikacje: jedna wykonana w programie InTouch 8.0 firmy Wonderware, druga w programie iFix 3.5 firmy Intellution. Powstałe aplikacje współpracują z regulatorem mikroprocesorowym LB-600 firmy LAB-EL. Jako interfejs komunikacyjny został użyty protokół Modicon Modbus.

Wizualizacje zostały stworzone tak, umożliwiły przeprowadzenie ćwiczeń laboratoryjnych, wykonywanych na danym stanowisku przez studentów z możliwością rejestracji wyników przeprowadzonych badań. Demonstrują również działanie i ukazują możliwości jakie stwarzają systemy wizualizacji InTouch oraz iFix. W pracy zostały także zaprezentowane niektóre z właściwości regulatora LB-600.

ABSTRACT OF THESIS

The purpose of present M.A. thesis was to create a visualization and control system for open liquid tanks level. There were created two applications: one using Wonderware Company program InTouch 8.0 and second using Intellution Company program iFix 3.5. Both applications interact with microprocessor control device LB-600 of LAB-EL Company and, they use Modicon Modbus protocol, as a communication interface.

Visualizations were designed specially for laboratory classes to enable students to carry out experiments, with ability of data and results registration. They demonstrate possibilities of InTouch and iFix visualization systems as well. The thesis also includes some of LB-600 control device properties.

SPIS TREŚCI:

STRESZCZENIE PRACY.....	1
1. WSTĘP I CEL PRACY.....	5
2. OPIS STANOWISKA LABORATORYJNEGO.....	6
2.1. Opis budowy i działania części obiektowej stanowiska	6
2.2. Opis ćwiczeń wykonywanych na stanowisku	9
2.2.1. Identyfikacja właściwości obiektów regulacji	9
2.2.2. Badanie układu regulacji poziomej cieczy o strukturze jednoobwodowej i kaskadowej	10
2.2.3. Schematy połączeń elementów układu regulacji.....	12
3. REGULATOR LB-600.....	15
3.1. Wprowadzenie	15
3.1.1. Główne cechy konstrukcyjno-użytkowe	15
3.1.2. Rozmieszczenie i opis przyłączy	17
3.2. Obsługa operatorska.....	18
3.2.1. Tryby pracy	19
3.3. Struktura funkcjonalna regulatora.....	19
3.3.1. Zabezpieczenie dostępu do struktury.....	22
3.4. Regulator LB-600 w systemach komputerowych.....	23
3.4.1. Interfejs RS-232	23
3.4.2. Interfejs RS-485	26
3.5. Procedury samostrojzenia w regulatorze LB-600	28
4. STRUKTURY FUNKCJONALNE REGULATORA	33
4.1. Struktura jednoobwodowa	33
4.2. Struktura kaskadowa	37

5. SYSTEM KONTROLI I AKWIZYCJI DANYCH (SCADA)	43
5.1. Podstawowe funkcje systemów SCADA.....	43
5.2. InTouch jako system SCADA	43
5.3. iFix jako system SCADA.....	45
5.4. Korzyści z zastosowania systemów SCADA	46
6. WIZUALIZACJA W PROGRAMIE InTouch 8.0	48
6.1. Opis obrazów synoptycznych	48
6.2. Konfiguracja oprogramowania	58
7. WIZUALIZACJA W PROGRAMIE iFix 3.5	61
7.1. Opis obrazów synoptycznych	61
7.2. Konfiguracja oprogramowania	73
8. WYMIANA DANYCH Z OBIEKTEM	80
9. OPIS PROTOKOŁU MODICON MODBUS	83
9.1. Wprowadzenie	83
9.2. Transmisja w systemie Modbus.....	84
9.2.1. Ramka w systemie Modbus	85
9.2.2. Opis pól ramki	87
9.2.3. Generacja słów zabezpieczających LRC i CRC.....	89
9.3. Funkcje w interfejsie MODBUS	92
10. OPROGRAMOWANIE WSPOMAGAJĄCE LB-600	93
10.1. Wprowadzenie	93
10.2. Tworzenie struktur regulacji – program Diagram	94
10.3. Zapis struktury do regulatora – program Regulator	96
11. SPRAWDZENIE DZIAŁANIA APLIKACJI	99
11.1. Aplikacja w programie InTouch 8.0.....	99
11.2. Aplikacja w programie iFix 3.5	101

11.3. Wyniki	104
12. WNIOSKI KOŃCOWE.....	105
13. ZAŁĄCZNIKI.....	106
14. LITERATURA	107

1. WSTĘP I CEL PRACY

Ze względu na rosnące wymagania jakościowe, ekologiczne oraz konkurencję na rynku automatyki, konieczny jest jej ciągły rozwój. Dlatego pojawiają się nowe rozwiązania w zakresie technologii, zwiększania skuteczności i funkcjonalności systemów oraz urządzeń automatyki. Dzisiaj automatyka to nie tylko pomiary i sterowanie (regulacja), ale również wizualizacja i optymalizacja procesów.

Na powszechnie używane rozwiązania systemów sterowania i wizualizacji składają się typowe komputery ze standardowym oprogramowaniem, systemy i programy specjalistyczne, oraz modułowa budowa sprzętu i osprzętu z komunikacją analogową lub cyfrową.

Celem pracy było unowocześnienie stanowiska regulacji poziomu cieczy w zbiornikach otwartych w Laboratorium Podstaw Automatyki, przez stworzenie wizualizacji umożliwiającej sterowanie i nadzór nad przeprowadzanymi ćwiczeniami. Układ obrazów synoptycznych, które stworzyłem ma za zadanie ułatwić przeprowadzenie ćwiczenia. W dużej mierze skraca czas przeznaczony na przeprowadzenie ćwiczenia, dodatkowo pokazując możliwości systemów InTouch 8.0 oraz iFix 3.5, jako jednych z najpopularniejszych systemów SCADA.

Zastosowanie regulatora mikroprocesorowego LB-600 umożliwia m.in. stworzenie potrzebnej struktury (jednoobwodowej lub kaskadowej) na komputerze, a następnie wgranie odpowiedniej struktury do regulatora przy użyciu programów wspomagających oferowanych przez producenta. Pozwala to zastąpić proces tworzenia struktury przy użyciu panelu operatorskiego regulatora.

Dla uzyskania poprawnej komunikacji pomiędzy regulatorem a komputerem zastosowany został separator FST 232/485 firmy FALCORP.

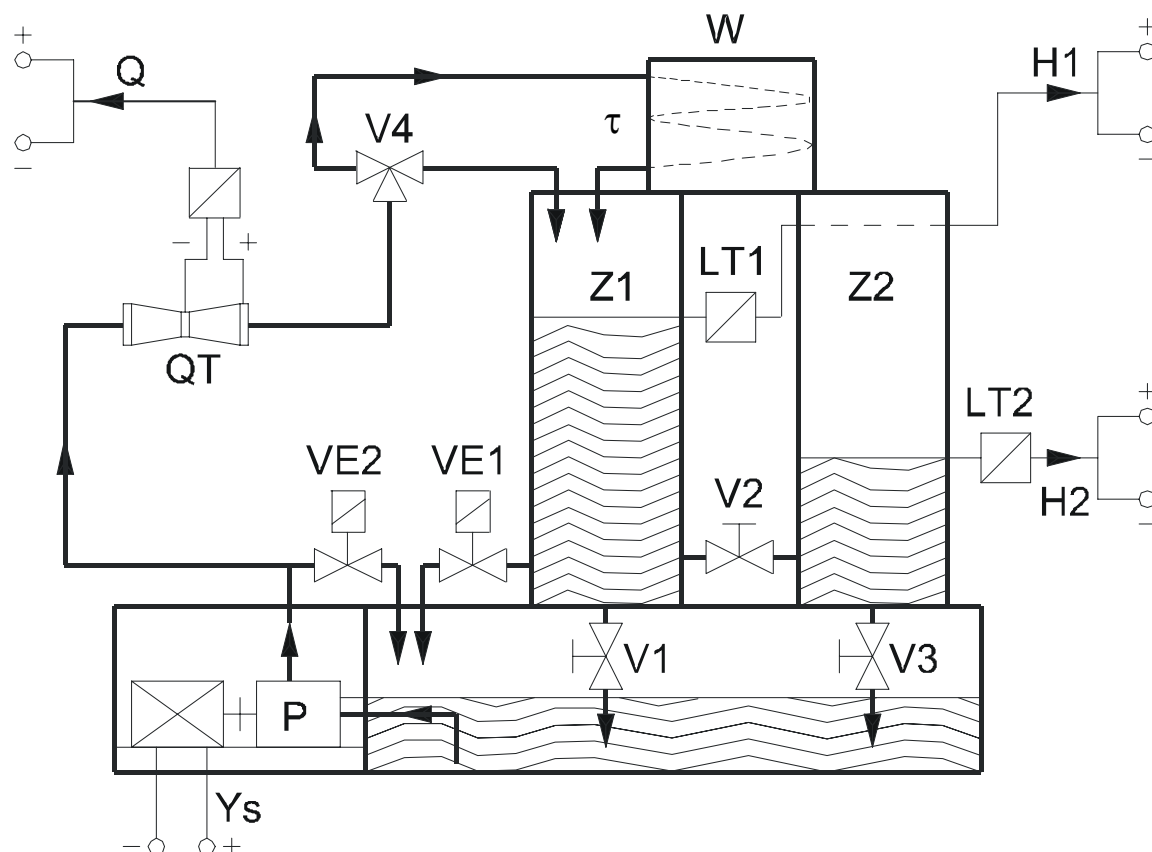
Powstała praca ma charakter użytkowy i edukacyjny, prezentuje możliwości nowoczesnego sprzętu i oprogramowania stosowanego obecnie w automatyce.

2. OPIS STANOWISKA LABORATORYJNEGO

2.1. Opis budowy i działania części obiektowej stanowiska

Obiektem regulacji i wizualizacji jest proces zmiany poziomu cieczy przedstawiony na rysunku 2.1.1. Składa on się z dwóch zbiorników Z1 i Z2 odpowiednio ze sobą połączonych. Połączenie to realizowane jest za pomocą zaworu odcinającego V2. Na dopływie do zbiornika Z1 zastosowano „węzownicę” (W) spełniającą zadanie elementu opóźniającego. W obiekcie do pomiaru wysokości słupa cieczy w zbiornikach zastosowano dwa hydrostatyczne przetworniki poziomu (LT1, LT2) typu PC-28 firmy APLISENS o zakresie pomiarowym 0-500 mm H₂O i sygnale wyjściowym 4-20 mA. Do pomiaru przepływu wykorzystano zwężkę Venturiego (QT) wraz z przetwornikiem różnicy ciśnień typu PR-29 z separatorem firmy APLISENS. Dwa zawory elektromagnetyczne VE1 i VE2 to elementy które mogą być wykorzystywane do wprowadzania zakłócenia skokowego przez ich zdalne otwieranie i zamykanie. Otwarcie/zamknięcie zaworu VE1 wywołuje skokową zmianę przepływu na odpływie ze zbiornika Z1, natomiast zaworu V2 wywołuje skokową zmianę przepływu na dopływie cieczy do zbiornika Z1 (tzw. zrzut z pompy). Jako jednostkę sterującą obiektem użyto regulatora cyfrowego typu LB-600 firmy LAB-EL.

Zadaniem układu regulacji jest utrzymanie wielkości regulowanej, którą może być wysokość H1 słupa cieczy w zbiorniku Z1 lub wysokość H2 słupa cieczy w zbiorniku Z2 na zadanym stałym poziomie. Jest to tzw. regulacja stałowartościowa. Wielkością sterującą obiektem jest zmieniający się przepływ cieczy realizowany przez pompę SHURFLO firmy LEISURE ACCESORIES na dopływie do zbiornika Z1. Pompa o zmiennej wydajności 0-7 l/min jest elementem wykonawczym w układzie regulacji, sterowana jest sygnałem standardowym 4-20 mA pochodzącym z regulatora mikroprocesorowego. Zmiana przepływu w zakresie 0-7 l/min, daje spadek ciśnienia na zastosowanej zwężce Venturiego w zakresie 0-500 mm H₂O.

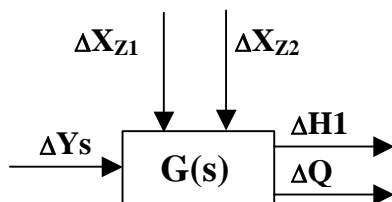


Rys. 2.1.1. Schemat obiektu regulacji i wizualizacji.

W zależności od konfiguracji stanów zaworów V2 (zawór łączący zbiorniki Z1 i Z2) i V4 (zawór trójdrożny – umożliwia napływ przez wężownicę) można realizować różne właściwości obiektu regulacji. Mogą to być właściwości typu:

- **inercyjnego I rzędu** (zawór V2 zamknięty, napływ cieczy bezpośredni, wielkość regulowana – H1),
- **inercyjnego I rzędu z opóźnieniem** (zawór V2 zamknięty, zawór V4 w położeniu napływ przez wężownicę , wielkość regulowana – H1),
- **inercyjnego II rzędu** (zawór V2 otwarty, napływ cieczy bezpośredni, wielkość regulowana - H2),
- **inercyjnego II rzędu z opóźnieniem** (zawór V2 otwarty, zawór V4 w położeniu napływ przez wężownicę , wielkość regulowana - H2).

W niniejszej pracy rozważany jest obiekt o właściwościach elementu inercyjnego I rzędu z opóźnieniem τ . Ogólny schemat blokowy tego obiektu przedstawia rysunek 2.1.2.



Rys. 2.1.2. Ogólny schemat obiektu regulacji.

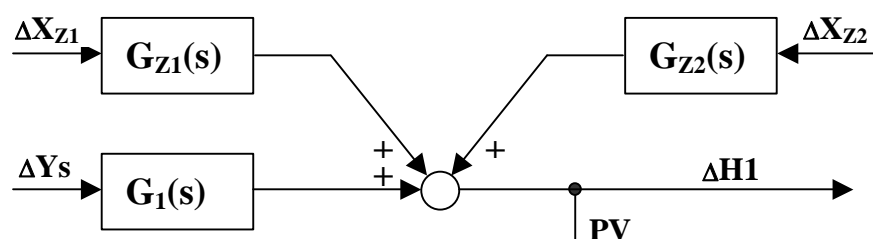
Obiekt posiada trzy sygnały wejściowe i dwa wyjściowe gdzie:

- ΔY_s – sygnał sterujący,
- $\Delta X_{z1}, \Delta X_{z2}$ – zakłócenia,
- ΔH_1 - wielkość regulowana,
- ΔQ - wielkość pomocnicza.

Związek wyrażony operatorowo między wielkością regulowaną H_1 a sterowaniem Y_s przedstawia sobą transmitancje obiektu ($G_1(s)$ lub $G_1(s) \cdot G_2(s)$), której znajomość pozwala dobrać nastawy regulatora.

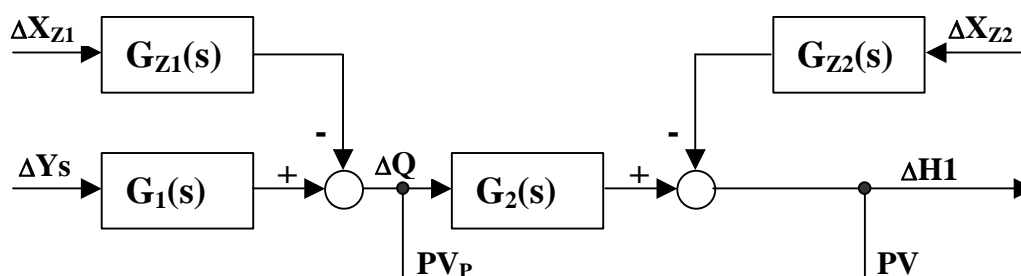
Związki wielkości regulowanej H_1 z zakłóceniami (X_{z1}, X_{z2}) wyrażone operatorowo reprezentują transmitancje zakłóceniami obiektu ($G_{z1}(s), G_{z2}(s)$). Znajomość tych transmitancji ma istotny wpływ na dobór struktury regulacji i zastosowanej aparatury.

Schemat blokowy układu wykorzystywany do budowy jednoobwodowego układu regulacji przedstawia rysunek 2.1.3.



Rys. 2.1.3. Schemat blokowy obiektu wykorzystywany w układzie regulacji o strukturze jednoobwodowej.

Schemat blokowy układu wykorzystywany do budowy kaskadowego układu regulacji przedstawia rysunek 2.1.4.



Rys. 2.1.4. Schemat blokowy obiektu wykorzystywany w układzie regulacji o strukturze kaskadowej.

2.2. Opis ćwiczeń wykonywanych na stanowisku

2.2.1. Identyfikacja właściwości obiektów regulacji

Identyfikacja właściwości obiektów regulacji wykonywana jest na stanowisku opisanym w punkcie 2.1. W ćwiczeniu przeprowadza się szereg pomiarów charakterystyk statycznych elementów wchodzących w skład obiektu oraz rejestruje odpowiedzi układu na wymuszenia skokowe (zmniejszenie wydajności

pompy wywołane skokową zmianą sygnału sterującego z regulatora) i wprowadzane zakłócenia (odpowiednie otwieranie zaworów VE1 lub VE2).

Dokonuje się pomiarów charakterystyk statycznych pompy o zmiennej wydajności, hydrostatycznego przetwornika poziomu, przetwornika strumienia objętości (przepływomierza zwężkowego) oraz obiektu regulacji (pomiar słupa cieczy H1).

Celem tych pomiarów jest określenie transmitancji obiektu i transmitancji zakłóceniovych obiektu. Pomiar zmiany poziomu cieczy wykonywany jest dla wszystkich czterech typów właściwości obiektu. Z odpowiedzi można wyznaczyć graficznie wzmocnienie i stałą czasową obiektu. Przy zastosowaniu węzownicy (członu opóźniającego) także czas opóźnienia. Na podstawie tych parametrów wyznaczamy transmitancję operatorową obiektu. Przy obiektach o właściwościach inercjach wyższego rzędu należy skorzystać z tablicy parametrów członów inercyjnych wyższych rzędów.

2.2.2. Badanie układu regulacji poziomu cieczy o strukturze jednoobwodowej i kaskadowej

Celem tego badanie jest ocena ilościowa i jakościowa właściwości statycznych i dynamicznych układu regulacji. W badanym układzie regulacji poziomu cieczy, porównuje się wskaźniki jakości uzyskane w układzie o strukturze jednoobwodowej i kaskadowej.

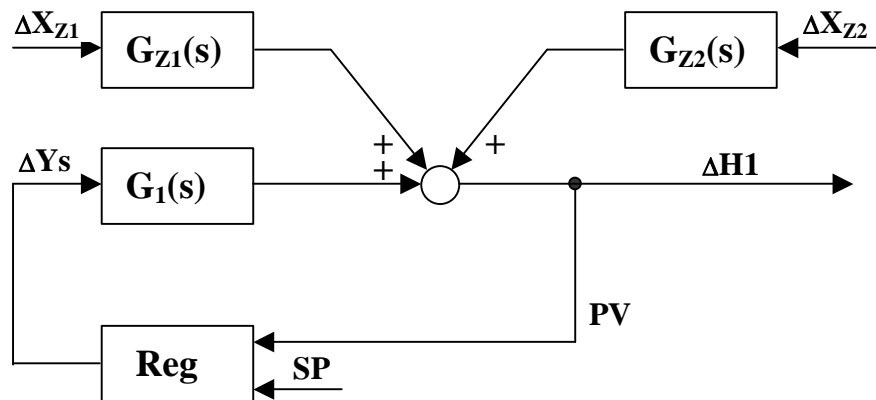
Wskaźniki jakości wyznaczane są dla czterech jednoobwodowych układów regulacji poziomu cieczy o właściwościach elementów obiektu:

- inercyjnego I-rzędu,
- inercyjnego I-rzędu z opóźnieniem,
- inercyjnego II-rzędu,
- inercyjnego II-rzędu z opóźnieniem.

Wskaźniki wyznaczane są z odpowiedzi układu na wprowadzenie zakłócenia (otwarcia zaworów VE1 lub VE2) lub skokowej zmiany wartości zadanej ΔSP .

Wyznaczone parametry obiektów służą w dalszych badaniach do obliczenia nastaw regulatorów wg tablic.

Schemat blokowy układu regulacji o strukturze jednoobwodowej przedstawia rysunek 2.2.1.



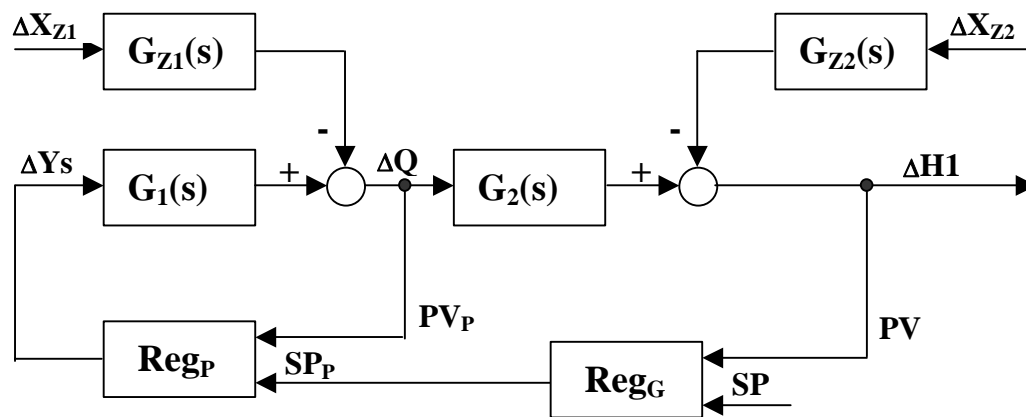
Rys. 2.2.1. Schemat blokowy układu regulacji o strukturze jednoobwodowej.

Ze względu na właściwości układu i wykorzystanie pomiaru wielkości pomocniczej którą jest przepływ (Q), istnieje możliwość realizacji układu regulacji o strukturze kaskadowej.

Wielkość pomocnicza jest szybszym niż wielkość regulowana nośnikiem informacji o działającym na obiekt zakłóceniu. Pozwala to na szybszą i lepszą kompensację wpływu zakłócenia.

Po przeprowadzeniu badań w kaskadowym układzie regulacji wyznaczane są wskaźniki jakości, które porównywane są ze wskaźnikami uzyskanymi w jednoobwodowym układzie regulacji poziomego cieczy.

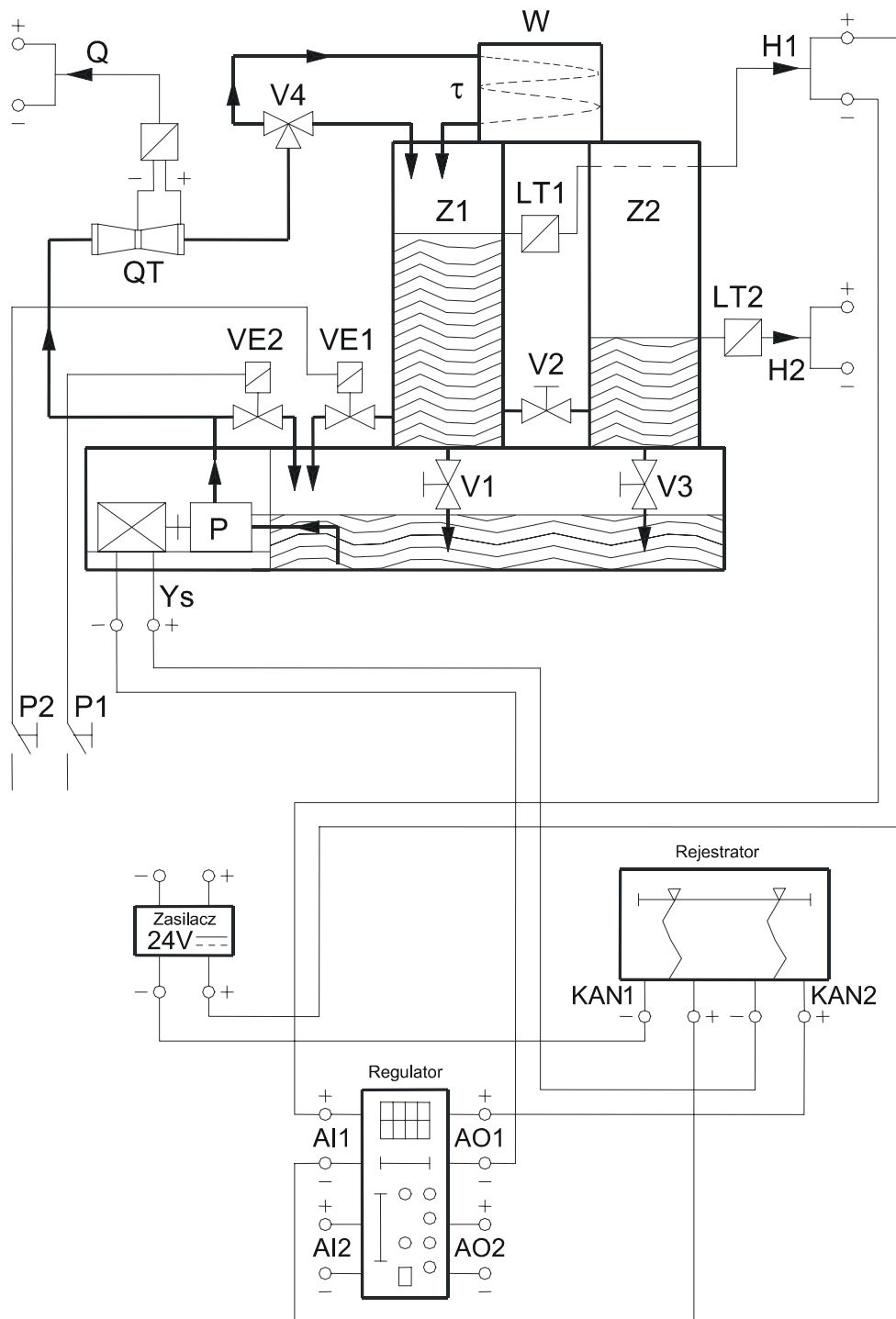
Schemat blokowy układu regulacji o strukturze kaskadowej przedstawia rysunek 2.2.2.



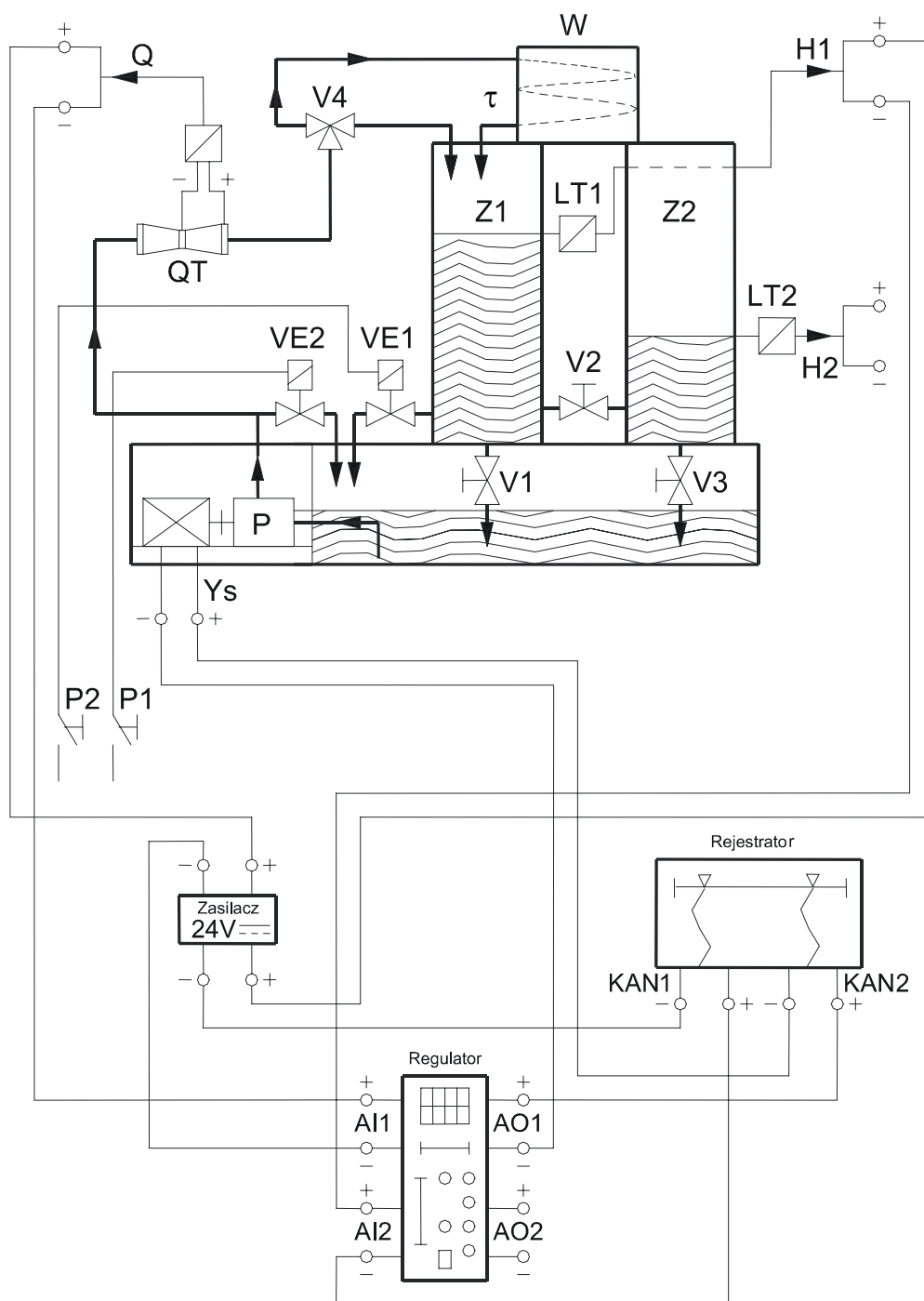
Rys. 2.2.2. Schemat blokowy układu regulacji o strukturze kaskadowej.

2.2.3. Schematy połączeń elementów układu regulacji

Schemat połączeń elementów układu regulacji poziomu cieczy o strukturze jednoobwodowej przedstawiony jest na rysunku 2.2.3., a dla układu o strukturze kaskadowej na rysunku 2.2.4.



Rys. 2.2.3. Schemat połączeń elementów układu regulacji poziomu cieczy o strukturze jednoobwodowej.



Rys. 2.2.4. Schemat połączeń elementów układu regulacji poziomu cieczy o strukturze kaskadowej.

3. REGULATOR LB-600

3.1. Wprowadzenie

Regulator mikroprocesorowy LB-600 oferowany przez firmę LAB-EL posiada wiele nowych, ciekawych i przydatnych funkcji, jakie nie występują w innych przyrządach tej klasy.

Konstrukcja regulatora oparta została na elementach elektronicznych, które umożliwiają dużą elastyczność eksploatacyjną. Elastyczność ta to możliwość konfiguracji przyrządu przez odpowiednią kombinację pakietów wejściowo-wyjściowych oraz załadowanie z zewnątrz do pamięć EPROM (bez konieczności rozbierania przyrządu) odpowiedniego oprogramowania do realizowanych funkcji.

Regulator LB-600 posiada, oprócz klasycznych i specjalizowanych algorytmów i funkcji sterowania, funkcje umożliwiające współpracę z czujnikami klimatu (temperatura, wilgotność, opad, itp.), a dzięki temu umożliwia realizację regulacji wielkości fizycznych związanych z tymi pomiarami.

3.1.1. Główne cechy konstrukcyjno-użytkowe

- uniwersalny regulator do aplikacji przemysłowych i nie tylko,
- wejścia w standardach: 0/4.....20mA; 0/1.....5V; rezystancyjne (potencjometryczne) RTD (Pt100..Pt1000); termopary (typ: R, S, B, J, K, E, N, T); ON/OFF ; S300,
- wyjścia w standardach: 0/4..20 mA; 0/1..5 V; ON/OFF,
- konstrukcja modułowa stwarzająca możliwość prostych rekonfiguracji,
- zastosowanie pamięci typu FLASH, dla programu regulatora i użytkownika,
- szeroki wybór funkcji matematycznych, logicznych, czasowych i algorytmów regulacji,
- wykorzystanie kondycjonerów typu Sigma-Delta z 24-bitowym przetwarzaniem analogowo-cyfrowym (A/C) do realizacji programowalnych wejść analogowych,
- wykorzystanie 16-bitowych przetworników cyfrowo-analogowych (C/A) do generacji sygnałów analogowych wyjściowych (do sterowania),

- elastyczność konfiguracji programowej (programowy wybór rodzaju sygnału wejściowego, sygnalizacja uszkodzenia czujnika, autodiagnostyka, itp.),
- optoseparacja galwaniczna sygnałów wejściowych i wyjściowych,
- możliwość regulacji programowej (programowa zmiana wartości zadanej w funkcji czasu),
- możliwość współpracy z sondami do pomiaru temperatur i wilgotności produkcji firmy LAB-EL, wyposażonych w interfejs cyfrowej pętli prądowej S300,
- programowanie strukturalne (proste w obsłudze),
- możliwość komunikacji szeregowej RS485 wg protokołu transmisyjnego MODBUS RTU (ustawiane parametry transmisji szeregowej),
- komunikacja w standardzie RS232 wykorzystywana do programowania regulatora,
- realizacja funkcji wielu zmiennych, takich jak funkcje arytmetyczne (pierwiastkowanie, średnia, inwersja sygnału, działanie arytmetyczne ze stałą, itp.), funkcje logiczne (boolowskie), funkcje alarmów i blokad, itp.,
- realizacja ok. 30 algorytmów regulacji:
 - regulacji z zewnętrzną wartością zadaną (regulacja nadażna),
 - regulacji kaskadowej, stosunku, itp.,
 - funkcji INTEGRATORA dla pomiarów przepływów masowych,
 - funkcji bez uderzeniowego przełączania awaryjnego BACKUP,
 - funkcji „feed forward”,
 - funkcji PID fuzzy logic,
 - funkcji samostrojenia (automatyczny dobór nastaw PID w punkcie pracy,
 - algorytmu regulacji predykcyjnej,
- szeroki zakres napięcia zasilającego dzięki zastosowaniu zasilacza impulsowego,
- napięcie 24V / 500mA do zasilania urządzeń zewnętrznych (np. przetworników pomiarowych, itp.),
- zapis w pamięci zmiennych procesowych,

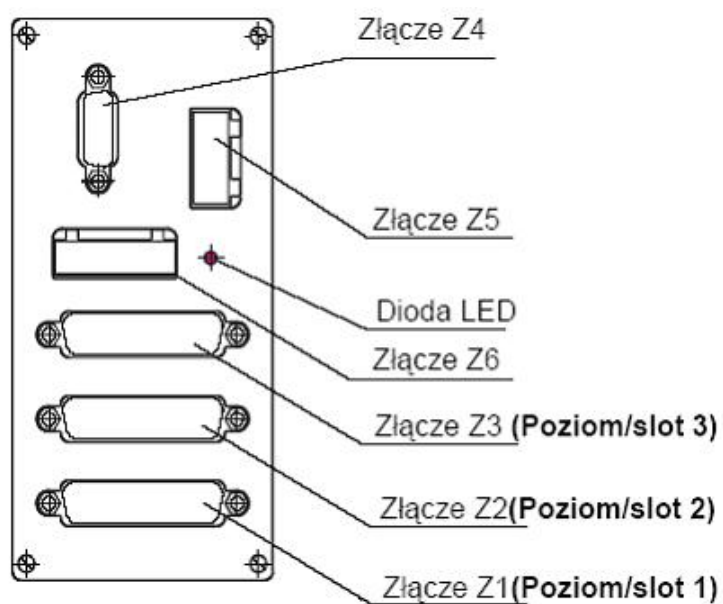
- możliwość wyboru rodzaju wyjść analogowych: z przetwarzaniem 16-bitowym,
- oprogramowanie symulacyjno-konfiguracyjne i wspomagające na PC.

Wygląd zewnętrzny regulatora LB600 przedstawia rysunek 3.1.1.



Rys. 3.1.1. Regulator LB-600.

3.1.2. Rozmieszczenie i opis przyłączy



Rys. 3.1.2. Rozmieszczenie przyłączy.

- złącze Z4 – transmisja szeregową RS 485, RS232 i 4 wejścia sygnałów cyfrowej pętli prądowej S300, jest to złącze typu CANNON 15R3 (15 pinów w trzech rzędach),
- złącze Z5 – zasilanie regulatora – dla wykonania regulatora na napięcie zasilające 24Vdc, złącze ma inny raster,
- złącze Z6 – złącze do zasilania przetworników pomiarowych napięcie 24Vdc, prąd obciążenia do 500mA (zabezpieczenie przeciążeniowe),
- złącze Z3 – złącze pakietu wejściowo-wyjściowego umiejscowionego w pozycji górnej – poziom/slot 3,
- złącze Z2 – złącze pakietu wejściowo-wyjściowego umiejscowionego w pozycji środkowej – poziom/slot 2,
- złącze Z1 – złącze pakietu wejściowo-wyjściowego umiejscowionego w pozycji dolnej – poziom/slot 1,
- dioda LED – sygnalizuje obecność napięcia zasilającego.

3.2. Obsługa operatorska

Regulator LB-600 jest przyrządem w pełni autonomicznym. Wszelkie działania (np. skalowanie wejść i wyjść analogowych) są wykonywane z klawiatury przyrządu. Wyświetlacze i bargrafy diodowe przedstawiają wartości zmiennych procesowych i sterowań. Programowanie regulatora może odbywać się przez złącze transmisyjne, łączące regulator z komputerem wyposażonym w odpowiednie oprogramowanie lub bezpośrednio z klawiatury.

Programowanie regulatora polega na wpisaniu do jego pamięci FLASH pewnych wartości, które tworzą tzw. strukturę funkcjonalną regulatora. Regulator w wersji podstawowej nie posiada wpisanej struktury funkcjonalnej

Sposób programowania regulatora, funkcje przycisków oraz wyświetlaczy szczegółowo opisane są w materiałach dostarczanych przez producenta: „Instrukcja eksploatacyjna i tablice konfiguracyjne REGULATOR–STEROWNIK LB-600”.

3.2.1. Tryby pracy

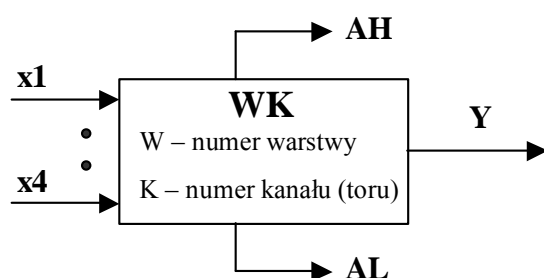
Regulator LB-600 może pracować w czterech trybach pracy:

- tryb pracy ręcznej „M” - sterowanie elementem wykonawczymi odbywa się ręcznie przez operatora,
- tryb pracy automatycznej „A” - sterowanie realizowane jest na podstawie algorytmu regulacji zaprogramowanego przez użytkownika w układzie z lokalną wartością zadaną,
- tryb pracy kaskadowej „C” - sterowanie w trybie automatycznym, lecz w układzie z zewnętrzną wartością zadaną,
- tryb pracy komputerowej „K” - sterowanie realizowane jest na podstawie algorytmów realizowanych przez program komputerowy, a regulator służy jedynie jako generator sygnałów sterujących. W przypadku awarii komputera regulator przejmuje sterowanie.

Regulator LB-600 umożliwia regulacje w 6 kanałach regulacyjnych. Kanały „otwierają” się automatycznie po zaprogramowaniu niezbędnych parametrów w strukturze danego kanału.

3.3. Struktura funkcjonalna regulatora

Regulator mikroprocesorowy LB-600 stanowi pewien zbiór swobodnie programowalnych bloków funkcjonalnych zwanych dalej funktorami. Każdy z funktorów jest elementem posiadającym wejście i wyjście, przy czym wejść może być wiele (x_1, \dots, x_4), natomiast wyjście (Y) jest zawsze jedno. Niektóre funktry mogą generować binarne sygnały alarmowe AH i AL.



Rys. 3.3.1. Schemat ogólny funkтора.

Funktory mogą realizować różne funkcje w zależności od potrzeby wynikającej ze specyfiki sterowanego procesu. Funktory, w zależności od miejsca ich usytuowania w stosunku do kierunku przepływu sygnału, stanowią elementy swojego rodzaju macierzy, gdzie kolumny macierzy to warstwy, a wiersze macierzy to tory (kanały). Identyfikacja lokalizacji funkтора polega na podaniu jego „adresu” w macierzy, czyli numeru warstwy oraz numeru toru (kanału). Na przykład funktor o adresie 72 - to funktor warstwy 7 umiejscowiony w torze 2.

Istnieją dwie warstwy nie związane z torem, są to *warstwa 0*, gdzie programowane są parametry generalne całego regulatora oraz *warstwa b* - związana ze skalowaniem wejść i wyjść analogowych regulatora (tutaj skaluje się niezależnie każde wejście i wyjście analogowe regulatora).

Poszczególne warstwy związane są z obsługą pewnych funkcji w regulatorze:

- **warstwa 0** - parametry generalne (hasła, adresy, zegar, alarmy czasowe),
- **warstwa 1** - obsługuje wejścia analogowe,
- **warstwa 2** - obsługuje wejścia binarne,
- **warstwy 3, 4, 5 i 6** - obsługują funkcje arytmetyczne, logiczne, czasowe wielu zmiennych wejściowych,
- **warstwa 7** - obsługuje właściwą funkcję regulatora (tryby regulacji, algorytmy regulacji, itd.),
- **warstwa 8** - stanowi dodatkowy zbiór funktorów arytmetycznych dla sygnałów analogowych,
- **warstwa 9** - obsługuje wyjścia analogowe,
- **warstwa A** - obsługuje wyjściowe funktory binarne,
- **warstwa b** - obsługuje skalowanie wejść i wyjść analogowych.

Rysunek 3.3.2. przedstawia tablice w której umieszczone są wszystkie funktory stanowiące zbiór standardowego regulatora LB-600 (wyposażonego w moduł wejść analogowych, moduł wyjść analogowych oraz moduł wejść/wyjść binarnych), z których można budować dowolnie złożone struktury sterowania i regulacji.

		WARSTWA											
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	b
TOR (KANAL)	Parametry generalne	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91	A1	Skalowanie wejść i wyjść analogowych
		2	12	22	32	42	52	62	72	82	92	A2	
		3	13	23	33	43	53	63	73	83		A3	
		4	14	24	34	44	54	64	74	84		A4	
		5	15	25	35	45	55	65	75	85		A5	
		6	16	26	36	46	56	66	76	86		A6	
		7	17	27	37	47	57	67		87			
		8	18	28	38	48	58	68		88			
		9	19		39	49	59	69					
		A	1A		3A	4A	5A	6A					
		b			3b	4b	5b	6b					
		C			3C	4C	5C	6C					
		d			3d	4d	5d	6d					
		E			3E	4E	5E	6E					
		F			3F	4F	5F	6F					

Rys. 3.3.2. Liczba funkcyj w poszczególnych warstwach programowych.

W zależności od konfiguracji sprzętowej (rodzaju i liczby używanych modułów wejściowo/wyjściowych), zmienia się liczba funkcyj w poszczególnych warstwach.

Znajomość funkcyj logicznych poszczególnych warstw programowych jest elementem koniecznym do tworzenia własnych struktur sterowania. Podstawową pomocą dla użytkownika jest posiadanie tablic konfiguracyjnych oraz umiejętność korzystania z nich.

Tablice konfiguracyjne stanowią dokładny opis wszystkich funkcyj i parametrów konfiguracyjnych oraz ich interpretacje, ponieważ w zależności od realizowanej funkcyj parametr może mieć różne znaczenia i przybierać różne wartości.

Struktura funkcjonalna jest „przepisem na sterowanie” dla konkretnego przypadku, jest stworzona indywidualnie w zależności od tego w jakim miejscu procesu i do realizacji jakich funkcyj ma być użyty regulator.

Regulator w podstawowej konfiguracji realizuje funkcje klasycznego regulatora, natomiast w przypadku innego ułożenia pakietów wejściowo-wyjściowych może być „przeobrażony” w zupełnie inny przyrząd.

Aby stworzyć strukturę funkcjonalną oprócz znajomości tablic konfiguracyjnych regulatora oraz umiejętność korzystania z nich, należy posiadać odpowiednią wiedzę o procesie, odpowiednią znajomość dynamiki obiektu sterowania.

Przy użyciu odpowiedniego oprogramowania istnieje możliwość odczytywania struktury zawartej w regulatorze i zapisywania jej na dysku w komputerze, a także zapisania struktury do regulatora z dysku komputera. Jest to bardzo wygodne w przypadku częstej zmiany struktur w regulatorze a zwłaszcza gdy posiadamy już taką strukturę w zbiorach bibliotecznych struktur.

3.3.1. Zabezpieczenie dostępu do struktury

Struktura funkcjonalna tworzona i zapisana przez użytkownika stanowi ważny element projektu sterowania i z racji odpowiedzialności za prawidłowe sterowanie procesem nie powinna być zmieniana przez osoby nieuprawnione. Szczególnie zmiany wprowadzane w obszarze parametrów konfiguracyjnych mogą wywołać nieprzewidywalne skutki. Istnieją dwa sposoby zabezpieczenia dostępu do trybu programowania, tzw. hasło główne (PAS1) oraz hasło pomocnicze (PAS2).

Hasło główne (posiadające wyższy priorytet) zabezpiecza dostęp do trybu programowania (wprowadzenia jakichkolwiek zmian). Hasło pomocnicze umożliwia jedynie dostęp do pewnych parametrów, których zmiany będą miały wpływ jedynie na dynamikę sterowania (nie daje możliwości zmian konfiguracyjnych).

- hasła głównego - daje dostęp do całej struktury,
- hasła pomocniczego - daje dostęp do parametrów regulacji.

Wykaz parametrów dostępnych po wprowadzeniu hasła pomocniczego (PAS2).

gdzie: $x = 1 \dots 8$ (numer kanału regulacji)

Adres pod hasłem PAS2	Opis parametru	Umiejscowienie w warstwie 7
E-x-01	Rodzaj regulacji	7-x-09
E-x-02	Algorytm regulacji	7-x-10
E-x-03	Współczynnik wzmocnienia k_p	7-x-14
E-x-04	Czas zdwojenia (całkowania) T_i	7-x-15
E-x-05	Czas wyprzedzenia (różniczkowania) T_d	7-x-16
E-x-06	Współczynnik wzmocnienia k_{pp}	7-x-17
E-x-07	Czas zdwojenia (całkowania) T_{ip}	7-x-18
E-x-08	Czas wyprzedzenia (różniczkowania) T_{dp}	7-x-19
E-x-09	Wartość współczynnika RATIO	7-x-21
E-x-10	Wartość współczynnika BIAS	7-x-22
E-x-11	Kierunek działania regulatora	7-x-23
E-x-12	Skalowanie przyrostu wyjścia	7-x-36

3.4. Regulator LB-600 w systemach komputerowych

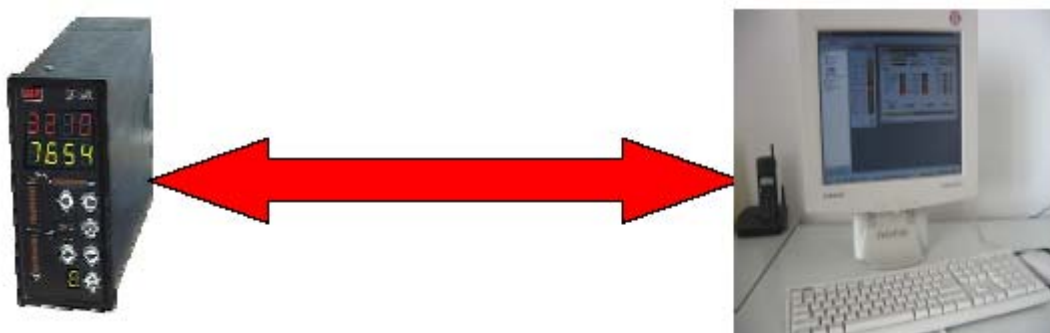
Regulator LB-600 wyposażony jest w przyłączy Z4 (rozmişczenie złączy przedstawia rysunek 3.1.2.) typu CANNON 15R3 (15 pinów w trzech rzędach), które umożliwia podłączenie regulatora do systemu komputerowego oraz do 4 kanałów cyfrowej pętli prądowej S300 (S300 - systemem interfejsu szeregowego opracowanym w firmie LAB-EL dla potrzeb aparatury kontrolno-pomiarowej).

Podłączenie regulatora do systemów komputerowych jest możliwe przez dwa interfejsy RS-232 i RS-485.

3.4.1. Interfejs RS-232

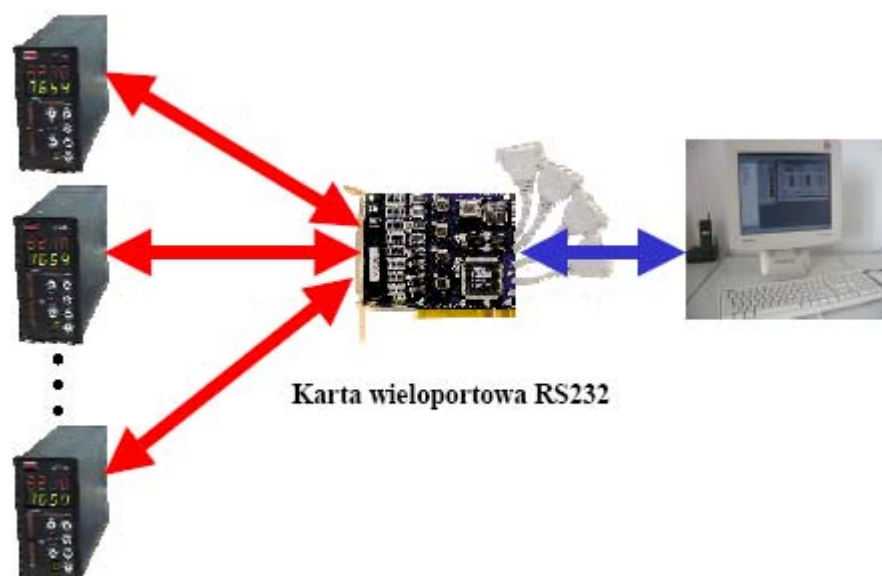
Interfejs RS-232 służy do ładowania oprogramowania regulatora (zapis do pamięci Flash programu obsługi wyświetlacza i klawiatury oraz głównego

programu systemowego przy wykorzystaniu oprogramowania oferowanego przez producenta) oraz do pracy z komputerem poprzez bezpośrednie podłączenie do portu transmisji szeregowej (rysunek 3.4.1.).



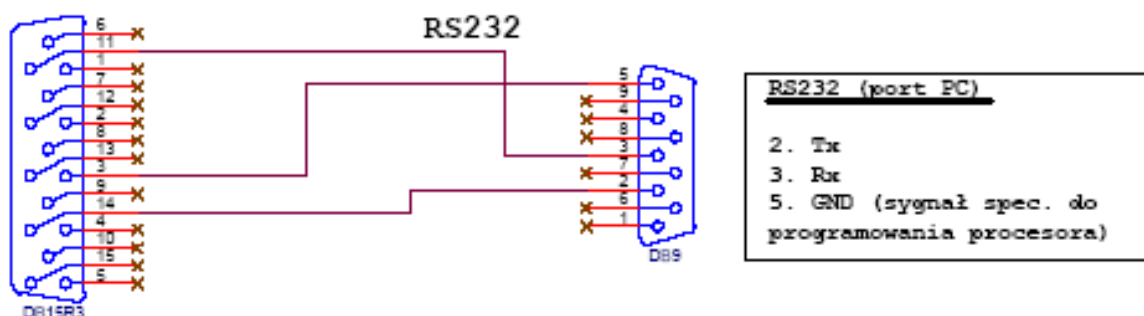
Rys. 3.4.1. Praca pojedynczego regulatora LB-600 podłączonego do jednego portu COM.

Z uwagi na specyfikę interfejsu RS232, możliwa jest praca jednego regulatora, podłączonego do jednego portu COM – aby umożliwić połączenie kilku regulatorów należy do tego użyć specjalną kartę wieloportową (rysunek 3.4.2.).



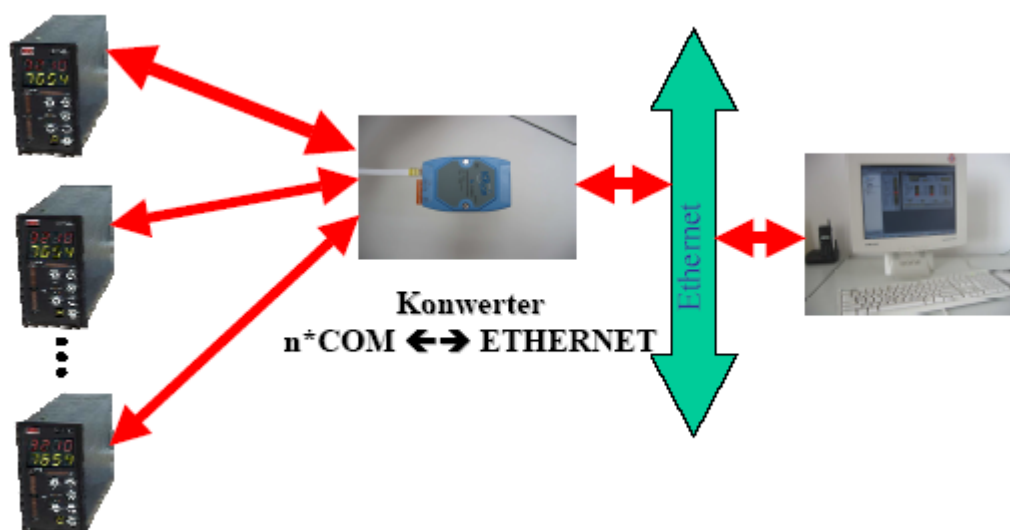
Rys. 3.4.2. Praca wielu regulatorów LB-600 podłączonych do karty wieloportowej komputera.

Sposób połączenia przewodów pomiędzy złączem Z4 regulatora LB-600 i złączem COM w PC-ie przedstawia rysunek 3.4.3.



Rys. 3.4.3. Połączenia pomiędzy złączem Z4 regulatora LB-600 i złączem Cannon DB9 (COM w PC-ie).

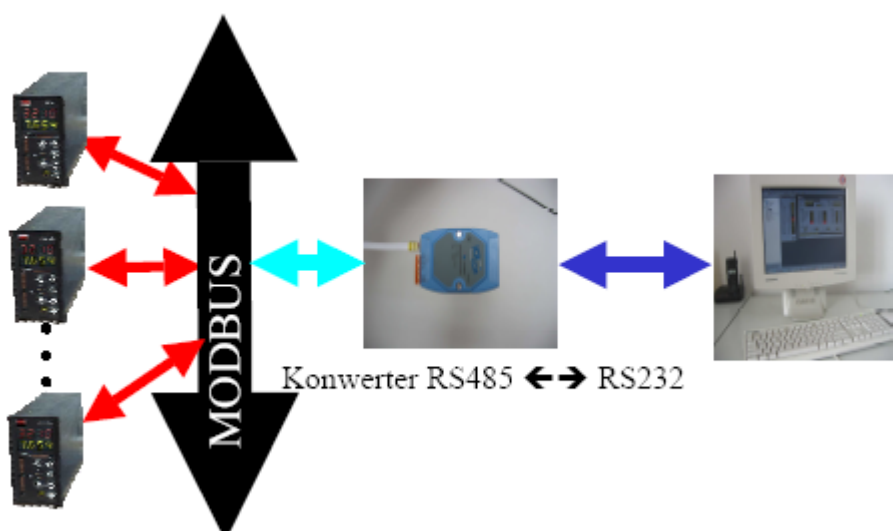
Interfejs RS-232 może być również wykorzystany do współpracy wieloportowej pośredniej przy wykorzystaniu lokalnej sieci komputerowej Ethernet. Przykład takiego zastosowania przedstawiony został na rysunku 3.4.4., gdzie wykorzystano konwerter wieloportowy n*COM ↔ Ethernet.



Rys. 3.4.4. Przykład pracy wielu regulatorów podłączonych przez konwerter wieloportowy do sieci Ethernet.

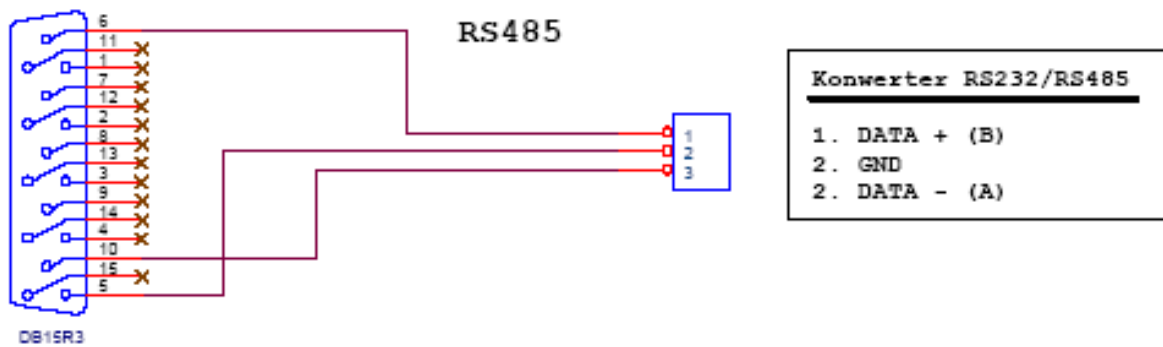
3.4.2. Interfejs RS-485

Interfejs RS-485 służy do podłączenia wielu regulatorów w systemie szyny systemowej (do jednego portu szeregowego komputera), gdzie każdy z przyrządów posiada swój własny numer/adres. Połączenie przyrządów do szyny/magistrali jest typu równoległego (dwuprzewodowe + ew. wspólny przewód masy). Oprogramowanie interfejsu stanowi protokół MODBUS RTU (powszechnie znany w aplikacjach automatyki przemysłowej). Pomiedzy portem szeregowym komputera, a szyną MODBUS RTU stosuje się konwertery RS-485 ↔ RS-232, najlepiej wyposażone w układ optoseparacji galwanicznej. Do szyny/magistrali można podłączyć do 32 urządzeń wyposażonych w interfejs RS-485 (przy zastosowaniu tzw. repeaterów liczba urządzeń może być większa). Rysunek 3.4.5. przedstawia przykład wykorzystania regulatorów do współpracy wielo aparatuwej z wykorzystaniem pojedynczego portu szeregowego komputera.



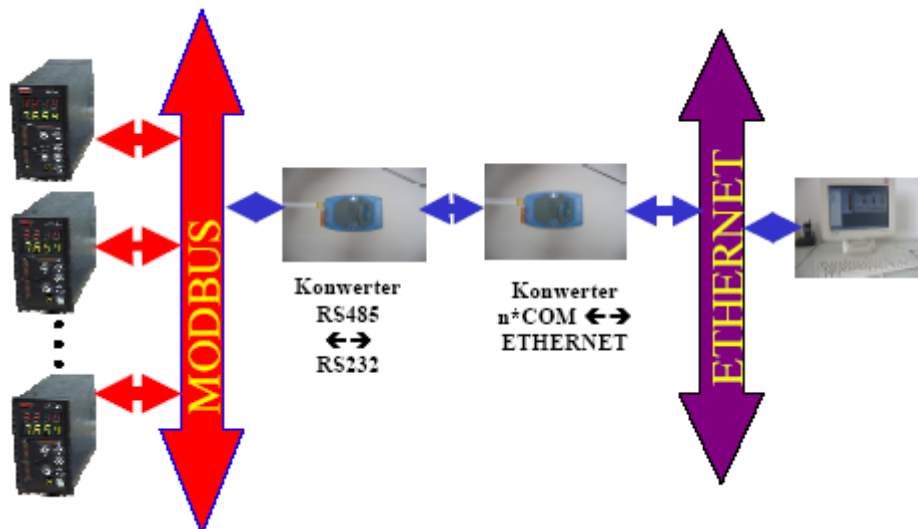
Rys. 3.4.5. Przykład pracy wielu regulatorów LB-600 podłączonych do magistrali MODBUS RTU, a następnie poprzez konwerter RS232/RS485 do komputera.

Sposób połączenia przewodów pomiędzy złączem Z4 regulatora LB-600 i konwerterem RS232/RS485 przedstawia rysunek 3.4.6.



Rys. 3.4.6. Połączenia pomiędzy złączem Z4 regulatora LB-600 i konwerterem RS232/RS485.

Kolejny przykład współpracy regulatora z komputerem za pośrednictwem lokalnej sieci Ethernet przedstawia rysunek 3.4.7., gdzie wykorzystano dodatkowo konwerter n*COM ↔ Ethernet.



Rys. 3.4.7. Przykład współpracy wielu przyrządów w systemie szyny/magistrali MODBUS RTU z komputerem za pośrednictwem sieci komputerowej Ethernet.

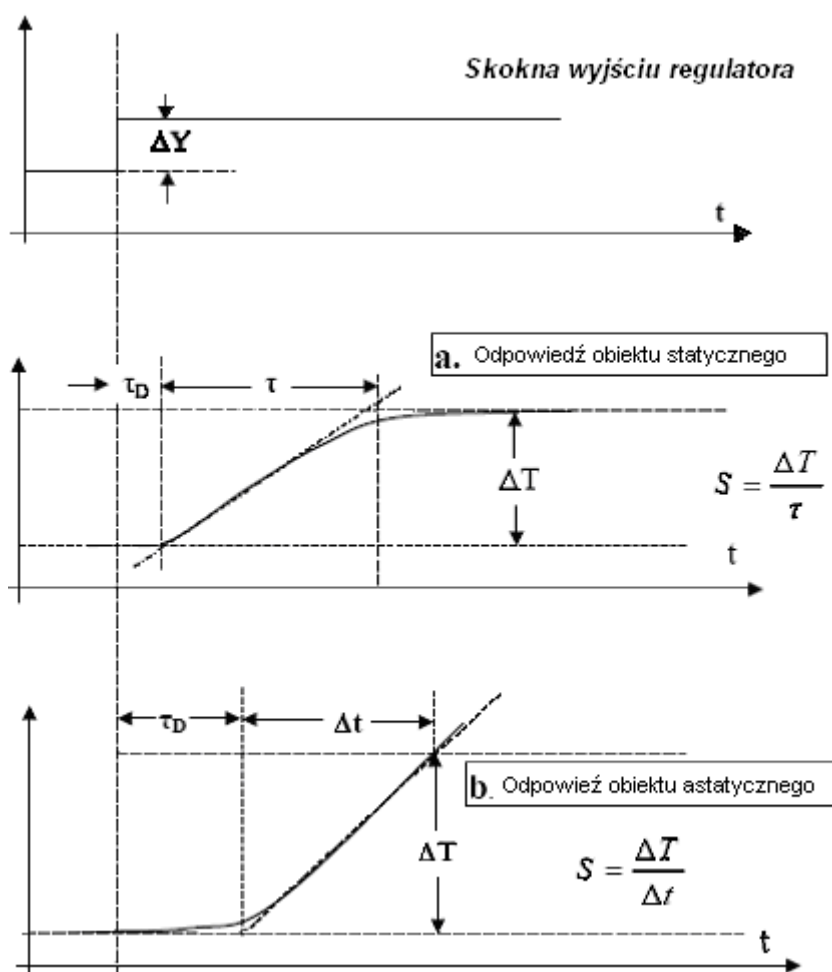
3.5. Procedury samostrojzenia w regulatorze LB-600

Poprawne przeprowadzenie eksperymentu identyfikacyjnego (procedury samostrojzenia) pozwala na obliczenie optymalnych nastaw PID regulatora w punkcie pracy. Regulator LB-600 oferuje trzy procedury samostrojzenia:

- eksperyment Zieglera-Nicholsa (zmodyfikowany),
- eksperyment Cohena-Coona,
- eksperyment Strejca.

Eksperyment Zieglera-Nicholsa (zmodyfikowany)

Zmodyfikowany eksperyment Zieglera-Nicholsa polega na wyznaczaniu parametrów regulatora na podstawie odpowiedzi układu na wymuszenie skokowe.



Rys. 3.5.1. Odpowiedzi obiektu w eksperymencie Zieglera-Nicholsa.

Na rysunku 3.5.1. przedstawiony jest sposób interpretacji uzyskanego przebiegu, na którym wyznaczone są wartości które po podstawieniu do odpowiednich zależności posłużą do wyznaczenia parametrów regulatora (k_p , T_i , T_d) korzystając z tabeli 3.5.1.

$$S = \frac{\Delta T}{\tau} \quad \text{lub} \quad S = \frac{\Delta T}{\Delta t} ; \quad S^* = \frac{S}{\Delta Y}$$

Tabela 3.5.1.

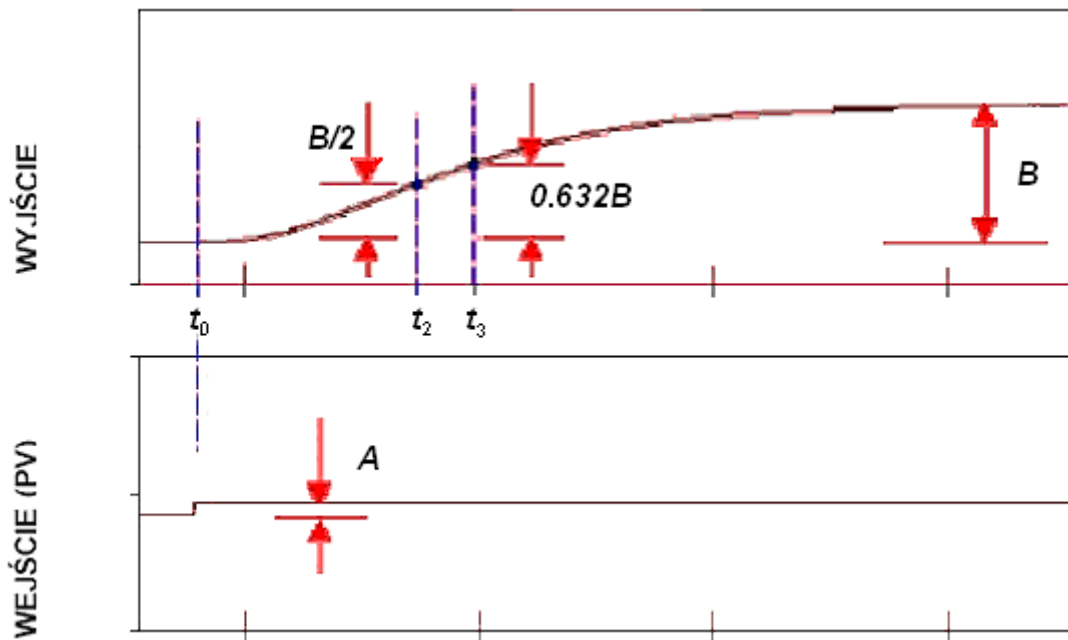
	k_p	T_i	T_d
P	$\frac{1}{\tau_D S^*}$	-----	-----
PI	$\frac{0,9}{\tau_D S^*}$	$3,33\tau_D$	-----
PID	$\frac{1,2}{\tau_D S^*}$	$2\tau_D$	$0,5\tau_D$

Metoda identyfikacji dynamiki obiektu wg Cohena-Coona

Metoda bazuje na badaniu czasów odpowiedzi obiektu (WYJŚCIE) na skok sygnału wartości mierzonej PV (WEJŚCIE), gdzie:

- t_0 – określa moment realizacji skoku sygnału wejściowego,
- t_2 – jest to czas po którym wartość sygnału wyjściowego osiąga 50% wartości ustalonej,
- t_3 – jest to czas po którym wartość sygnału wyjściowego osiąga 63,2% wartości ustalonej,
- A – jest to wartość skoku wielkości mierzonej,
- B – jest to wartość ustalona wielkości wyjściowej.

Rysunek 3.5.2. przedstawia przykładowy przebieg odpowiedzi układu uzyskany po przeprowadzeniu eksperymentu wg Cohena-Coona.



Rys. 3.5.2. Odpowiedzi obiektu w eksperymencie Cohena-Coona.

Na podstawie zmierzonych wartości t_0 , t_2 , t_3 , A i B obliczane są parametry określające dynamikę procesu (objektu):

τ - stała czasowa obiektu,

τ_D - opóźnienie obiektu,

K – wzmacnienie obiektu.

$$t_1 = \frac{[t_2 - \ln(2)t_3]}{[1 - \ln(2)]} ; \quad \tau = t_3 - t_1 ; \quad \tau_D = t_1 - t_0$$

$$r = \frac{\tau_D}{\tau} ; \quad K = \frac{B}{A}$$

Bazując na wyliczonych parametrach K , τ i τ_D , obliczamy nastawy k_p , T_i i T_d regulatora P, PI lub PID według tabeli 3.5.2.

Tabela 3.5.2.

	k_p	T_i	T_d
P	$\frac{1}{K^*r} \left(1 + \frac{r}{3}\right)$	-----	-----
PI	$\frac{1}{K^*r} \left(0,9 + \frac{r}{12}\right)$	$\tau_D \frac{30+3r}{9+20r}$	-----
PID	$\frac{1}{K^*r} \left(\frac{4}{3} + \frac{r}{4}\right)$	$\tau_D \frac{32+6r}{13+8r}$	$\tau_D \frac{4}{11+2r}$

Identyfikacja obiektu w układzie otwartym wg Strejca

Metoda Strejca polega na pomiarze czasu opóźnienia obiektu

$$t_1 = \tau_D$$

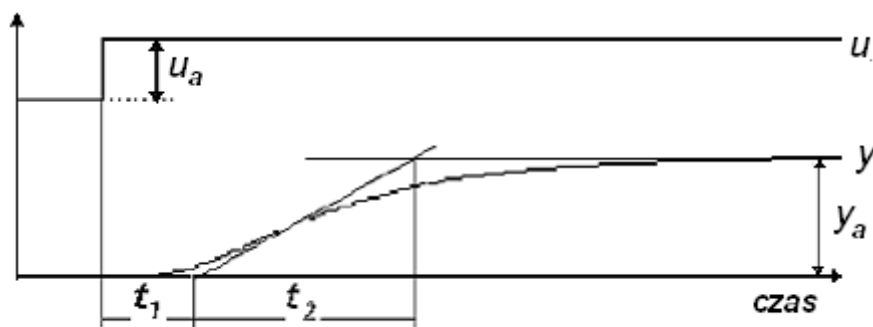
oraz stałej czasowej obiektu

$$t_2 = \tau$$

Stale czasowe uzyskuje się realizując skok wielkości wejściowej obiektu u_a i analizując odpowiedź obiektu y_a gdzie:

u_a – wejście obiektu,

y_a – zmienna procesowa (wyjście obiektu).



Rys. 3.5.3. Odpowiedzi obiektu w eksperymencie Strejca.

Wyznaczone parametry podstawiamy do odpowiednich zależności, a następnie korzystamy z tabel 3.5.3. - 3.5.5.

$$K = \frac{y_a}{u_a} ; \quad \tau = t_2 ; \quad \tau_D = t_1$$

Tabela 3.5.3.

n	τ_D/τ	τ_D/τ_z	τ/τ_z	Y1
1	0	0	1	0
2	0,104	0,282	2,718	0,264
3	0,218	0,805	3,695	0,323
4	0,319	1,425	4,465	0,353
5	0,410	2,100	5,119	0,371
6	0,493	2,811	5,699	0,384
7	0,570	3,549	6,226	0,394
8	0,642	4,307	6,711	0,401
9	0,709	5,081	7,164	0,407
10	0,773	5,869	7,590	0,413

Tabela 3.5.4.

LOAD	k_p	T_i	T_d
PI	$\frac{1}{K} 0,859 \left(\frac{\tau_D}{\tau} \right)^{-0,977}$	$\frac{\tau}{0,674 \left(\frac{\tau_D}{\tau} \right)^{-0,680}}$	-----
PID	$\frac{1}{K} 1,357 \left(\frac{\tau_D}{\tau} \right)^{-0,947}$	$\frac{\tau}{0,842 \left(\frac{\tau_D}{\tau} \right)^{-0,732}}$	$\tau 0,381 \left(\frac{\tau_D}{\tau} \right)^{0,995}$

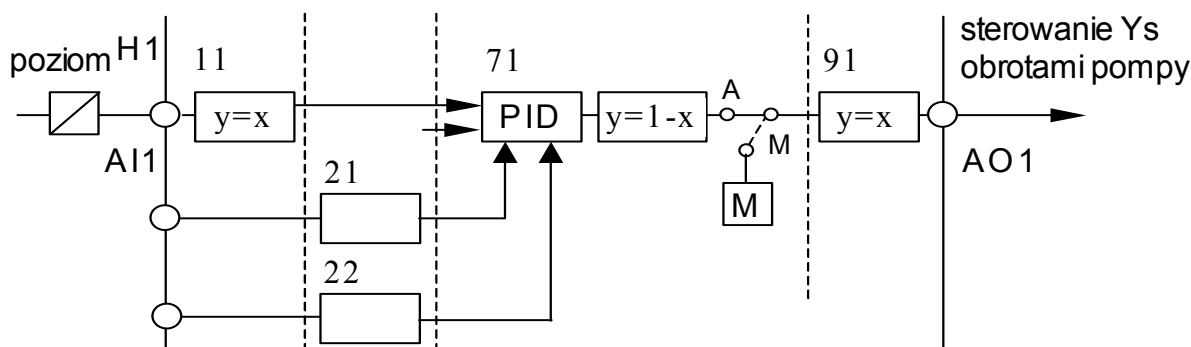
Tabela 3.5.5.

SP	k_p	T_i	T_d
PI	$\frac{1}{K} 0,586 \left(\frac{\tau_D}{\tau} \right)^{-0,916}$	$\frac{\tau}{1,03 - 0,165 \left(\frac{\tau_D}{\tau} \right)}$	-----
PID	$\frac{1}{K} 0,965 \left(\frac{\tau_D}{\tau} \right)^{-0,85}$	$\frac{\tau}{0,796 - 0,1465 \left(\frac{\tau_D}{\tau} \right)}$	$\tau 0,308 \left(\frac{\tau_D}{\tau} \right)^{0,929}$

4. STRUKTURY FUNKCJONALNE REGULATORA

4.1. Struktura jednoobwodowa

Schemat struktury funkcjonalnej regulatora dla jednoobwodowego układu regulacji wykorzystywanego w niniejszej pracy przedstawia rysunek 4.1.1.



Rys. 4.1.1. Schemat struktury regulatora dla jednoobwodowego układu regulacji.

Aby zaprogramować strukturę regulatora przedstawioną na rysunku 4.1.1. należy do poszczególnych adresów w tablicach konfiguracyjnych regulatora wprowadzić odpowiednie wartości. Wykaz adresów i ich wartości dla jednoobwodowej struktury regulacji został umieszczony w tabelach 4.1.1 - 4.1.6.

Tabela 4.1.1.

Warstwa 0 – parametry generalne.

Adres	Wartość	Opis	Rejestr
0 1 01	0	Hasło dostępu do programowania	
0 1 02	0	Hasło dostępu do wybranych parametrów	
0 1 03	0	Blokada alarmowania	
0 1 04	1	Blokada pracy w trybie programowania	
0 1 05	1	Adres sieciowy urządzenia	
0 1 06	1	Czas przerwy między przesyłkami	
0 1 07	0	Czas przerwy w transmisji – alarm ALT	
0 1 08	0	Alarm zegarowy ALZ	
0 1 09	48	Ustawianie sekund	
0 1 10	43	Ustawianie minut	

0 1 11	15	Ustawianie godzin	
0 1 12	15	Ustawianie dnia	
0 1 13	8	Ustawianie miesiąca	
0 1 14	2004	Ustawianie roku	
0 1 15	0	Ustawianie minut - alarm ALZ1	
0 1 16	0	Ustawianie godzin - alarm ALZ1	
0 1 17	0	Ustawianie minut - alarm ALZ2	
0 1 18	0	Ustawianie godzin - alarm ALZ2	
0 1 19	0	Ustawianie dnia - alarm ALZ1	
0 1 20	0	Ustawianie miesiąca - alarm ALZ1	
0 1 21	0	Ustawianie dnia - alarm ALZ2	
0 1 22	0	Ustawianie miesiąca - alarm ALZ2	
0 1 23	3	Jasność świecenia	
0 1 24	0	Przełączanie kanałów	
0 1 25	217	Wersja oprogramowania	
0 1 26	7	Wersja oprogramowania	
0 1 27	1	Pakiet na pozycji 1	
0 1 28	9	Pakiet na pozycji 2	
0 1 29	8	Pakiet na pozycji 3	
0 1 30	0	Prędkość transmisji	
0 1 31	0	Blokada pakietów S300	
0 1 32	0	Rodzaj pakietu S300 na pozycji 4	
0 1 33	0	Rodzaj pakietu S300 na pozycji 5	
0 1 34	0	Rodzaj pakietu S300 na pozycji 6	
0 1 35	0	Rodzaj pakietu S300 na pozycji 7	
0 1 36	0	Blokada warstwy 'b'	
0 1 37	117	Numer seryjny	

Tabela 4.1.2.

Warstwa 1 kanał 1.

Adres	Wartość	Opis	Rejestr
1 1 01	3	Pakiet pochodzenia X2	
1 1 02	0	Warstwa pochodzenia X2	
1 1 03	0	Kanał pochodzenia X2	
1 1 04	2	Stała filtracji	853
1 1 05	0	Wartość minimalna PVmin	
1 1 06	100	Wartość maksymalna PVmax	
1 1 07	0	Wartość alarmu L1	
1 1 08	100	Wartość alarmu H1	
1 1 09	0	Wartość alarmu L2	
1 1 10	100	Wartość alarmu H2	
1 1 11	5	Histereza alarmów HA1	
1 1 12	5	Histereza alarmów HA2	
1 1 13	0	Rodzaj wejścia	
1 1 14	0	Funkcje arytmetyczne X1 i X2	869
1 1 15	1	Współczynnik K1	
1 1 16	0	Współczynnik K2	

1 1 17	0	Logika działania bloku	
1 1 18	1	Blok aktywny	
1 1 19	0	Odczyt wyjścia bloku	876

Tabela 4.1.3.

Warstwa 2 kanał 1.

Adres	Wartość	Opis	Rejestr
2 1 01	0	Stała czasowa filtracji	
2 1 02	0	Logika wejścia dyskretnego	2681
2 1 03	0	Stan alarmowy	
2 1 04	1	Blok aktywny	2683
2 1 05	0	Odczyt wyjścia bloku	

Tabela 4.1.4.

Warstwa 2 kanał 2.

Adres	Wartość	Opis	Rejestr
2 2 01	0	Stała czasowa filtracji	
2 2 02	0	Logika wejścia dyskretnego	2691
2 2 03	0	Stan alarmowy	
2 2 04	1	Blok aktywny	2693
2 2 05	0	Odczyt wyjścia bloku	

Tabela 4.1.5.

Warstwa 7 kanał 1.

Adres	Wartość	Opis	Rejestr
7 1 01	3	Pakiet pochodzenia PV	
7 1 02	1	Warstwa pochodzenia PV	
7 1 03	1	Kanał pochodzenia PV	
7 1 04	1	Pakiet pochodzenia SP	
7 1 05	0	Warstwa pochodzenia SP	
7 1 06	0	Kanał pochodzenia SP	
7 1 07	0	Wartość minimalna PVmin	
7 1 08	100	Wartość maksymalna PVmax	
7 1 09	0	Rodzaj regulacji	
7 1 10	1	Algorytm regulacji	
7 1 11	0	Punkt pracy	
7 1 12	0	Sposób równoważenia	
7 1 13	0	Sposób równoważenia dla kaskady	
7 1 14	3	Współczynnik wzmocnienia kp	4916
7 1 15	30	Czas zdwojenia (całkowania) Ti	4918
7 1 16	0	Czas wyprzedzenia (różniczkowania) Td	4920
7 1 17	0	Współczynnik wzmocnienia kp (dla chłodzenia)	
7 1 18	0	Czas zdwojenia (całkowania) Ti (dla chłodzenia)	
7 1 19	0	Czas wyprzedzenia (różniczkowania) Td (dla chłodzenia)	

7 1 20	30	Wartość zadana SP	4928
7 1 21	0	Wartość współczynnika RATIO	
7 1 22	0	Wartość współczynnika BIAS	
7 1 23	-1	Kierunek działania regulatora	4934
7 1 24	50	Alarm dolny od uchyby regulacji ALd	
7 1 25	100	Alarm górny od uchyby regulacji AHd	
7 1 26	10	Zakres wskazań uchybu na bargrafie	
7 1 27	100	Histereza alarmu uchybu HSd	
7 1 28	0	Strefa nieczułości A	
7 1 29	0	Parametr dla regulacji 2P i 3P	
7 1 30	0	Parametr dla regulacji 2P i 3P	
7 1 31	0	Parametr dla regulacji 2P i 3P	
7 1 32	0	Strefa dokładnego pozycjonowania	
7 1 33	0	Pakiet wejścia sprzężenia	
7 1 34	0	Numer wejścia sprzężenia	
7 1 35	1	Tryb pracy po „restarcie”	
7 1 36	5	Skalowanie przyrostu wyjścia	
7 1 37	0	Wybór trybu prog./czas./fuzzy/BACKUP/FF	
7 1 38	1	Początkowy numer tablicy	
7 1 39	0	Numer pakietu dla funkcji BACKUP lub FF	
7 1 40	0	Numer warstwy dla funkcji BACKUP lub FF	
7 1 41	0	Numer kanału dla funkcji BACKUP lub FF	
7 1 42	328	Numer RSB startu	
7 1 43	329	Numer RSB stopu	
7 1 44	0	Numer RSB pauzy	
7 1 45	1	Rodzaj eksperymentu samostrojzenia	4961
7 1 46	30	Dopuszczalna odpowiedź obiektu	4962
7 1 47	0	Kryterium eksperymentu	4964
7 1 48	50	Czas stabilizacji procesu	4965
7 1 49	40	Uchyb przy badaniu stabilizacji	4966
7 1 50	10	Skok CV po rozpoczęciu eksperymentu	4967
7 1 51	0	Współczynnik predykcji A	
7 1 52	0	Współczynnik predykcji TD	4970
7 1 53	0	Współczynnik predykcji T	4972
7 1 54	0	Współczynnik predykcji K	4974
7 1 55	0	Akceptacja nastaw po eksperymencie	4976
7 1 56	0	Tryb pracy po zakończeniu eksperymentu	
7 1 57	0	Tryb pracy	4978
7 1 58	0	Blokada trybu auto przy przełączaniu do kaskady	
7 1 59	0	Ograniczenie minimum	
7 1 60	100	Ograniczenie maksimum	
7 1 61	0	Odczyt numeru tablicy w trybie programowym	
7 1 62	0	Uchyb regulacji (podgląd)	
7 1 63	1	Blok aktywny	
7 1 64	0	Wyjście bloku (podgląd)	

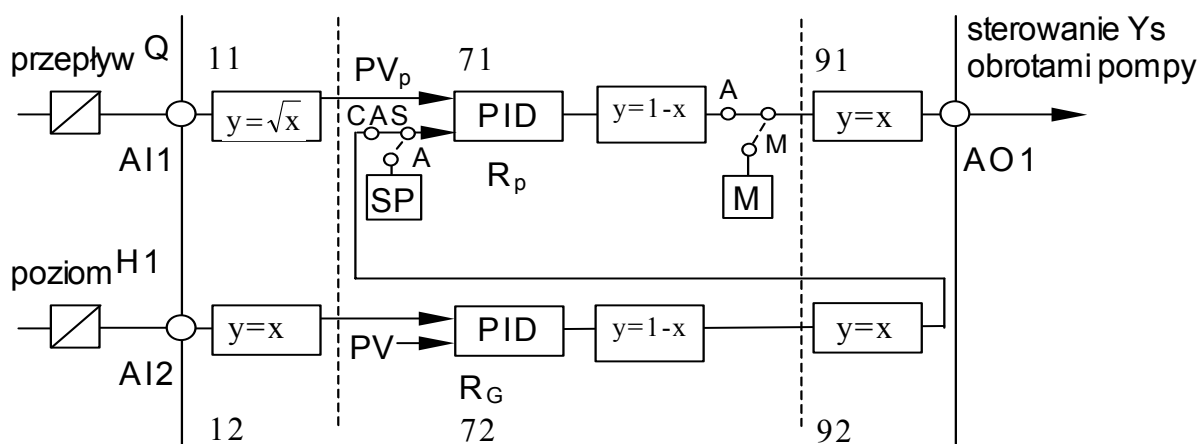
Tabela 4.1.6.

Warstwa 9 kanał 1.

Adres	Wartość	Opis	Rejestr
9 1 01	0	Pakiet pochodzenia sygnału x	
9 1 02	7	Warstwa pochodzenia sygnału x	
9 1 03	1	Kanał pochodzenia sygnału x	
9 1 04	0	Ograniczenie dolne YL (alarm)	
9 1 05	100	Ograniczenie górne YH (alarm)	
9 1 06	1	Histereza alarmu HAY	
9 1 07	0	Wartość sygnału po „restarcie”	
9 1 08	0	Wartość na wyjściu od RSB	
9 1 09	0	Numer rejestru RSB	
9 1 10	0	Działanie bloku	
9 1 11	1	Blok aktywny	
9 1 12	0	Odczyt wyjścia bloku	6011

4.2. Struktura kaskadowa

Schemat struktury funkcjonalnej regulatora dla kaskadowego układu regulacji wykorzystywanego w niniejszej pracy przedstawia rysunek 4.2.1.



Rys. 4.2.1. Schemat struktury funkcjonalnej regulatora dla kaskadowego układu regulacji.

Aby zaprogramować strukturę regulatora przedstawioną na rysunku 4.2.1. należy do poszczególnych adresów w tablicach konfiguracyjnych regulatora

wprowadzić odpowiednie wartości. Wykaz adresów i ich wartości dla kaskadowej struktury regulacji został umieszczony w tabelach 4.2.1 - 4.2.6.

Warstwa 0 parametrów generalnych jest tak samo skonfigurowana jak dla jednoobwodowego układu regulacji (tabela 4.1.1.).

Tabela 4.2.1.

Warstwa 1 kanał 1.

Adres	Wartość	Opis	Rejestr
1 1 01	3	Pakiet pochodzenia X2	
1 1 02	0	Warstwa pochodzenia X2	
1 1 03	0	Kanał pochodzenia X2	
1 1 04	2	Stała filtracji	853
1 1 05	0	Wartość minimalna PVmin	
1 1 06	100	Wartość maksymalna PVmax	
1 1 07	0	Wartość alarmu L1	
1 1 08	100	Wartość alarmu H1	
1 1 09	0	Wartość alarmu L2	
1 1 10	100	Wartość alarmu H2	
1 1 11	5	Histereza alarmów HA1	
1 1 12	5	Histereza alarmów HA2	
1 1 13	0	Rodzaj wejścia	869
1 1 14	3	Funkcje arytmetyczne X1 i X2	
1 1 15	1	Współczynnik K1	
1 1 16	0	Współczynnik K2	
1 1 17	0	Logika działania bloku	
1 1 18	1	Blok aktywny	
1 1 19	0	Odczyt wyjścia bloku	876

Tabela 4.2.2.

Warstwa 1 kanał 2.

Adres	Wartość	Opis	Rejestr
1 2 01	3	Pakiet pochodzenia X2	
1 2 02	0	Warstwa pochodzenia X2	
1 2 03	0	Kanał pochodzenia X2	
1 2 04	2	Stała filtracji	893
1 2 05	0	Wartość minimalna PVmin	
1 2 06	100	Wartość maksymalna PVmax	
1 2 07	0	Wartość alarmu L1	
1 2 08	100	Wartość alarmu H1	
1 2 09	0	Wartość alarmu L2	
1 2 10	100	Wartość alarmu H2	
1 2 11	5	Histereza alarmów HA1	
1 2 12	5	Histereza alarmów HA2	
1 2 13	0	Rodzaj wejścia	

1 2 14	0	Funkcje arytmetyczne X1 i X2	909
1 2 15	1	Współczynnik K1	
1 2 16	0	Współczynnik K2	
1 2 17	0	Logika działania bloku	
1 2 18	1	Blok aktywny	
1 2 19	0	Odczyt wyjścia bloku	916

Tabela 4.2.3

Warstwa 7 kanał 1.

Adres	Wartość	Opis	Rejestr
7 1 01	3	Pakiet pochodzenia PV	
7 1 02	1	Warstwa pochodzenia PV	
7 1 03	1	Kanał pochodzenia PV	
7 1 04	1	Pakiet pochodzenia SP	
7 1 05	9	Warstwa pochodzenia SP	
7 1 06	2	Kanał pochodzenia SP	
7 1 07	0	Wartość minimalna PVmin	
7 1 08	100	Wartość maksymalna PVmax	
7 1 09	0	Rodzaj regulacji	
7 1 10	1	Algorytm regulacji	
7 1 11	0	Punkt pracy	
7 1 12	1	Sposób równoważenia	
7 1 13	1	Sposób równoważenia dla kaskady	
7 1 14	3	Współczynnik wzmocnienia kp	4916
7 1 15	0	Czas zdwojenia (całkowania) Ti	4918
7 1 16	0	Czas wyprzedzenia (różniczkowania) Td	4920
7 1 17	0	Współczynnik wzmocnienia kp (dla chłodzenia)	
7 1 18	0	Czas zdwojenia (całkowania) Ti (dla chłodzenia)	
7 1 19	0	Czas wyprzedzenia (różniczkowania) Td (dla chłodzenia)	
7 1 20	30	Wartość zadana SP	4928
7 1 21	0	Wartość współczynnika RATIO	
7 1 22	0	Wartość współczynnika BIAS	
7 1 23	-1	Kierunek działania regulatora	4934
7 1 24	50	Alarm dolny od uchyby regulacji ALd	
7 1 25	100	Alarm górny od uchyby regulacji AHd	
7 1 26	10	Zakres wskazań uchybu na bargrafie	
7 1 27	100	Histereza alarmu uchybu HSd	
7 1 28	0	Strefa nieczułości A	
7 1 29	0	Parametr dla regulacji 2P i 3P	
7 1 30	0	Parametr dla regulacji 2P i 3P	
7 1 31	0	Parametr dla regulacji 2P i 3P	
7 1 32	0	Strefa dokładnego pozycjonowania	
7 1 33	0	Pakiet wejścia sprzężenia	
7 1 34	0	Numer wejścia sprzężenia	
7 1 35	1	Tryb pracy po „restarcie”	
7 1 36	5	Skalowanie przyrostu wyjścia	
7 1 37	0	Wybór trybu prog./czas./fuzzy/BACKUP/FF	

7 1 38	1	Początkowy numer tablicy	
7 1 39	0	Numer pakietu dla funkcji BACKUP lub FF	
7 1 40	0	Numer warstwy dla funkcji BACKUP lub FF	
7 1 41	0	Numer kanału dla funkcji BACKUP lub FF	
7 1 42	0	Numer RSB startu	
7 1 43	0	Numer RSB stopu	
7 1 44	0	Numer RSB pauzy	
7 1 45	0	Rodzaj eksperymentu samostrojzenia	4961
7 1 46	0	Dopuszczalna odpowiedź obiektu	4962
7 1 47	0	Kryterium eksperymentu	4964
7 1 48	0	Czas stabilizacji procesu	4965
7 1 49	0	Uchyb przy badaniu stabilizacji	4966
7 1 50	0	Skok CV po rozpoczęciu eksperymentu	4967
7 1 51	0	Współczynnik predykcji A	
7 1 52	0	Współczynnik predykcji TD	4970
7 1 53	0	Współczynnik predykcji T	4972
7 1 54	0	Współczynnik predykcji K	4974
7 1 55	0	Akceptacja nastaw po eksperymencie	4976
7 1 56	0	Tryb pracy po zakończeniu eksperymentu	
7 1 57	2	Tryb pracy	4978
7 1 58	0	Blokada trybu auto przy przełączaniu do kaskady	
7 1 59	0	Ograniczenie minimum	
7 1 60	100	Ograniczenie maksimum	
7 1 61	0	Odczyt numeru tablicy w trybie programowym	
7 1 62	0	Uchyb regulacji (podgląd)	
7 1 63	1	Blok aktywny	
7 1 64	0	Wyjście bloku (podgląd)	

Tabela 4.2.4.

Warstwa 7 kanał 2.

Adres	Wartość	Opis	Rejestr
7 2 01	3	Pakiet pochodzenia PV	
7 2 02	1	Warstwa pochodzenia PV	
7 2 03	2	Kanał pochodzenia PV	
7 2 04	1	Pakiet pochodzenia SP	
7 2 05	0	Warstwa pochodzenia SP	
7 2 06	0	Kanał pochodzenia SP	
7 2 07	0	Wartość minimalna PVmin	
7 2 08	100	Wartość maksymalna PVmax	
7 2 09	0	Rodzaj regulacji	
7 2 10	1	Algorytm regulacji	
7 2 11	0	Punkt pracy	
7 2 12	1	Sposób równoważenia	
7 2 13	0	Sposób równoważenia dla kaskady	
7 2 14	2	Współczynnik wzmocnienia kp	5016
7 2 15	40	Czas zdwojenia (całkowania) Ti	5018
7 2 16	0	Czas wyprzedzenia (róźniczkowania) Td	5020

7 2 17	0	Współczynnik wzmocnienia kp (dla chłodzenia)	
7 2 18	0	Czas zdwojenia (całkowania) Ti (dla chłodzenia)	
7 2 19	0	Czas wyprzedzenia (różniczkowania) Td (dla chłodzenia)	
7 2 20	30	Wartość zadana SP	5028
7 2 21	0	Wartość współczynnika RATIO	
7 2 22	0	Wartość współczynnika BIAS	
7 2 23	-1	Kierunek działania regulatora	5034
7 2 24	50	Alarm dolny od uchyby regulacji ALd	
7 2 25	100	Alarm górny od uchyby regulacji AHd	
7 2 26	10	Zakres wskazań uchybu na bargrafie	
7 2 27	100	Histereza alarmu uchybu HSd	
7 2 28	0	Strefa nieczułości A	
7 2 29	0	Parametr dla regulacji 2P i 3P	
7 2 30	0	Parametr dla regulacji 2P i 3P	
7 2 31	0	Parametr dla regulacji 2P i 3P	
7 2 32	0	Strefa dokładnego pozycjonowania	
7 2 33	0	Pakiet wejścia sprzężenia	
7 2 34	0	Numer wejścia sprzężenia	
7 2 35	1	Tryb pracy po „restarcie”	
7 2 36	5	Skalowanie przyrostu wyjścia	
7 2 37	0	Wybór trybu prog./czas./fuzzy/BACKUP/FF	
7 2 38	1	Początkowy numer tablicy	
7 2 39	0	Numer pakietu dla funkcji BACKUP lub FF	
7 2 40	0	Numer warstwy dla funkcji BACKUP lub FF	
7 2 41	0	Numer kanału dla funkcji BACKUP lub FF	
7 2 42	0	Numer RSB startu	
7 2 43	0	Numer RSB stopu	
7 2 44	0	Numer RSB pauzy	
7 2 45	0	Rodzaj eksperymentu samostrojzenia	
7 2 46	0	Dopuszczalna odpowiedź obiektu	
7 2 47	0	Kryterium eksperymentu	
7 2 48	0	Czas stabilizacji procesu	
7 2 49	0	Uchyb przy badaniu stabilizacji	
7 2 50	0	Skok CV po rozpoczęciu eksperymentu	
7 2 51	0	Współczynnik predykcji A	
7 2 52	0	Współczynnik predykcji TD	
7 2 53	0	Współczynnik predykcji T	
7 2 54	0	Współczynnik predykcji K	
7 2 55	0	Akceptacja nastaw po eksperymentcie	
7 2 56	0	Tryb pracy po zakończeniu eksperymentu	
7 2 57	1	Tryb pracy	5078
7 2 58	0	Blokada trybu auto przy przełączaniu do kaskady	
7 2 59	0	Ograniczenie minimum	
7 2 60	100	Ograniczenie maksimum	
7 2 61	0	Odczyt numeru tablicy w trybie programowym	
7 2 62	0	Uchyb regulacji (podgląd)	
7 2 63	1	Blok aktywny	
7 2 64	0	Wyjście bloku (podgląd)	

Tabela 4.2.5.

Warstwa 9 kanał 1.

Adres	Wartość	Opis	Rejestr
9 1 01	0	Pakiet pochodzenia sygnału x	
9 1 02	7	Warstwa pochodzenia sygnału x	
9 1 03	1	Kanał pochodzenia sygnału x	
9 1 04	0	Ograniczenie dolne YL (alarm)	
9 1 05	100	Ograniczenie górne YH (alarm)	
9 1 06	1	Histereza alarmu HAY	
9 1 07	0	Wartość sygnału po „restarcie”	
9 1 08	0	Wartość na wyjściu od RSB	
9 1 09	0	Numer rejestru RSB	
9 1 10	0	Działanie bloku	
9 1 11	1	Blok aktywny	
9 1 12	0	Odczyt wyjścia bloku	6011

Tabela 4.2.6.

Warstwa 1 kanał 2.

Adres	Wartość	Opis	Rejestr
9 2 01	2	Pakiet pochodzenia sygnału x	
9 2 02	7	Warstwa pochodzenia sygnału x	
9 2 03	2	Kanał pochodzenia sygnału x	
9 2 04	0	Ograniczenie dolne YL (alarm)	
9 2 05	100	Ograniczenie górne YH (alarm)	
9 2 06	0	Histereza alarmu HAY	
9 2 07	0	Wartość sygnału po „restarcie”	
9 2 08	0	Wartość na wyjściu od RSB	
9 2 09	0	Numer rejestru RSB	
9 2 10	0	Działanie bloku	
9 2 11	1	Blok aktywny	
9 2 12	0	Odczyt wyjścia bloku	6032

5. SYSTEM KONTROLI I AKWIZYCJI DANYCH (SCADA)

5.1. Podstawowe funkcje systemów SCADA:

- komunikacja ze sterownikami, regulatorami, koncentratorami danych,
- odczytywanie i przetwarzanie zmiennych procesowych (obliczenia zmiennych niemierzalnych, bilansów, wskaźników statystycznych),
- oddziaływanie na proces, np. sterowanie ręczne z konsoli, zmiana wartości zadanych itp.
- kontrola procesu i sygnalizacja alarmów na ekranie (animacja obiektów, nadawanie priorytetów, grupowanie alarmów),
- archiwizacja danych (wartości zmiennych procesowych wyliczanych wskaźników, alarmów, ingerencji operatorów w pracę systemu),
- raportowanie (na żądanie, cyklicznie, po wystąpieniu zdarzenia),
- wizualizacja graficzna przebiegu procesu na schematach procesu, wykresach (wypełnienie, rozmiar, pozycja, kolor),
- bezpieczeństwo związane z ograniczeniem dostępu dla osób nie posiadających odpowiednich uprawnień,
- konfigurowanie obrazów synoptycznych,
- wymiana danych z innymi systemami oraz bazami danych, arkuszami kalkulacyjnymi itp.

5.2. InTouch jako system SCADA

InTouch firmy *Wonderware* to oprogramowanie zaprojektowane do wizualizacji oraz kontroli procesów przemysłowych. Oferuje łatwe w użyciu środowisko tworzenia aplikacji oraz rozległą funkcjonalność. InTouch to program otwarty i elastyczny, umożliwiający dostosowanie aplikacji do aktualnych potrzeb, przy zachowaniu szerokiego wachlarza połączeń z urządzeniami oraz systemami stosowanymi w przemyśle. Należy do najnowszych rozwiązań w dziedzinie aplikacji przemysłowych i jest jednym z najbardziej popularnych pakietów wizualizacyjnych na świecie. Umożliwia użytkownikom połączenie prawie

z każdym urządzeniem stosowanym w przemyśle posiadającym zdolność komunikacji.

Niektóre cechy oprogramowania **InTouch 8.0**:

- **Polska wersja językowa** - InTouch dostępny jest także w polskiej wersji językowej wraz z pełną dokumentacją,
- **Bogata biblioteka gotowych elementów graficznych** - możliwość wykorzystania wielu kontener ActiveX prostych w konfiguracji, ułatwiających szybkie tworzenie i wdrażanie aplikacji wizualizacyjnych,
- **Możliwość stworzenia wielu rodzajów połączeń animacyjnych,**
- **QuickScript** - to edytor skryptów umożliwiający poszerzenie funkcjonalności aplikacji oraz lepsze jej dopasowanie do potrzeb użytkownika, wykorzystuje także tzw. *QuickFunctions* (funkcje własne, napisane specjalnie dla danej aplikacji) oraz posiada wbudowany mechanizm sprawdzania poprawności składni,
- **Ułatwione wdrażanie i rozbudowa aplikacji** - możliwość pracy jako:
 - stacje pojedyncze,
 - w środowisku klient/serwer,
 - w środowisku Tag Server (serwer zmiennych).
- **Elastyczność konfiguracji alarmów** - sposób wyświetlania alarmów może być uzależniony od typu alarmu, odchylenia od wartości zadanej lub szybkości zmian zmiennej, grupy alarmowej czy nazwy stacji roboczej,
- **Baza danych Alarmów** - system alarmowy InTouch loguje informacje do Microsoft SQL Server'a lub bazy MDSE. Pozwala to w pełni korzystać z właściwości relacyjnej bazy danych - gwarantuje otwartość całego systemu,
- **Log Viewer** - wbudowane narzędzie diagnostyczne,
- **Bezpieczeństwo** - możliwe jest stosowanie trzech poziomów dostępu:
 - aplikacyjnego,
 - systemowego - kontrolera domeny lub lokalnego komputera,
 - poziomu ArchastrA – kontrola architektury FactorySuite Application Server.

- **Szybka komunikacja ze sprzętem PLC**
 - około 1000 programów komunikacyjnych (w tym do produktów Siemens, Modicon, GE Fanuc, Allen Bradley),
 - możliwość stworzenia własnego driwera,
 - otwarte protokoły komunikacyjne: SuiteLink, DDE, fastDDE, NetDDE.
- **Współpracuje z Industrial Application Server** - oprogramowanie służące do kompleksowego zarządzania systemami SCADA na terenie firmy,
- **Posiada certyfikat firmy Microsoft "Designed for Windows XP"**.

5.3. iFix jako system SCADA

iFix firmy *Intellution* jest jednym z najbardziej popularnych oprogramowań SCADA na świecie, iFix 3.5 to najnowsze wersja tego produktu. Realizuje wszystkie funkcje wizualizacji, archiwizacji danych i nadrzędnego sterowania procesami technologicznymi w zakładach przemysłowych. iFix umożliwia precyzyjne monitorowanie i kontrolę wszelkich parametrów procesów produkcyjnych, urządzeń i zasobów w celu zwiększenia wydajności i elastyczności produkcji.

Niektóre cechy oprogramowania **iFix 3.5**:

- **Integracja z VBA 6.3** – wbudowany Microsoft VBA (Visual Basic for Applications) systemu iFix został zaktualizowany do wersji 6.3.
- **Certyfikat zgodności z Windows Server 2003** – daje możliwość m.in. korzystanie z technologii Microsoft NET,
- **Administrator Projektów** – umożliwia wygodne zarządzanie wieloma projektami w jednym środowisku projektowym iFix 3.5,
- **Walidator aplikacji** - automatycznie czuwa nad integralnością plików i katalogów oprogramowania iFix. W razie wykrycia błędów dokumentuje nieprawidłowości i informuje o nich użytkownika. Walidator może współpracować z oprogramowaniem GE Fanuc Manager do

zaawansowanego zarządzania wersjami i awaryjnego przywracania aplikacji,

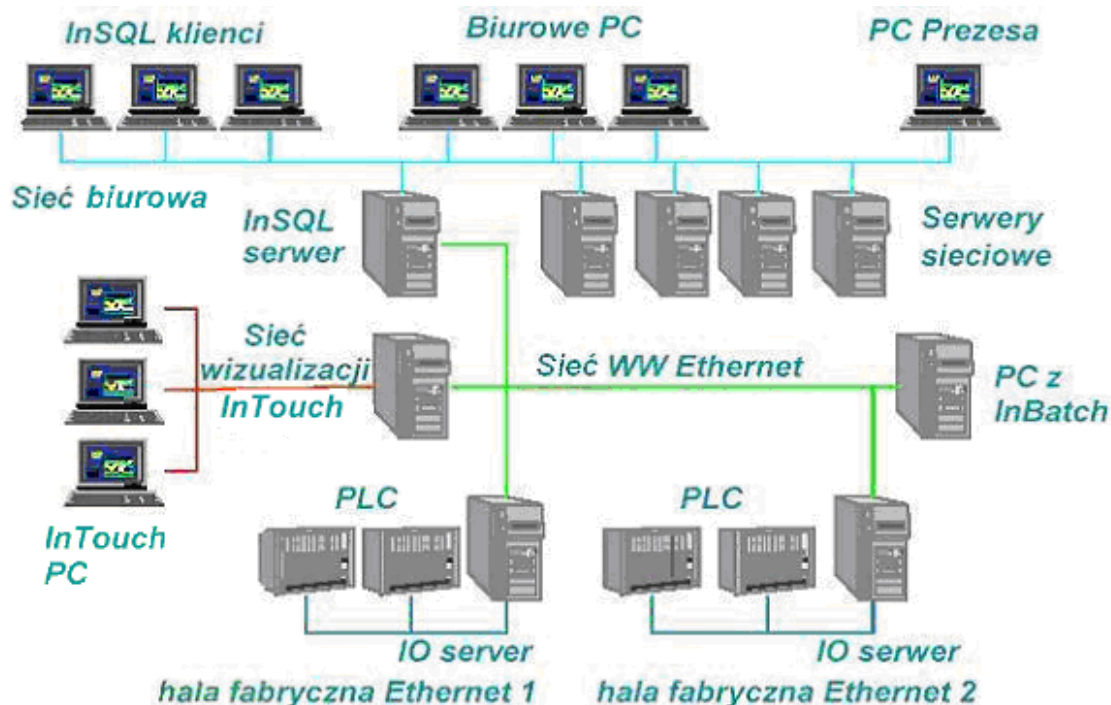
- **Menedżer profili użytkowników** – pozwala autoryzowanym użytkownikom na dodawanie, usuwanie i zarządzanie profilami użytkowników aplikacji oraz ich aplikacjami,
- **Obsługa drukarek alarmowych przez USB** – możliwość drukowania pojedynczych linii alarmów i komunikatów nie tylko na drukarkach podłączonych do portu równoległego, ale także na drukarkach podłączonych poprzez port USB,
- **Wykorzystanie technologii .NET** – udostępnienie zalet najnowszego środowiska projektowego Microsoft Visual Studio .NET w zestawie iFix Integration Toolkit, umożliwiającym dostęp do procesowej bazy danych oraz danych historycznych,
- **Kreator tworzenia kopii zapasowych i odzyskiwania danych** – nowe, łatwe w użyciu funkcje archiwizacji i odzyskiwania zarówno całych projektów, jak i pojedynczych plików,

5.4. Korzyści z zastosowania systemów SCADA:

- **Uporządkowanie organizacji produkcji** - już na etapie analizy procesu i projektowania aplikacji,
- **Zwiększenie dyscypliny pracy** - efekt bieżącego nadzoru produkcji oraz archiwizacji danych,
- **Zapewnienie pełnej informacji o przebiegu procesu i stanie aparatów technologicznych** - dostosowanej do potrzeb użytkowników (dyrektor, technolog, energetyk, automatyk, operatorzy),
- **Zmniejszenie strat spowodowanych awariami** - bieżąca informacja alarmowa skraca czas diagnostyki i umożliwia podejmowanie szybkich decyzji zabezpieczających,
- **Poprawa jakości produkcji** - analiza danych umożliwia identyfikację przyczyn powstawania wad, braków, błędów obsługi itp.

- **Zwiększenie wydajności produkcji** - możliwość wykrycia wąskich gardeł, zapewnienie ciągłości pracy, rytmiczności pracy urządzeń, optymalizacja obciążenia poszczególnych maszyn,
- **Zmniejszenie zużycia energii i surowców** - rejestracja powstających strat, zapewnienie koordynacji przepływów strumieni mas i energii,
- **Racjonalne planowanie remontów** - wynik rejestracji czasów pracy, liczby załączeń urządzeń, obliczenia ich sprawności, wskaźników zużycia itp.
- **Oszczędności kosztów zarządzania** - automatyczna dokumentacja przebiegu procesu, przygotowanie danych dla potrzeb zarządzania (np. raporty dotyczące wielkości produkcji, zużycia surowców i energii),
- **Możliwość zdalnego nadzoru nad pracą instalacji** - np. komputer w domu dyrektora podłączony modemem z systemem monitoringu,
- **Możliwość zdalnego powiadamiania o awariach,**
- **Podniesienie kultury technicznej przedsiębiorstwa.**

Przykładową strukturę sprzętową systemu SCADA przedstawia rysunek 4.4.1.

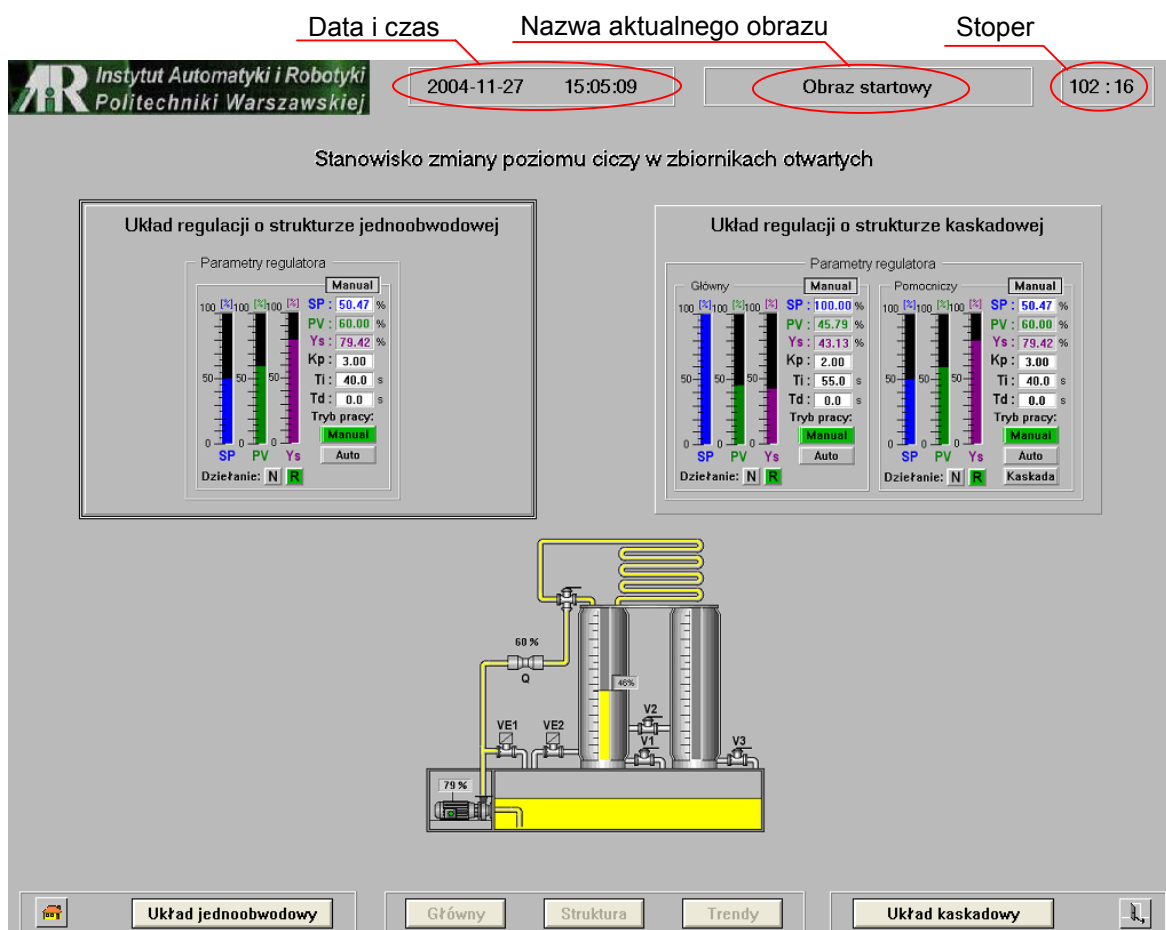


Rys. 5.4.1. Przykładowa struktura sprzętowa systemów SCADA.

6. WIZUALIZACJA W PROGRAMIE InTouch 8.0

6.1. Opis obrazów synoptycznych

Aplikacja została tak skonfigurowana aby po uruchomieniu drivera komunikacyjnego, a następnie WindowsViewera programu InTouch, użytkownikowi automatycznie ukazywał się obraz startowy pokazany na rysunku 6.1.1.

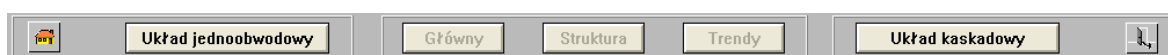







Rys. 6.1.1. Obraz startowy.


Stałymi elementami wszystkich obrazów synoptycznych są:


- napisy wyświetlające aktualną datę i czas,
- napis wyświetlający nazwę obrazu który jest oglądany,

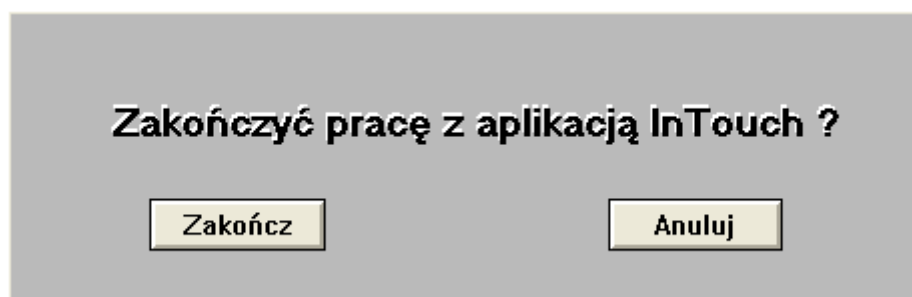
- stoper który pokazuje czas (ilość minut) jaki pozostał do zamknięcia aplikacji wynikającego z ograniczeń jakie posiada wersja testowa oprogramowania InTouch (możliwy czas ciągłej pracy aplikacji to dwie godziny),
- przyciski znajdujące się w dolnej części obrazu.



Przejście do obrazów synoptycznych wybranej struktury (jednoobwodowej lub kaskadowej) z poziomu obrazu startowego jest możliwe przez przyciśnięcie na jeden z obrazów znajdujących się w środkowej części ekranu (z odpowiednim napisem) lub na jeden z przycisków  , co spowoduje ukazanie się obrazu głównego wybranej struktury regulacji. Gdy jedna ze struktur została wybrana uaktywniają się przyciski   , które umożliwiają użytkownikowi przechodzenie między obrazami wybranej struktury (są nieaktywne podczas wyświetlania obrazu startowego).

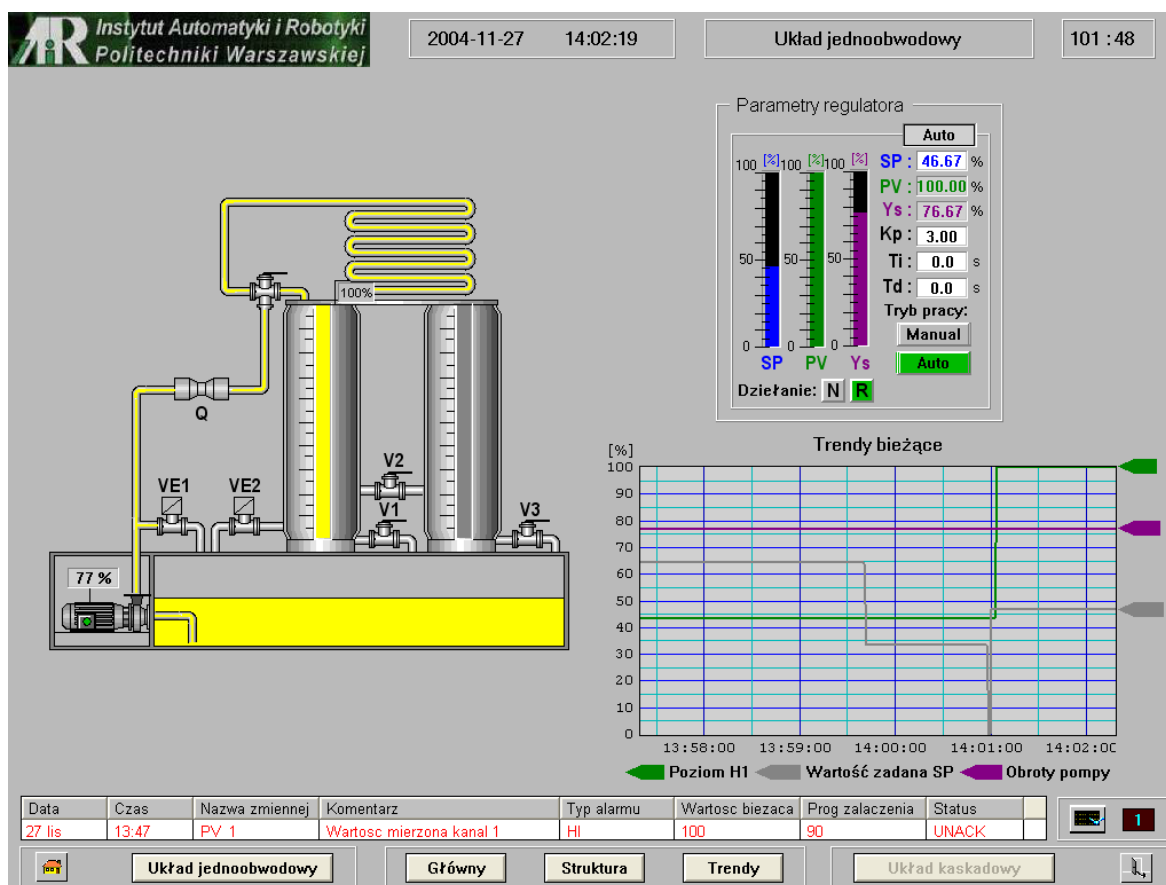
Wciśnięcie na przycisk  spowoduje wyjście z wybranej struktury i powrót do obrazu startowego, niezależnie jaki obraz jest aktualnie wyświetlany.

Wciśnięcie przycisku , spowoduje pojawienie się okna umożliwiającego zakończenie pracy aplikacji (rysunek 6.1.2.).



Rys. 6.1.2. Zamykanie aplikacji.

Po wybraniu układu regulacji o strukturze jednoobwodowej ukaże się główny obraz tej struktury (rysunek 6.1.3.).



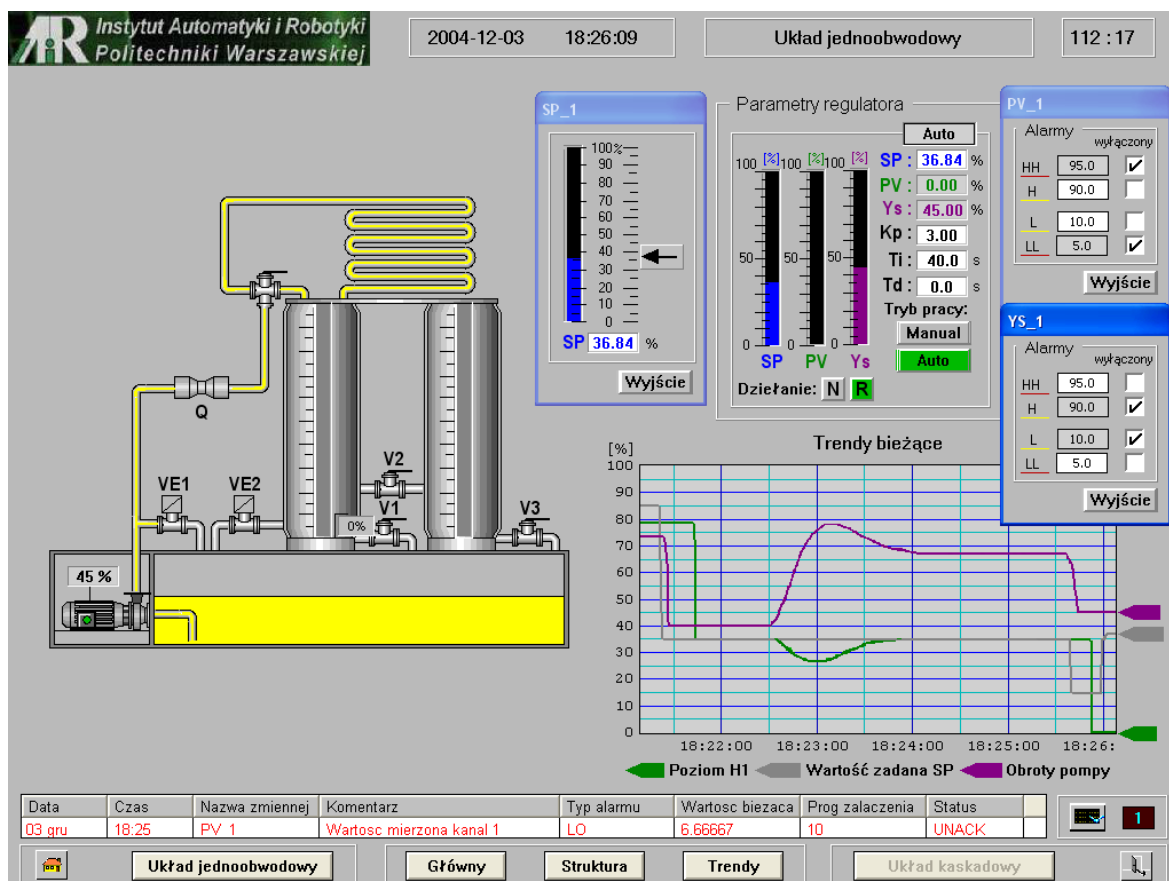
Rys. 6.1.3. Obraz główny struktury jednoobwodowej.

Obrazy główne wybranych struktur zawierają:

- dynamiczny obraz stanowiska laboratoryjnego,
- elementy dotyczące regulatora, nastaw (K_p , T_i , T_d), wartości sygnałów: PV, SP, Y_s oraz możliwość ustawienia trybu pracy i działania regulatora (wybrana opcja podświetlana jest na zielono **Auto**, **R**),
- komponent wyświetlający bieżące trendy wybranych zmiennych.

Wszystkie wartości wyświetlane na białym tle mogą być zmieniane. Wciśnięcie przycisku myszki gdy jej kursor znajduje się w obszarze pola wyświetlania wartości, spowoduje pojawienie się okna , w którym


możemy wpisać żadaną wartość wybranego parametru (dotyczy to wszystkich obrazów). Wciśnięcie na napisy **SP**, **PV**, **Ys** spowoduje pojawienie się stacyjek z przypisanych do tych zmiennych (rysunek 6.1.4.).



Rys. 6.1.4. Obraz główny struktury jednoobwodowej - stacyjki.

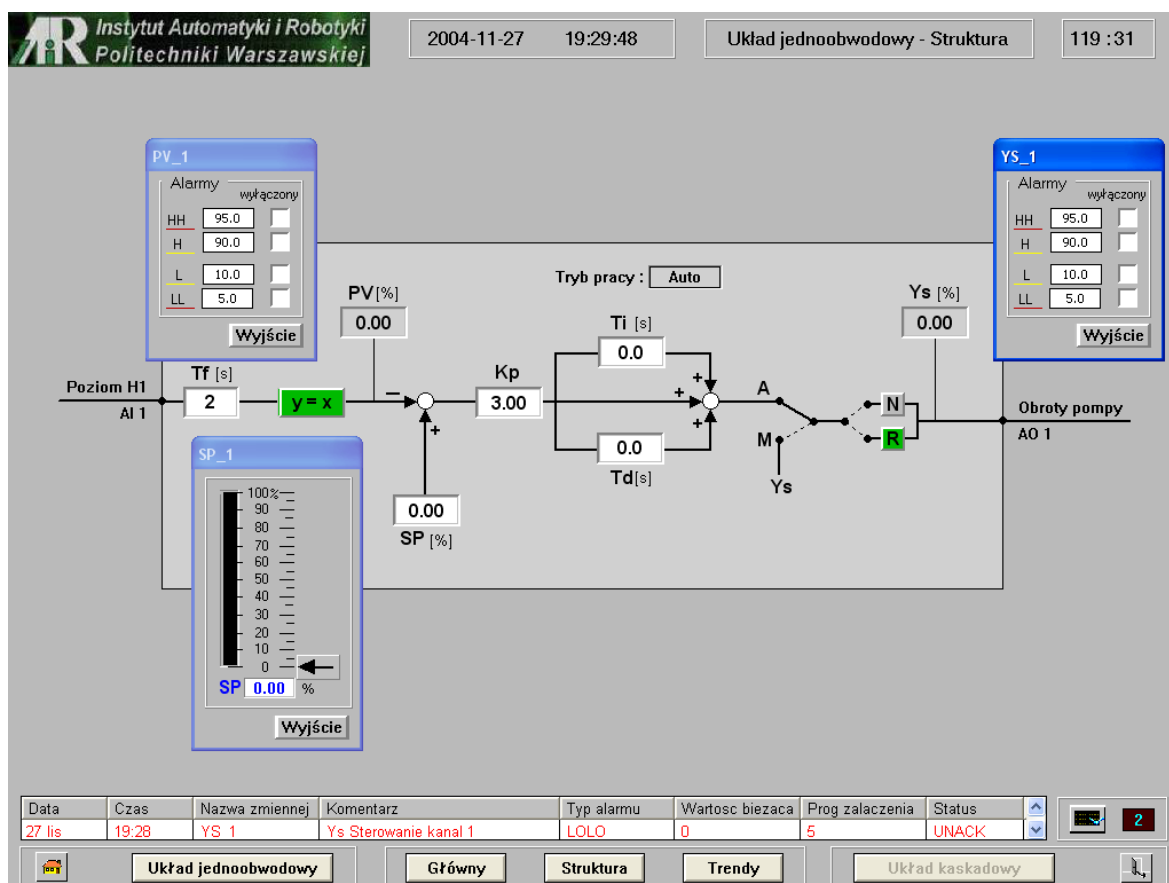
Na stacyjce przypisanej do zmiennej SP używając suwaka, mamy możliwość zmiany wartości zadanej bez konieczności używania klawiatury.

Stacyjki dotyczące zmiennych PV i Ys służą do wyłączania/włączania oraz zmiany wartości progów alarmowych. Gdy wartość danej zmiennej przekroczy próg alarmowy, alarm ukazuje się w komponencie alarmów bieżących w dolnej części ekranu.

Przycisk  służy do potwierdzania aktualnie występujących alarmów, a w polu **2** wyświetlana jest ich aktualna liczba. Gdy żaden z progów alarmowych

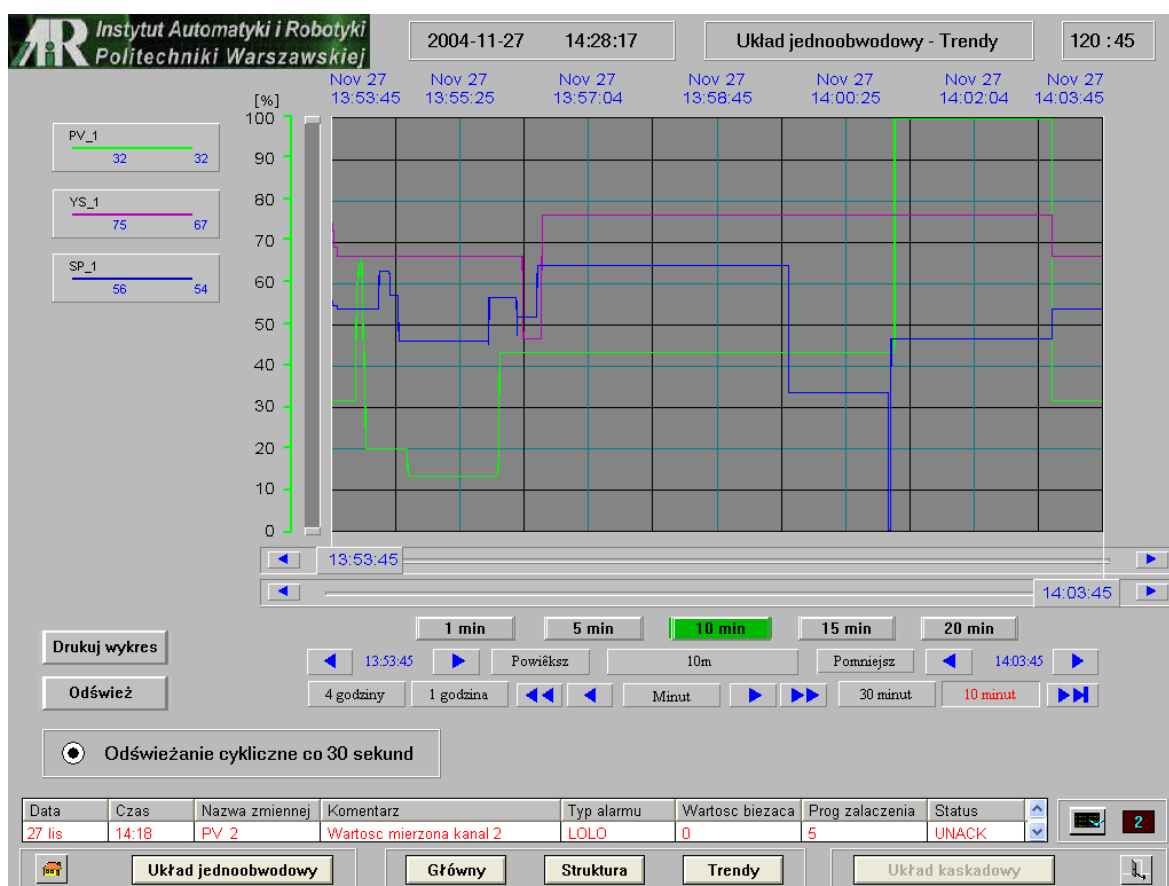
nie został przekroczony lub alarmowanie zostało wyłączone komponent z alarmami znika.

Nie zmieniając struktury regulacji wciskając przycisk **Struktura** spowodujemy otwarcie okna przedstawiającego strukturę funkcjonalną regulatora (rysunek 6.1.5.). Z poziomu tego obrazu możemy obserwować/zmieniać parametry regulatora, ustawiać stałą filtracji sygnału wejściowego jak również sprawdzić, czy jest ustawiony właściwy algorytm funkcji przetwarzania dla danego ćwiczenia. Gdy przycisk z napisem $y = x$ jest szary, oznacza to że jest wybrany inny algorytm od tego jaki znajduje się na przycisku. Wciśnięcie przycisku $y = x$ spowoduje wybranie algorytmu $y = x$, a także zmianę tła przycisku na zielone (jak na rysunku 6.1.5.).



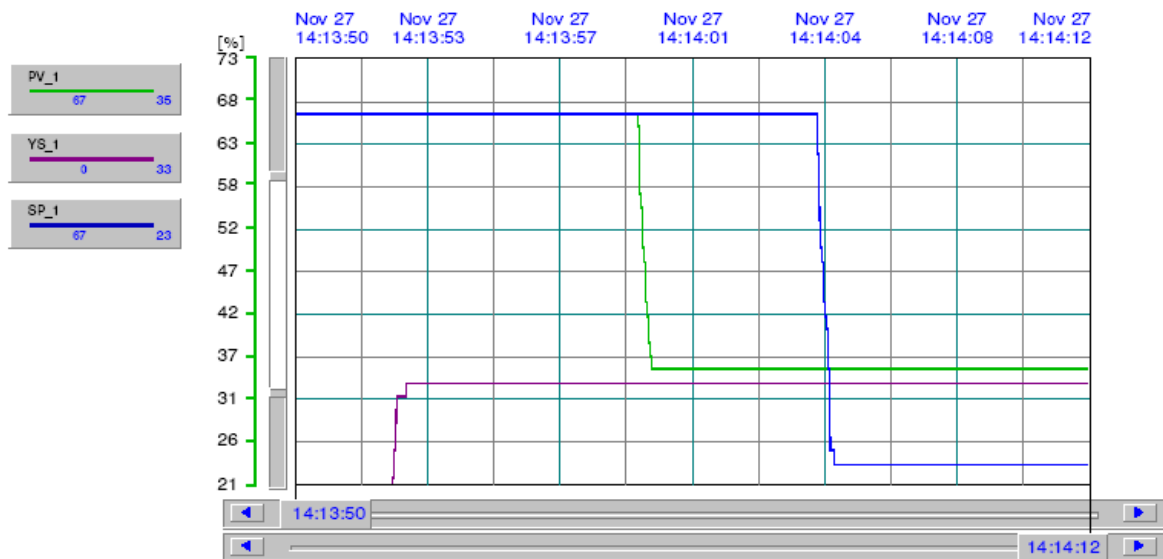
Rys. 6.1.5. Struktura funkcjonalna regulatora - struktura jednoobwodowa.

Wciskając na przycisk **Trendy** pojawi się okno z trendami (rysunek 6.1.6.). W tym oknie możemy przeglądać trendy historyczne zmiennych PV, SP, Ys, ustalać przedział czasu jaki ma być wyświetlany oraz powiększać wybrany fragment trendu. Wciśnięcie przycisku **Odśwież** powoduje uaktualnienie komponentu z trendami. Zaznaczenie opcji „Odświeżaj cyklicznie co 30 sekund” uruchomi skrypt związany z danym oknem, co spowoduje, że aktualizacja trendów będzie automatyczna co 30 sekund.



Rys. 6.1.6. Trendy - struktura jednoobwodowa.

Ponieważ aplikacja ma służyć do przeprowadzania ćwiczeń laboratoryjnych, wymagana jest prezentacja wyników w formie wydruku. Przycisk **Drukuj wykres** umożliwia wydrukowanie zmodyfikowanego obrazu wybranego fragmentu trendów. Modyfikacja polega na ograniczeniu pola wydruku i zmianie koloru tła okna na białe. Przykład takiego wydruku przedstawia rysunek 6.1.7.

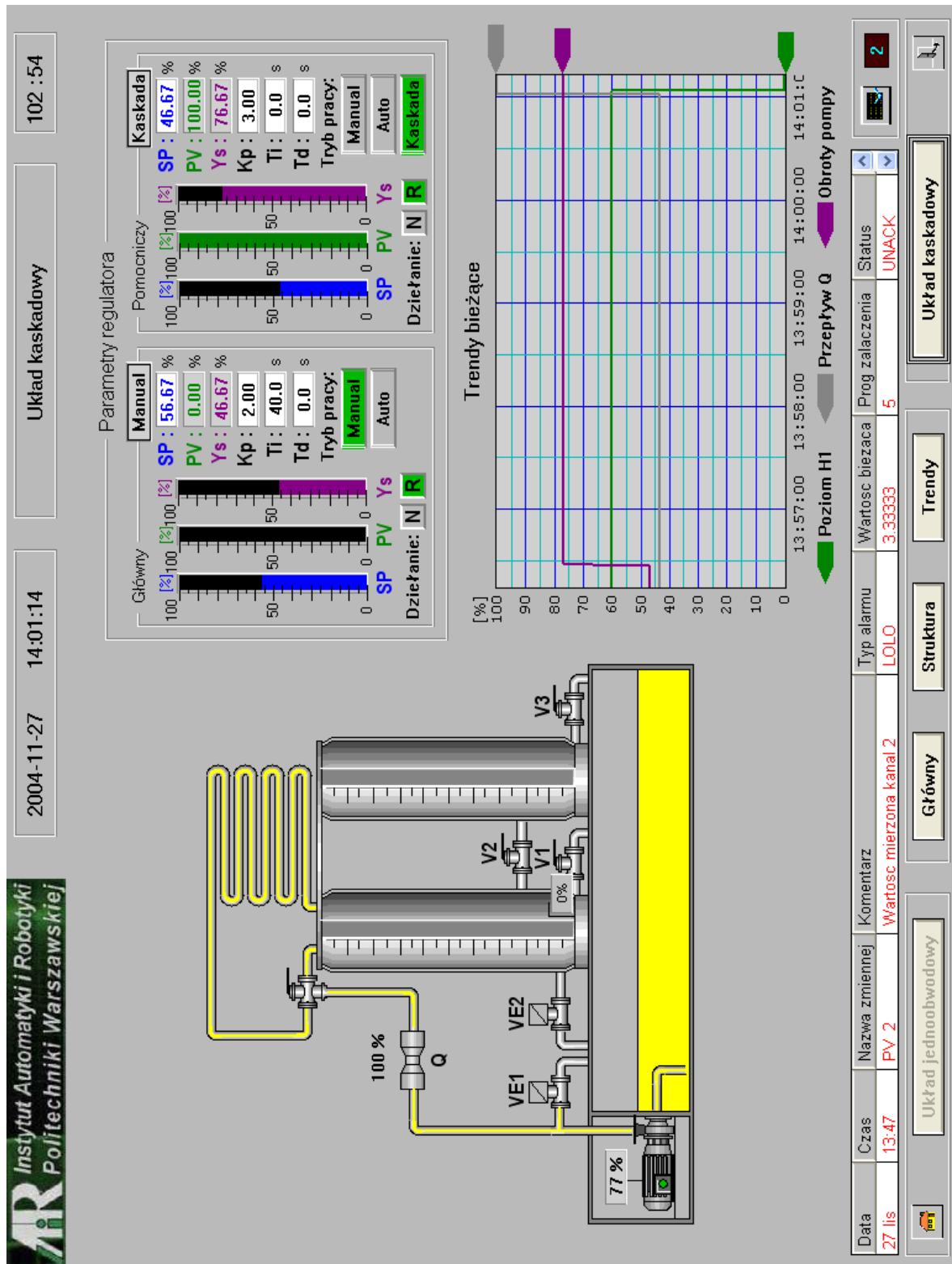


Rys. 6.1.7. Trendy - struktura jednoobwodowa - wydruk.

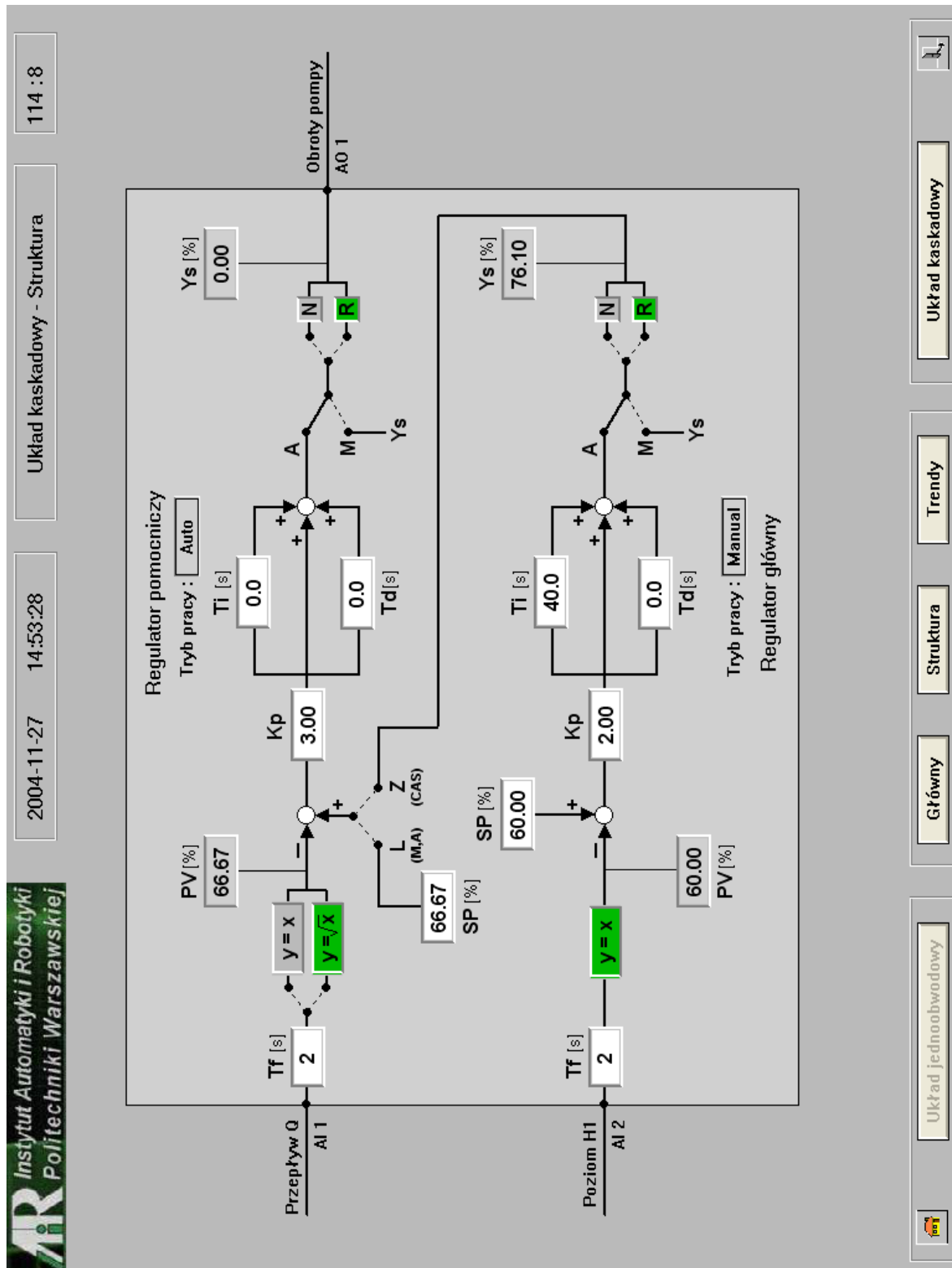
Wybierając układu regulacji o strukturze kaskadowej, analogicznie jak dla układu jednoobwodowego są dostępne okna :

- obraz główny struktury kaskadowej (rysunek 6.1.8.),
- struktura funkcjonalna regulatora - struktura kaskadowa (rysunek 6.1.9.),
- trendy - struktura kaskadowa (rysunek 6.1.10.).

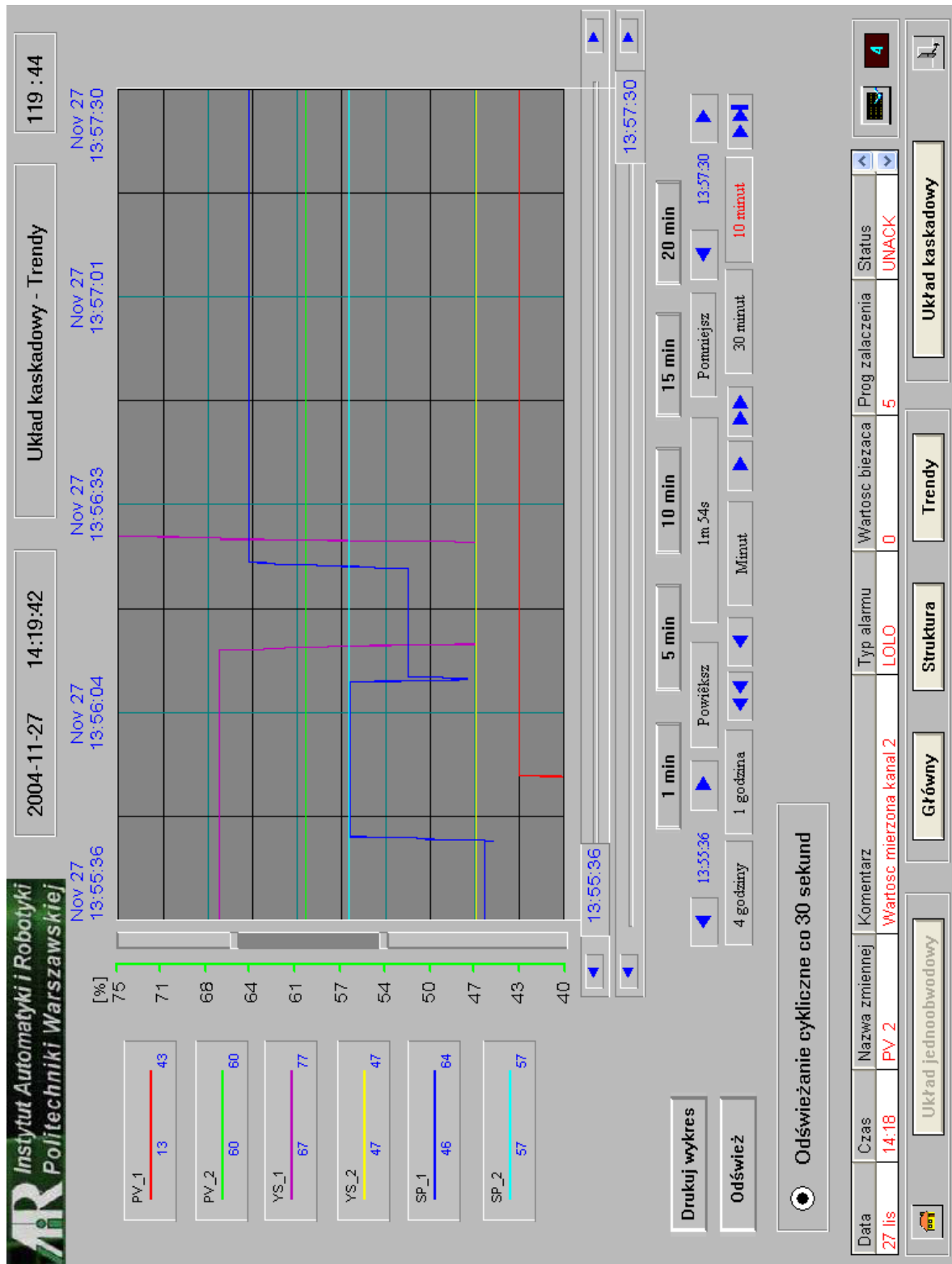
Właściwości tych okien (przycisków, pól) są takie same jak odpowiadających im okien dla układu o strukturze jednoobwodowej, które zostały opisane powyżej.



Rys. 6.1.8. Obraz główny struktury kaskadowej.




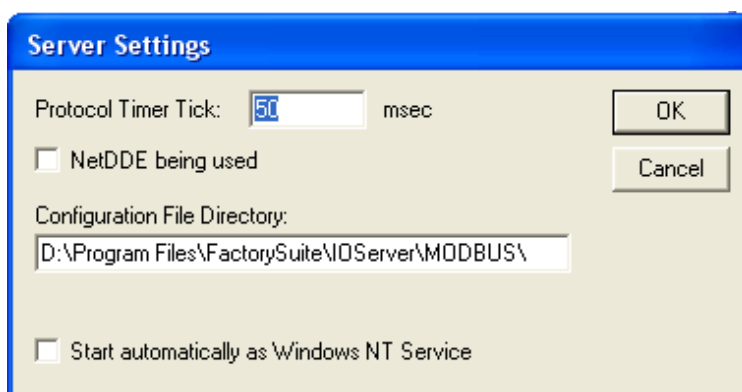
Rys. 6.1.9. Struktura funkcjonalna regulatora – struktura kaskadowa.



Rys. 6.1.10. Trendy - struktura kaskadowa.

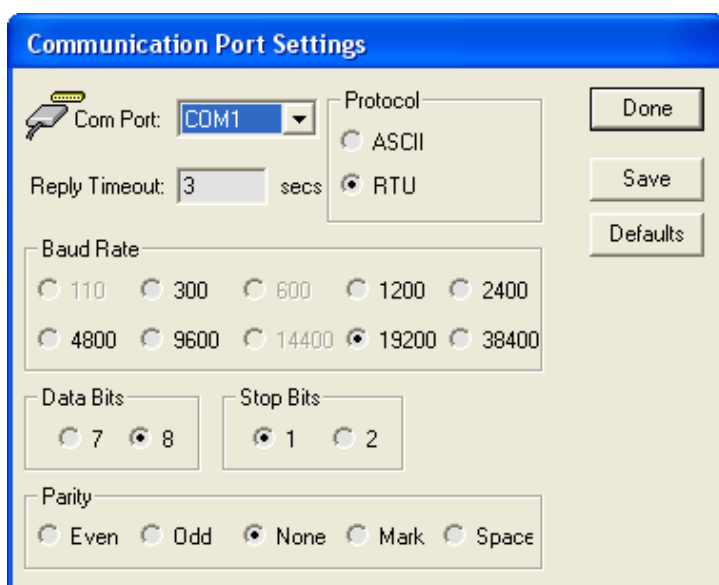
6.2. Konfiguracja oprogramowania

Aby uruchomić aplikację należy, po zainstalowaniu InTouch-a oraz drivera Modicon Modbus, przegrać pliki konfiguracyjne Modbus-a, które znajdują się na dołączonej płycie CD w katalogu InTouch\MODBUS_konfiguracja. Ścieżkę do katalogu, w którym należy umieścić pliki można sprawdzić uruchamiając driver ikoną  Modicon MODBUS, wybierając z menu *Configure* polecenie *Server Settings* (rysunek 6.2.1.).



Rys. 6.2.1. Modbus – Server Settings.

Przykłady okien do ustawień konfiguracyjnych Modbusa przedstawia rysunek 6.2.2. i rysunek 6.2.3.



Rys. 6.2.2. Modbus – Communication Port Settings.

MODBUS Topic Definition

Topic Name: OK

Com Port: Slave ID: Cancel

Slave Device Type:

Use Concept Data Structures

String Variable Style

Full length (padded with spaces on the end)

C style (end marked by zero byte)

Pascal style (first byte contains length)

Register Type

BINARY

BCD



Block I/O Sizes

Coil Read: Register Read:

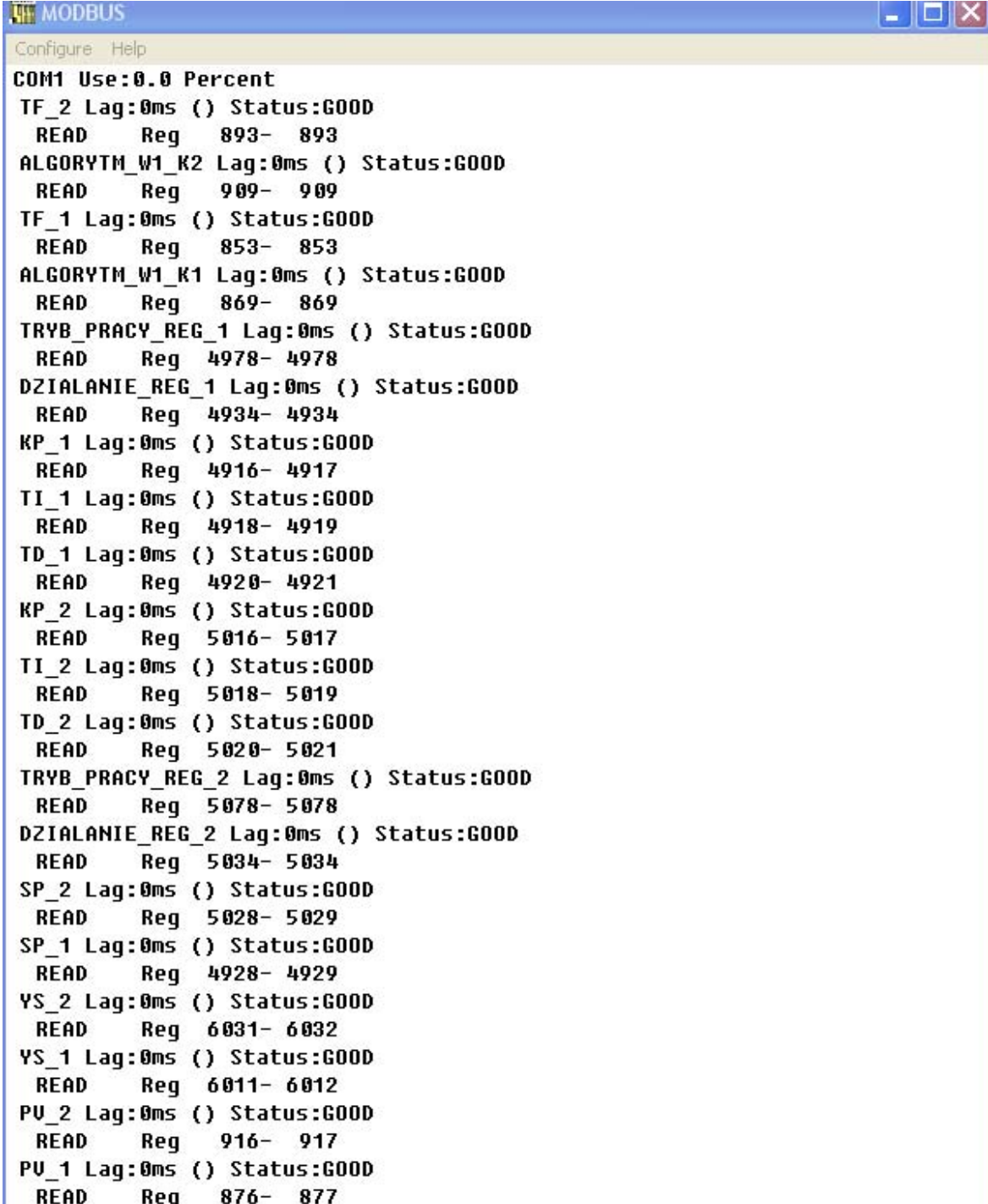
Coil Write: Register Write:

Update Interval: msec

Rys. 6.2.3. Modbus – Topic Definition.

Na dołączonej płycie CD w katalogu InTouch\Aplikacja_InTouch znajduje się aplikacja, którą należy zgrać na dysk i uruchomić Menadżera Aplikacji ikoną  InTouch . W Menadżerze Aplikacji w zakładce *Narzędzia* wybrać polecenie *Szukaj aplikacji* i podać właściwą ścieżkę do jej katalogu. Po uruchomieniu WindowsViewera ikoną  WindowViewer użytkownikowi ukaże się obraz startowy .

Widok okna drivera Modbusa, gdy wszystkie połączenia są poprawne, przedstawiony jest na rysunku 6.2.4.



The screenshot shows a window titled "MODBUS" with a menu bar containing "Configure" and "Help". The main area displays a list of connections, each with its name, lag time, and status. All connections are listed as "Status:GOOD".

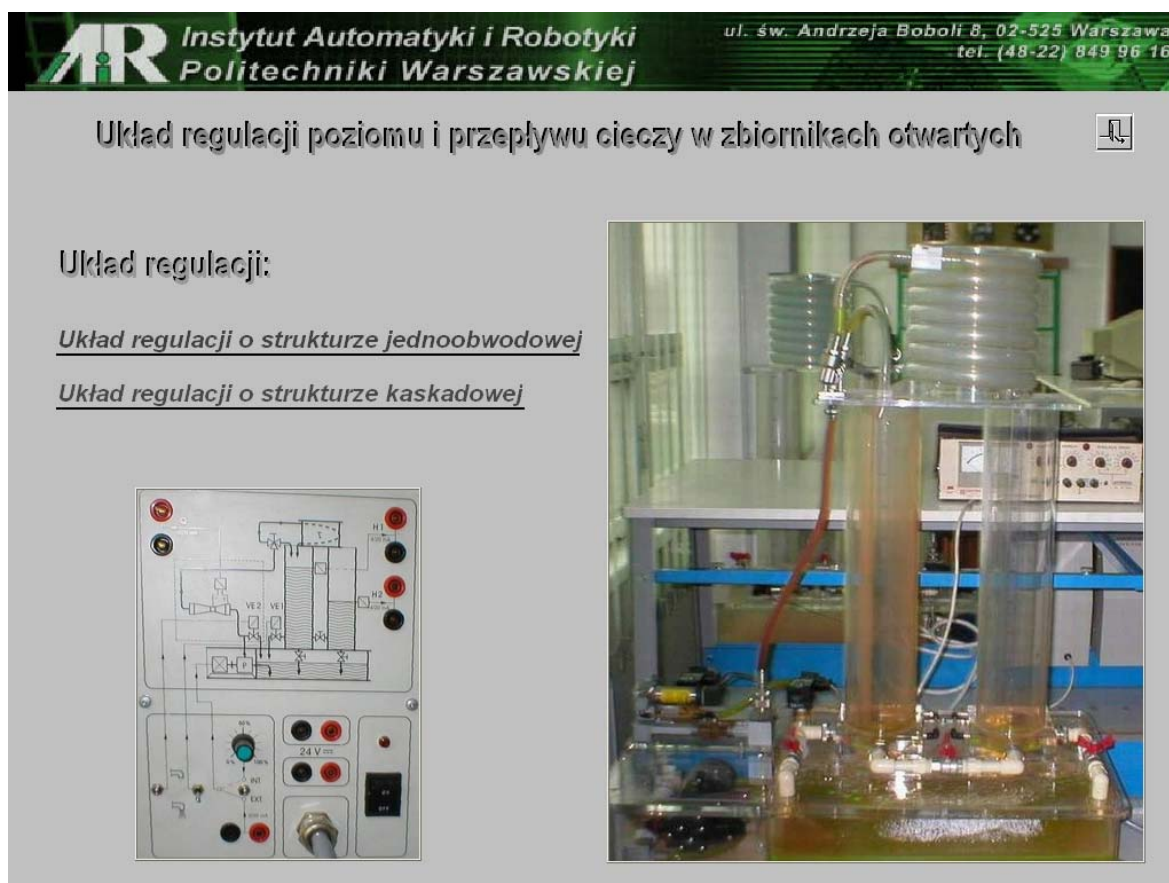
```
COM1 Use:0.0 Percent
TF_2 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 893- 893
ALGORYTM_W1_K2 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 909- 909
TF_1 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 853- 853
ALGORYTM_W1_K1 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 869- 869
TRYB_PRACY_REG_1 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 4978- 4978
DZIALANIE_REG_1 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 4934- 4934
KP_1 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 4916- 4917
TI_1 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 4918- 4919
TD_1 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 4920- 4921
KP_2 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 5016- 5017
TI_2 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 5018- 5019
TD_2 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 5020- 5021
TRYB_PRACY_REG_2 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 5078- 5078
DZIALANIE_REG_2 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 5034- 5034
SP_2 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 5028- 5029
SP_1 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 4928- 4929
YS_2 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 6031- 6032
YS_1 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 6011- 6012
PU_2 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 916- 917
PU_1 Lag:0ms () Status:GOOD
  READ Reg 876- 877
```

Rys. 6.2.4. Modbus – Status poprawnych połączeń.

7. WIZUALIZACJA W PROGRAMIE iFix 3.5


7.1. Opis obrazów synoptycznych

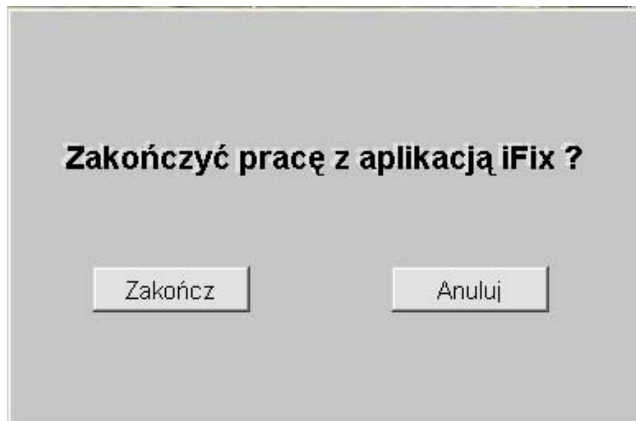
Uruchamiając oprogramowanie iFix (po wcześniejszym skonfigurowaniu) użytkownikowi ukaże się obraz startowy aplikacji pokazany na rysunku 7.1.1.



Rys. 7.1.1. Obraz startowy.

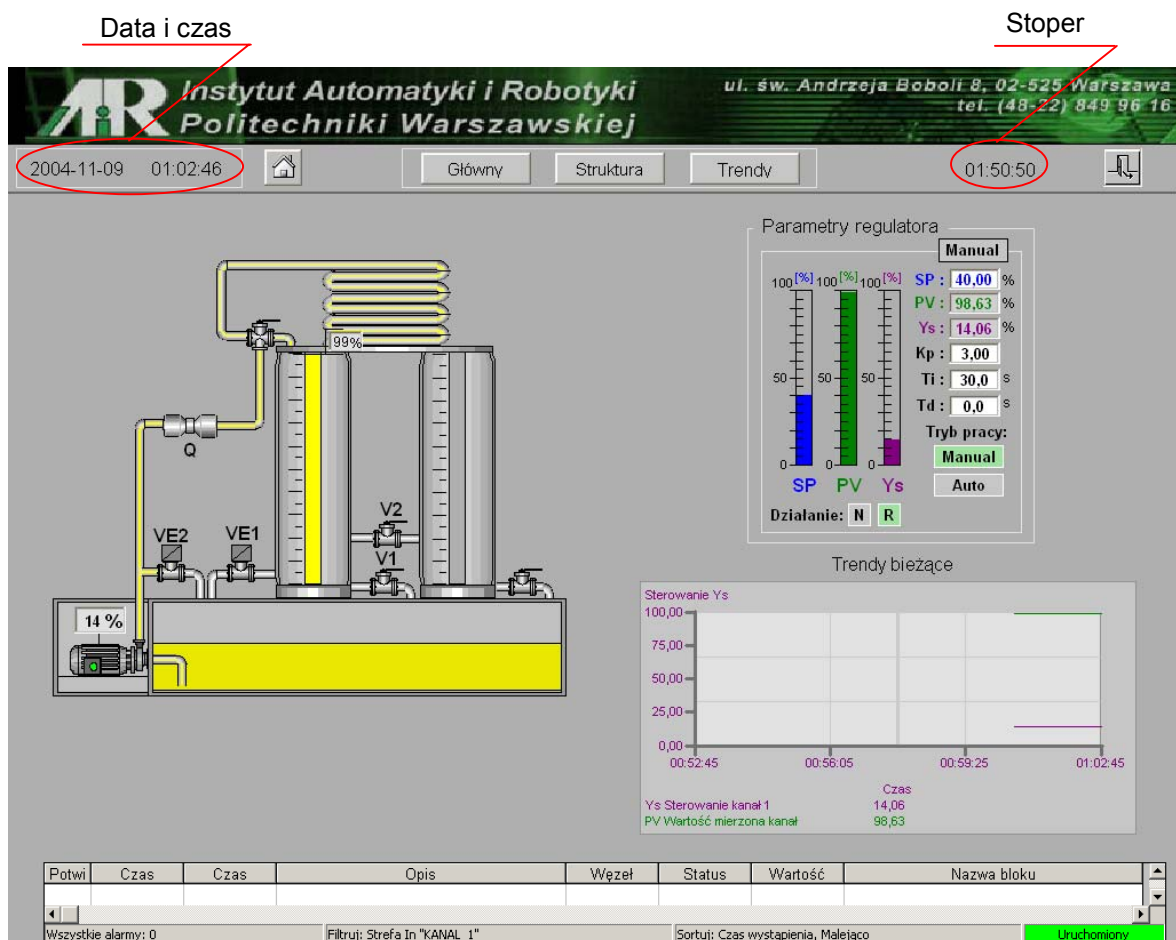
Aby przejść do dalszych obrazów synoptycznych wybranej struktury z poziomu obrazu startowego, użytkownik musi wybrać jedną z dostępnych struktur regulacji (jednoobwodową lub kaskadową), przez wciśnięcie na odpowiedni napis.

Wciśnięcie przycisku  powoduje pojawienie się okna umożliwiającego zakończenie pracy programu (rysunek 7.1.2.). Przycisk ten jest dostępny na każdym obrazie synoptycznym.







Rys. 7.1.2. Zamykanie aplikacji.

Po wybraniu układu regulacji o strukturze jednoobwodowej pokaże się obraz główny tej struktury (rysunek 7.1.3.).



Rys. 7.1.3. Obraz główny struktury jednoobwodowej.


Elementami stałymi obrazów synoptycznych (oprócz obrazu startowego) są:

- napisy wyświetlające aktualną datę i czas,
- stoper, który wyświetla czas jaki pozostał do automatycznego zamknięcia aplikacji, wynikający z ograniczeń wersji testowej oprogramowania iFix 3,5 (możliwy czas ciągłej pracy aplikacji to dwie godziny),
- przycisk  - przyciśnięcie go spowoduje wyjście z wybranej struktury i powrót do obrazu startowego,
- przyciski , ,  pozwalają na wyświetlenie obrazu o danej nazwie w wybranej strukturze,
- W dolnej części obrazów znajduje się komponent wyświetlający aktualnie występujące alarmy wynikające z przekroczenia wartości alarmowych danej zmiennej.

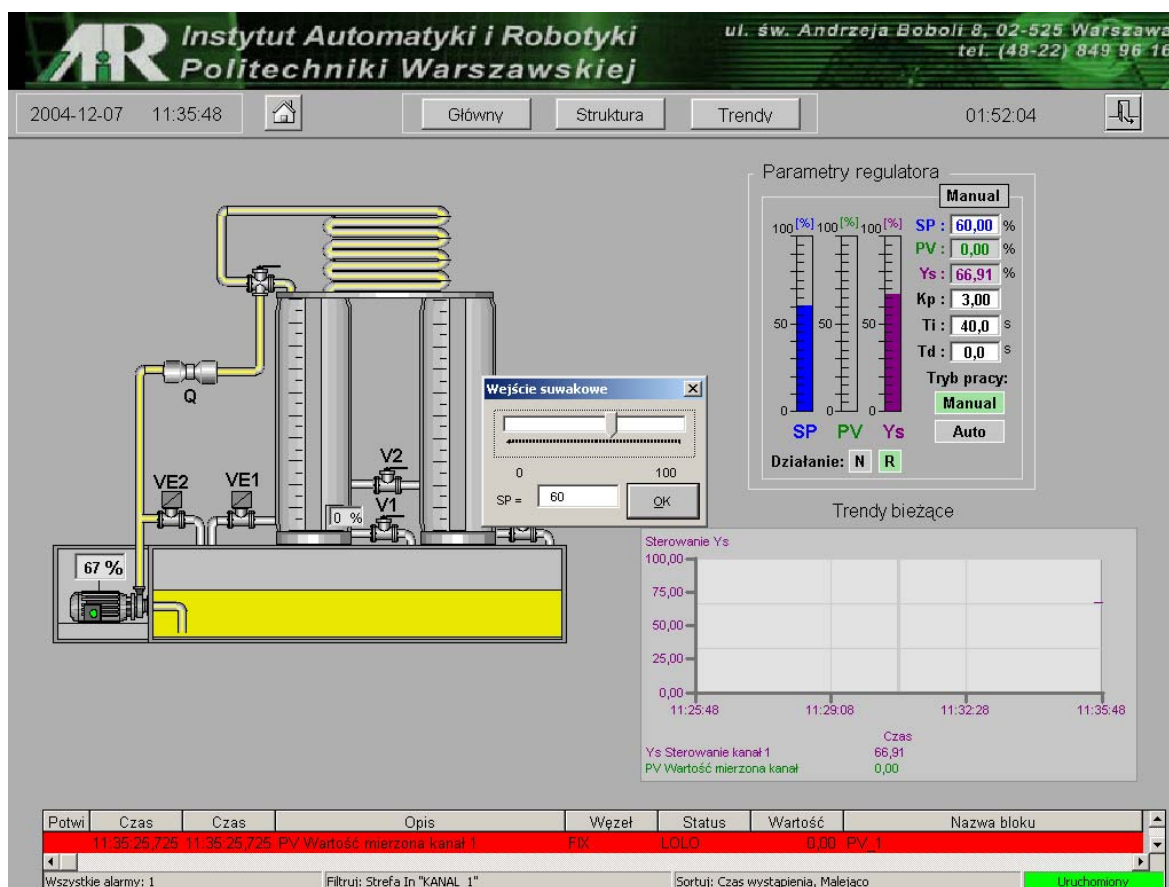
W komponencie alarmów możemy on-line np.: potwierdzać wszystkie bądź wybrane alarmy, włączać i wyłączać sygnał dźwiękowy sygnalizujący wystąpienie alarmu. Możemy także zatrzymać i wznawiać odczytywanie wszystkich alarmów. Przykład wystąpienia alarmu przedstawiony jest na rysunku 7.1.4.

Obrazy główne wybranych struktur zawierają:

- dynamiczny obraz stanowiska laboratoryjnego,
- elementy dotyczące regulatora, nastaw (K_p , T_i , T_d), wartości sygnałów: PV, SP, Y_S oraz możliwość ustawienia trybu pracy i działania regulatora (wybrana opcja podświetlana jest na zielono **Manual**, **R**),
- komponent wyświetlający bieżące trendy wybranych zmiennych.

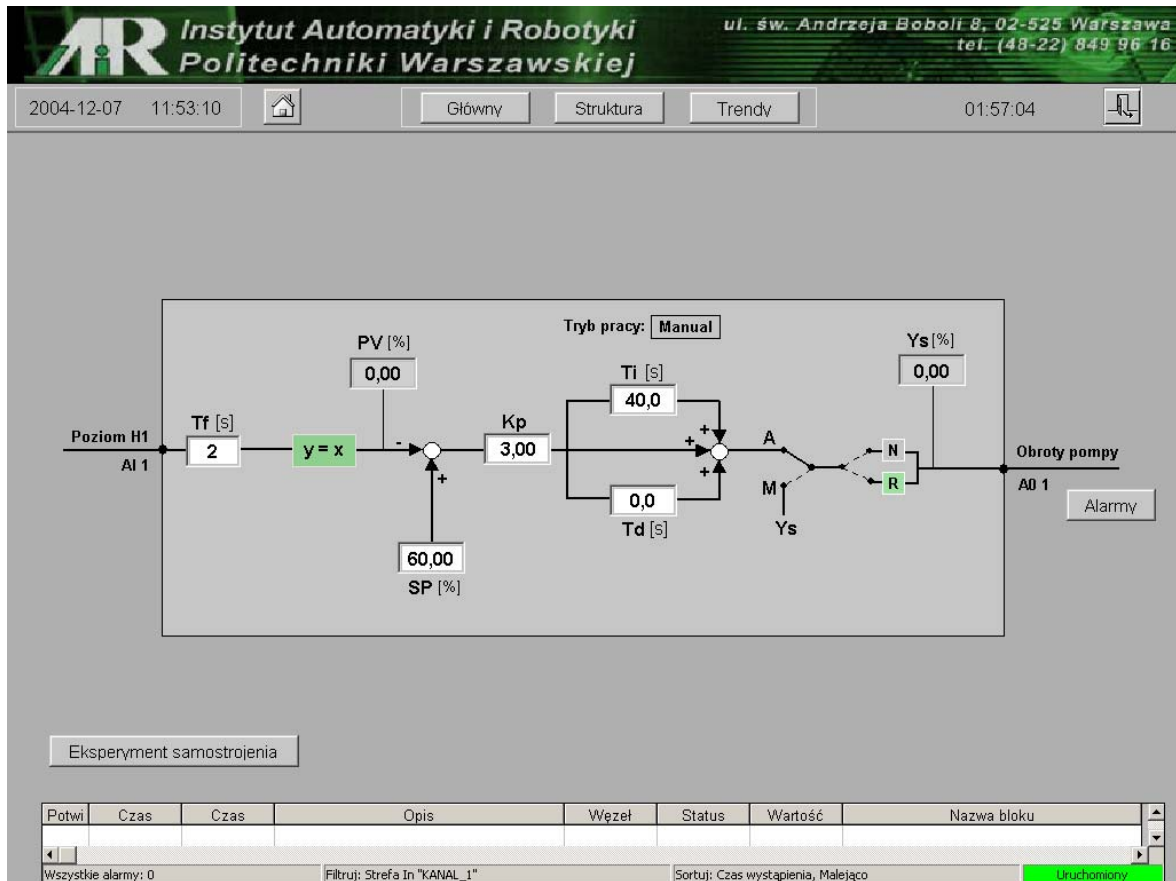
Wszystkie wartości wyświetlane na białym tle mogą być zmieniane, Wciśnięcie przycisku myszki, gdy jej kursor znajduje się w obszarze pola wyświetlania wartości, spowoduje podświetlenie pola , w którym możemy wpisać żądaną wartość wybranego parametru (dotyczy to wszystkich obrazów). Przyciśnięcie na napisy **SP** na obrazach głównych powoduje pojawienie się okna z

suwakiem przypisanych do danej zmiennej (rysunku 7.1.4.). Suwak umożliwia zmianę wartości zadanej bez konieczności używania klawiatury.



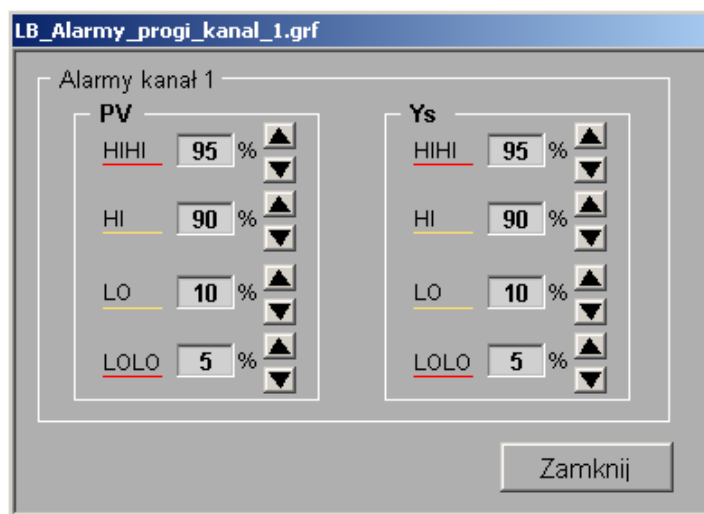
Rys. 7.1.4. Obraz główny struktury jednoobwodowej - suwak.

Wciśnięcie na przycisk **Struktura** spowoduje otwarcie okna przedstawiającego strukturę funkcjonalną regulatora (rysunek 7.1.5.). Na tym obrazie możemy obserwować/zmieniać parametry regulatora, ustawiać stałą filtracji sygnału wejściowego i sprawdzić, czy jest ustawiony właściwy algorytm funkcji przetwarzania dla danego ćwiczenia. Kolor zielony przycisku z odpowiednim napisem potwierdza wybranie danej opcji (**R**, **y = x**), szary kolor tła przycisku informuje ze zostały wybrane inne parametry.



Rys. 7.1.5. Struktura funkcjonalna regulatora – struktura jednoobwodowa.

Przyciskiem **Alarmy** możemy wywołać stacyjkę która umożliwia zmiany wartości progów alarmowych dla zmiennych PV i Ys, od których wywoływane są alarmy ukazujące się w komponencie alarmów (rysunek 7.1.6.).



Rys. 7.1.6. stacyjka ustawiania progów alarmowych.

Wciśnięcie przycisku **Eksperyment samostrojzenia** spowoduje otwarcie okna z, poziomu którego możemy przeprowadzić jedną z czterech dostępnych w regulatorze LB-600 procedur samostrojzenia. Okno to zawiera wszystkie niezbędne elementy jakie trzeba nastawić (wybierając przyciskiem lub wpisując wartość w odpowiednie pole), aby określić warunki eksperymentu (rysunek 7.1.7.). Przyciski start i stop służą do podania chwilowej „1” logicznej, powodując odpowiednio start lub zatrzymanie procedury samostrojzenia. Po prawidłowo przeprowadzonym eksperymentzie zostaną wyświetlone wyniki, które możemy zaakceptować lub nie.

2004-11-09 00:41:31 **Główny** **Struktura** **Trendy** 01:48:01

Instytut Automatyki i Robotyki
Politechniki Warszawskiej
ul. św. Andrzeja Boboli 8, 02-525 Warszawa
tel. (48-22) 849 96 16

Nastawy eksperymentu samostrojzenia

Rodzaj eksperymentu samostrojzenia

praca normalna
Ziglera-Nicholsa
Cohena-Coona
Strejca

Kryterium eksperymentu

wg Ziglera-Nicholsa
2...5% przeregulowania
20% przeregulowania
min kwadratu całki uchybu

Dopuszczalna odpowiedź obiektu [%]
Czas stabilizacji procesu [s]
Dopuszczalny przyrost PV [%]
Skok CV po rozpoczęciu eksperymentu [%]

Procedura samostrojzenia

Start
Stop

Parametry z eksperymentu

Opóźnienie obiektu
Stała czasowa obiektu
Wzmocnienie obiektu

Akceptacja nastaw po eksperymentzie

konieczność akceptacji
bez akceptacji

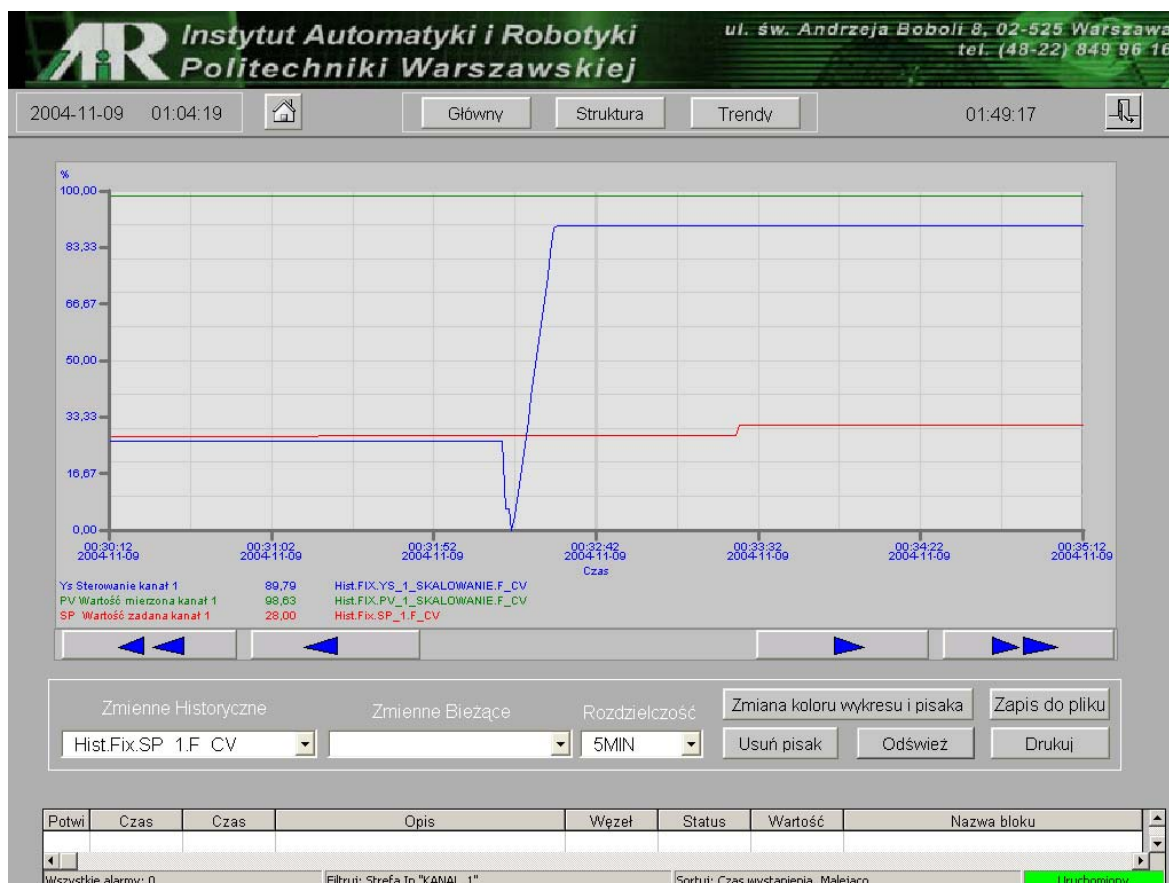
Potwi	Czas	Czas	Opis	Wzrost	Status	Wartość	Nazwa bloku

Wszystkie alarmy: 0 Filtruj: Strefa In "KANAL_1" Sortuj: Czas wystąpienia, Malejąco **Uruchomiony**

Rys. 7.1.7. Eksperyment samostrojzenia - struktura jednoobwodowa.

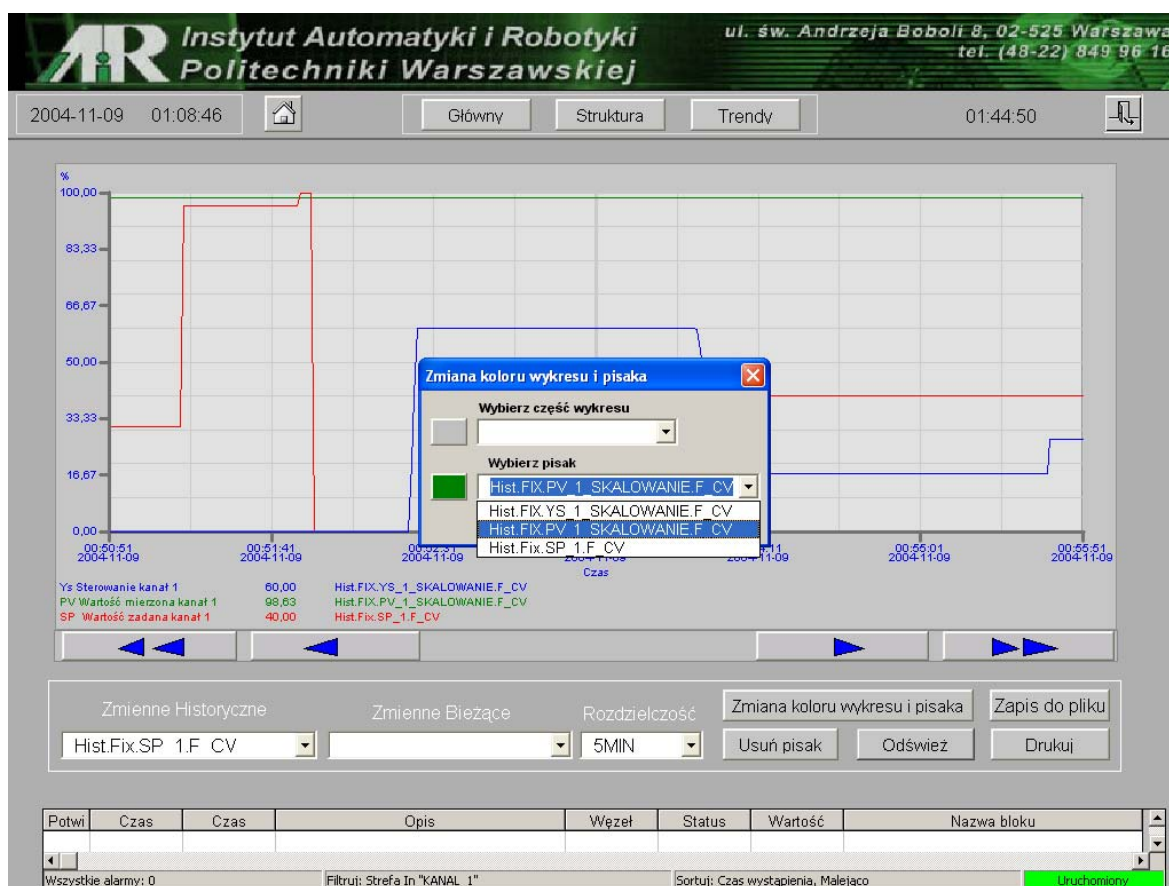
Wciskając przycisk **Trendy** pojawi nam się okno trendów (rysunek 7.1.8.). W tym oknie możemy przeglądać bieżące i historyczne trendy wybranych zmiennych, ustalać przedział czasu jaki ma być wyświetlany oraz powiększać wybrany fragment trendu. Ilość przeglądanych zmiennych jednocześnie możemy

dowolnie konfigurować przez ich dodawanie (wybór z listy dostępnych zmiennych), lub usuwanie przyciskiem **Usuń pisak** wybraną zmienną. Wciśnięcie przycisku **Odśwież** spowoduje uaktualnienie wyświetlanych trendów historycznych.




Rys. 7.1.8. Trendy - struktura jednoobwodowa.

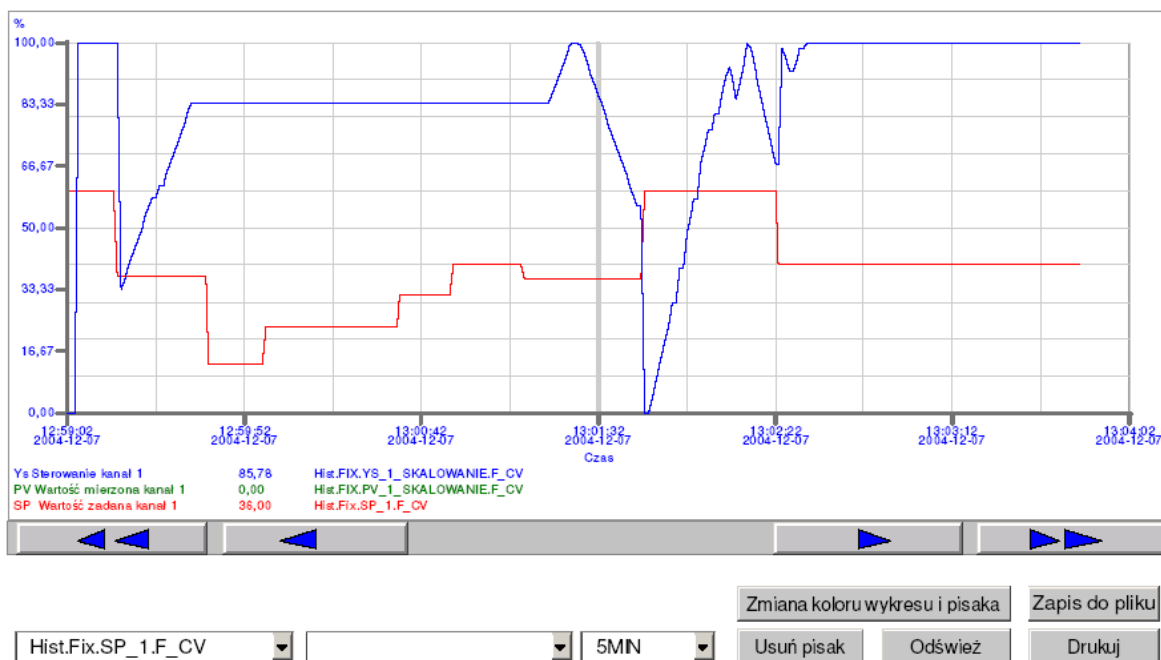
Przyciskiem **Zmiana koloru wykresu i pisaka** możemy wywołać okno umożliwiające zmianę kolorów pisaków oraz poszczególnych elementów komponentu w którym są wyświetlane trendy np. tła (rysunek 7.1.9.).



Rys. 7.1.9. Trendy - struktura jednoobwodowa – zmiana kolorów.

Przycisk  umożliwia wydrukowanie zmodyfikowanego obrazu wybranego fragmentu trendów. Modyfikacja polega na ograniczeniu pola wydruku i zmianie koloru tła okna na białe. Przykład takiego wydruku przedstawia rysunek 7.1.10.

Na obrazie trendów jest także przycisk umożliwiający zapis do pliku (o rozszerzeniu .CSV) aktualnie wyświetlanego fragmentu trendu. Tak zapisane dane mogą być dalej przetwarzane np. w programie Microsoft Excel, jeżeli zachodzi taka potrzeba.

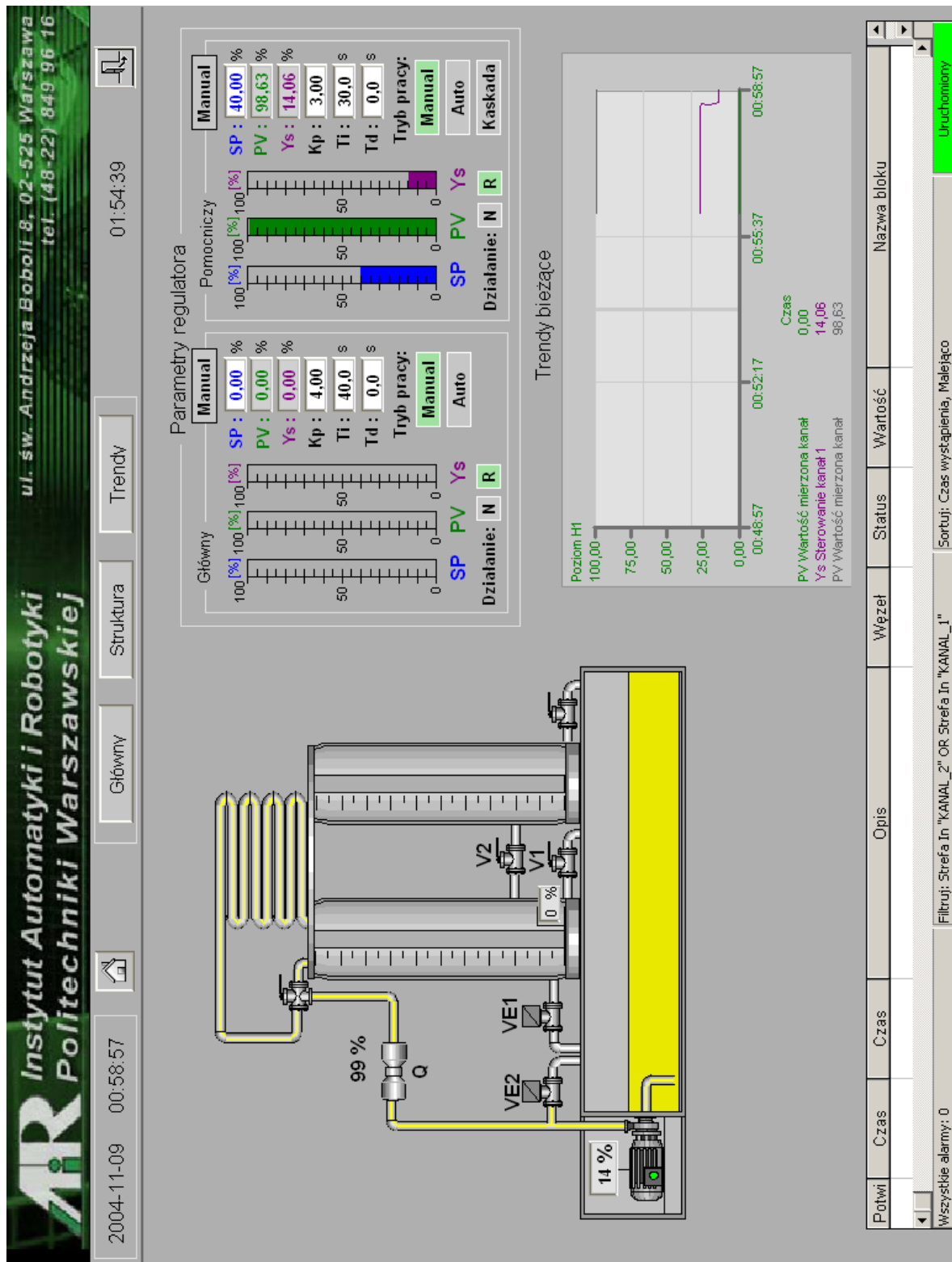


Rys. 7.1.10. Trendy – wydruk.

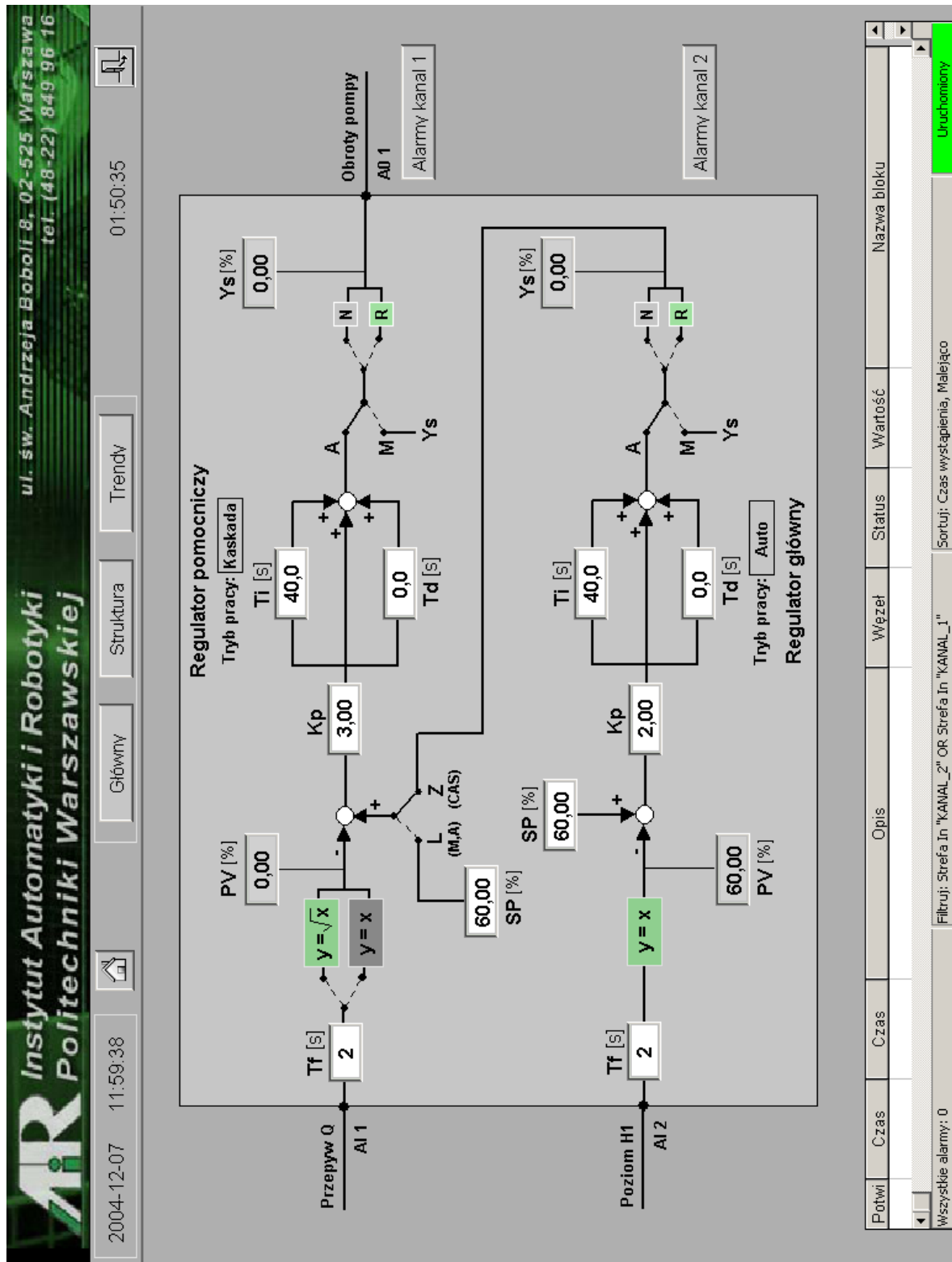
Wybierając układ regulacji o strukturze kaskadowej analogicznie jak dla układu jednoobwodowego są dostępne okna:

- obraz główny struktury kaskadowej (rysunek 7.1.11.),
- struktura funkcjonalna regulatora – struktura kaskadowa (rysunek 7.1.12.),
- trendy - struktura kaskadowa (rysunek 7.1.13.).

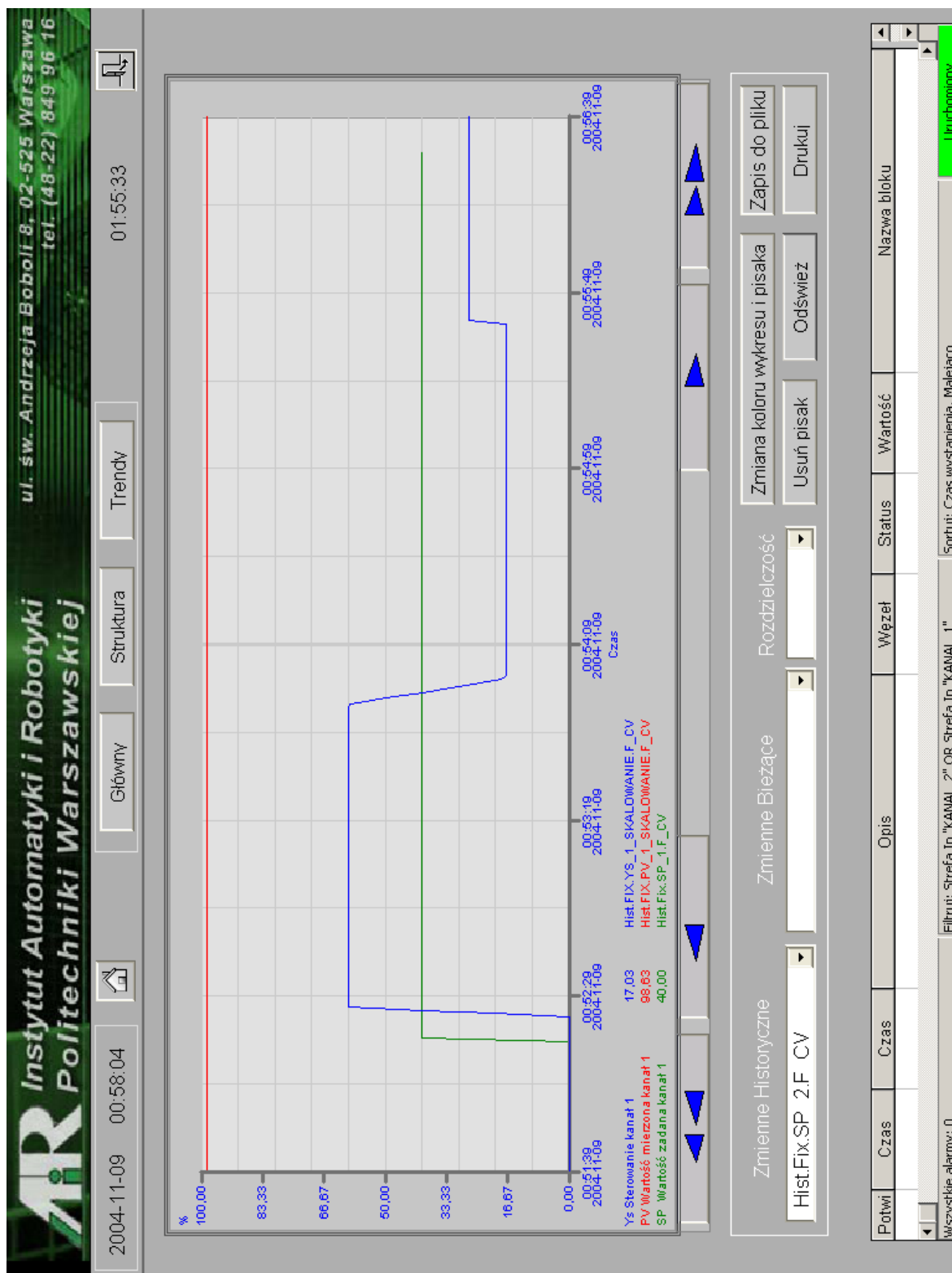
Właściwości tych okien (przycisków, pól) są takie same jak odpowiadających im okien dla układu o strukturze jednoobwodowej, które zostały opisane powyżej.



Rys. 7.1.11. Obraz główny struktury kaskadowej.




Rys. 7.1.12. Struktura funkcjonalna regulatora – struktura kaskadowa.

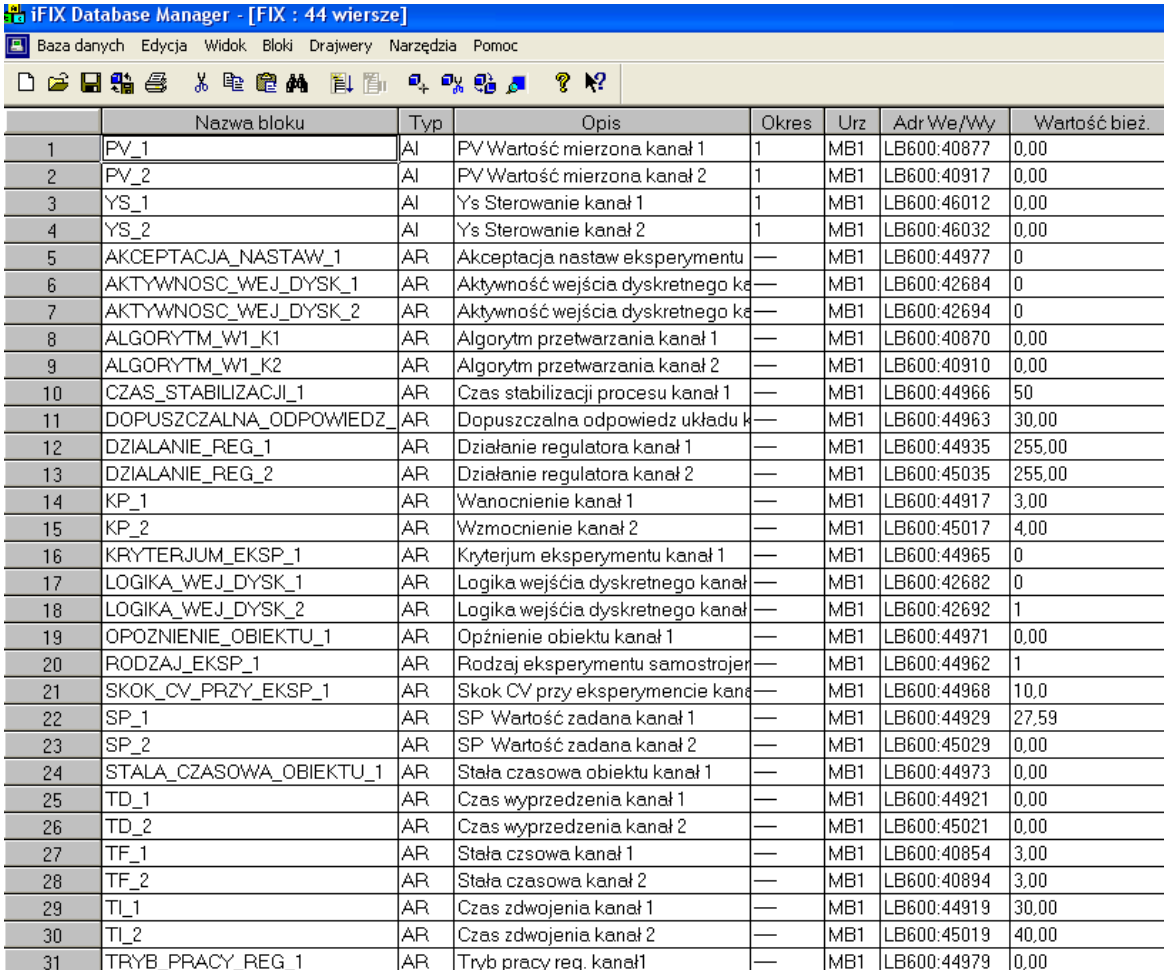


Rys. 7.1.13. Trendy - struktura kaskadowa.

7.2. Konfiguracja oprogramowania


Aby uruchomić aplikację i zapewnić jej prawidłową pracę należy po zainstalowaniu iFix-a oraz drivera o nazwie MB1 (Modicon Modbus1) i dokonać odpowiednich ustawień oprogramowania. Na dołączonej płycie CD w katalogu iFix\iFix_Aplikacja_obrazy znajdują się obrazy synoptyczne aplikacji, które należy przegrać na dysk komputera do podkatalogu o nazwie **PIC**, z katalogu iFix\iFix_konfiguracja (gdzie znajdują się wszystkie pliki potrzebne do konfiguracji) plik z konfiguracją drivera o nazwie LB_600.mb1 do katalogu **Dynamics**.

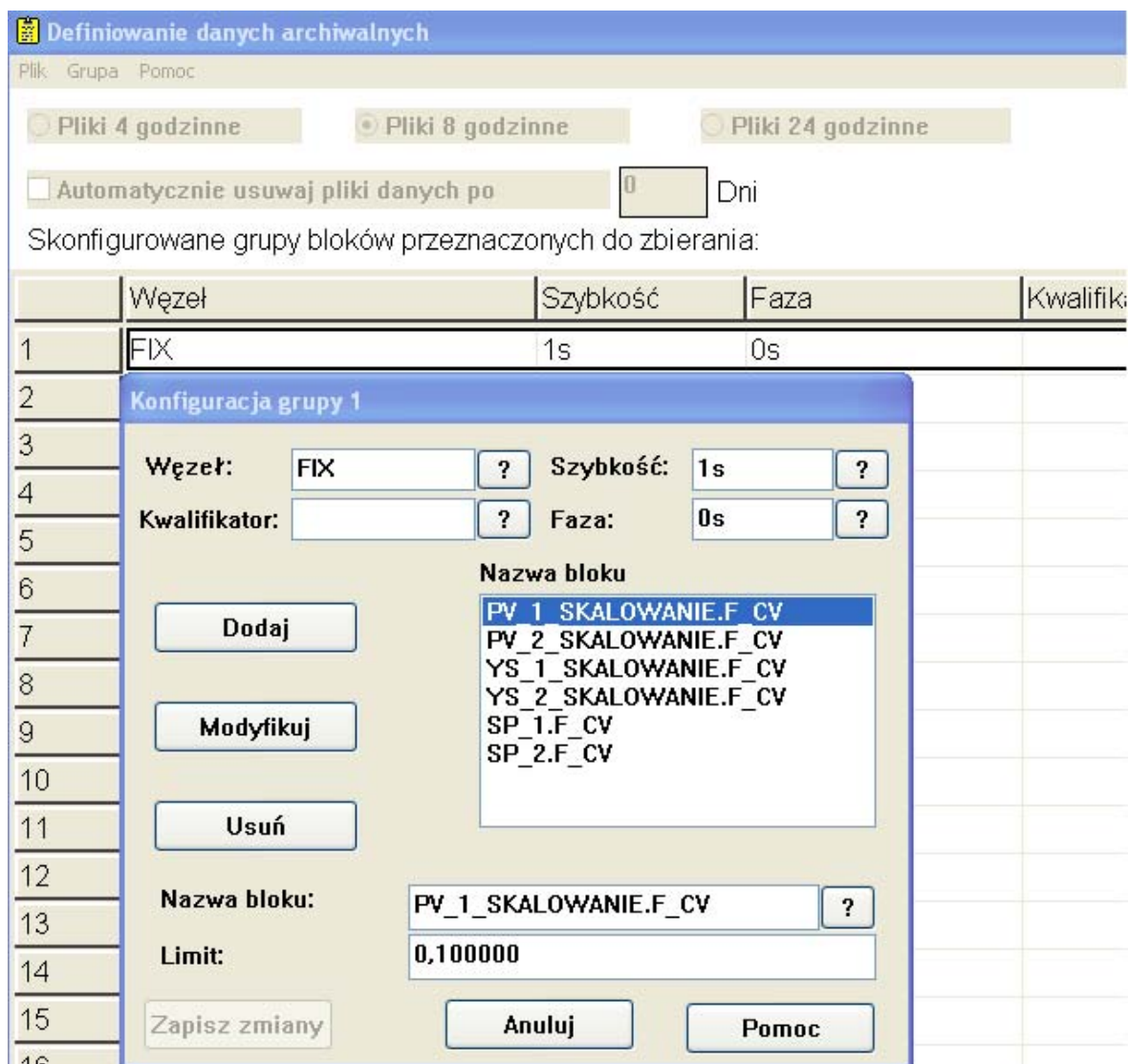
Po uruchomieniu iFix-a należy uruchomić *konstruktora bazy danych*, kliknąć na ikonę  i zaimportować bazę zmiennych znajdującą się na płycie w pliku DATABASE.CSV (rysunek 7.2.1.).



	Nazwa bloku	Typ	Opis	Okres	Urz	Adr We/Wy	Wartość bież.
1	PV_1	AI	PV Wartość mierzona kanał 1	1	MB1	LB600:40877	0,00
2	PV_2	AI	PV Wartość mierzona kanał 2	1	MB1	LB600:40917	0,00
3	YS_1	AI	Ys Sterowanie kanał 1	1	MB1	LB600:46012	0,00
4	YS_2	AI	Ys Sterowanie kanał 2	1	MB1	LB600:46032	0,00
5	AKCEPTACJA_NASTAW_1	AR	Akceptacja nastaw eksperymentu	—	MB1	LB600:44977	0
6	AKTYWNOSC_WEJ_DYSK_1	AR	Aktywność wejścia dyskretnego kanał 1	—	MB1	LB600:42684	0
7	AKTYWNOSC_WEJ_DYSK_2	AR	Aktywność wejścia dyskretnego kanał 2	—	MB1	LB600:42694	0
8	ALGORYTM_W1_K1	AR	Algorytm przetwarzania kanał 1	—	MB1	LB600:40870	0,00
9	ALGORYTM_W1_K2	AR	Algorytm przetwarzania kanał 2	—	MB1	LB600:40910	0,00
10	CZAS_STABILIZACJI_1	AR	Czas stabilizacji procesu kanał 1	—	MB1	LB600:44966	50
11	DOPUSZCZALNA_ODPOWIEDZ	AR	Dopuszczalna odpowiedź układu kanał 1	—	MB1	LB600:44963	30,00
12	DZIALANIE_REG_1	AR	Działanie regulatora kanał 1	—	MB1	LB600:44935	255,00
13	DZIALANIE_REG_2	AR	Działanie regulatora kanał 2	—	MB1	LB600:45035	255,00
14	KP_1	AR	Wzmocnienie kanał 1	—	MB1	LB600:44917	3,00
15	KP_2	AR	Wzmocnienie kanał 2	—	MB1	LB600:45017	4,00
16	KRYTERJUM_EKSP_1	AR	Kryterjum eksperymentu kanał 1	—	MB1	LB600:44965	0
17	LOGIKA_WEJ_DYSK_1	AR	Logika wejścia dyskretnego kanał 1	—	MB1	LB600:42682	0
18	LOGIKA_WEJ_DYSK_2	AR	Logika wejścia dyskretnego kanał 2	—	MB1	LB600:42692	1
19	OPOZNIENIE_OBIEKTU_1	AR	Opóźnienie obiektu kanał 1	—	MB1	LB600:44971	0,00
20	RODZAJ_EKSP_1	AR	Rodzaj eksperymentu samostrojowego kanał 1	—	MB1	LB600:44962	1
21	SKOK_CV_PRZY_EKSP_1	AR	Skok CV przy eksperymencie kanał 1	—	MB1	LB600:44968	10,0
22	SP_1	AR	SP Wartość zadana kanał 1	—	MB1	LB600:44929	27,59
23	SP_2	AR	SP Wartość zadana kanał 2	—	MB1	LB600:45029	0,00
24	STALA_CZASOWA_OBIEKTU_1	AR	Stała czasowa obiektu kanał 1	—	MB1	LB600:44973	0,00
25	TD_1	AR	Czas wyprzedzenia kanał 1	—	MB1	LB600:44921	0,00
26	TD_2	AR	Czas wyprzedzenia kanał 2	—	MB1	LB600:45021	0,00
27	TF_1	AR	Stała czasowa kanał 1	—	MB1	LB600:40854	3,00
28	TF_2	AR	Stała czasowa kanał 2	—	MB1	LB600:40894	3,00
29	TI_1	AR	Czas zdwojenia kanał 1	—	MB1	LB600:44919	30,00
30	TI_2	AR	Czas zdwojenia kanał 2	—	MB1	LB600:45019	40,00
31	TRYB_PRACY_REG_1	AR	Tryb pracy reg. kanał 1	—	MB1	LB600:44979	0,00

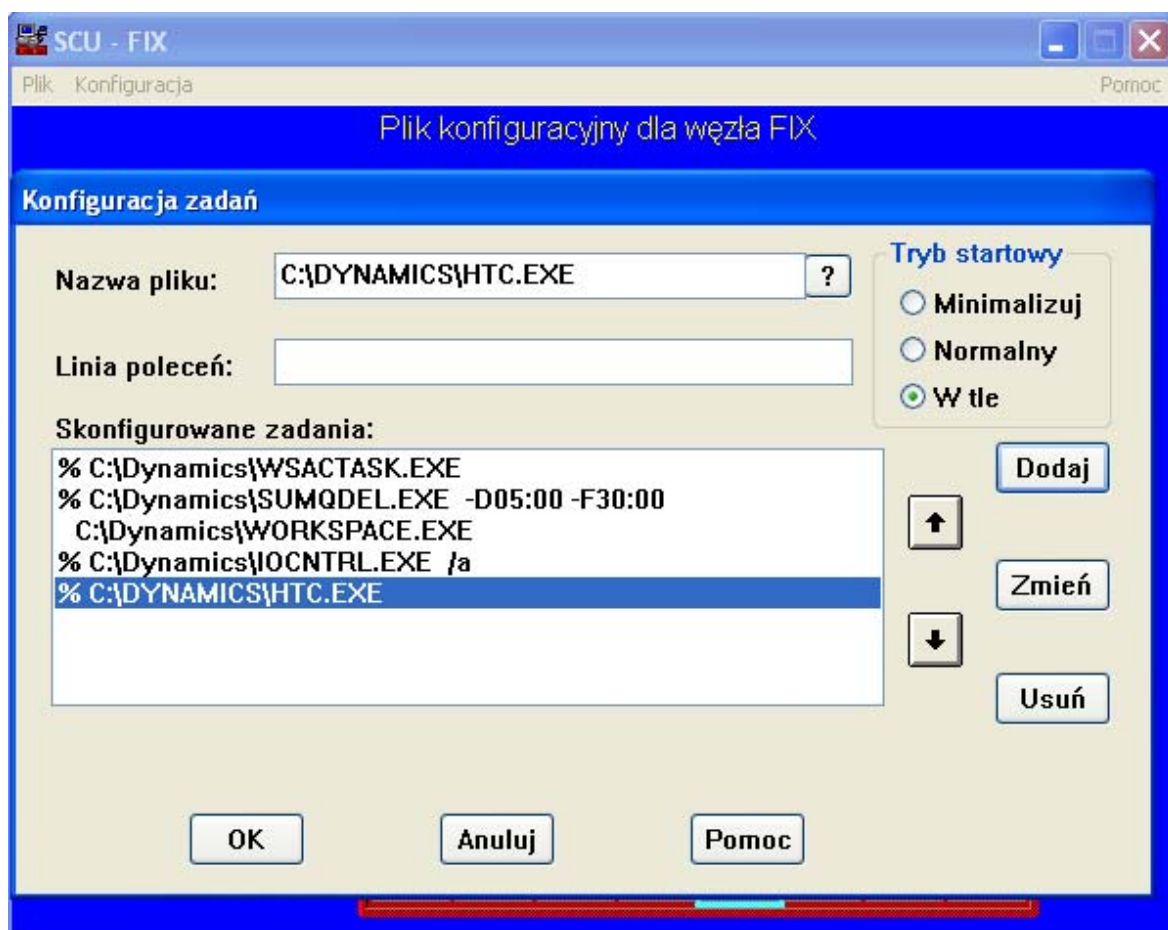
Rys. 7.2.1. Konstruktor bazy danych.

Zdefiniować dane archiwalne dla określonych zmiennych (potrzebne do wyświetlania trendów historycznych) przyciskając na ikonę  i w węźle FIX dodając odpowiednie nazwy bloków (rysunek 7.2.2.).



Rys. 7.2.2. Definiowanie danych archiwalnych.

W konfiguracji SCU - FIX dodać do zdarzeń uruchamianie HTC.EXE, aby zdefiniowane dane archiwalne były automatycznie zbierane po uruchomieniu programu (rysunek 7.2.3.).

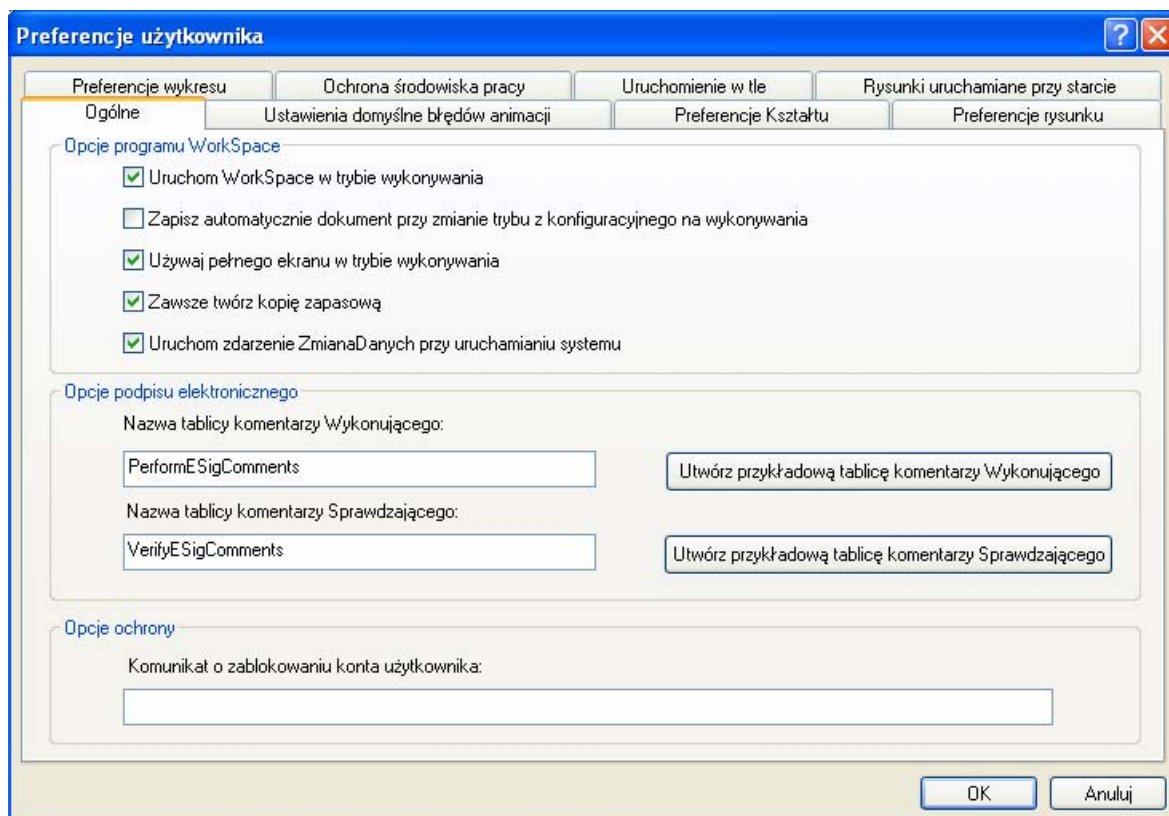


Rys. 7.2.3. Konfiguracja SCU – FIX.

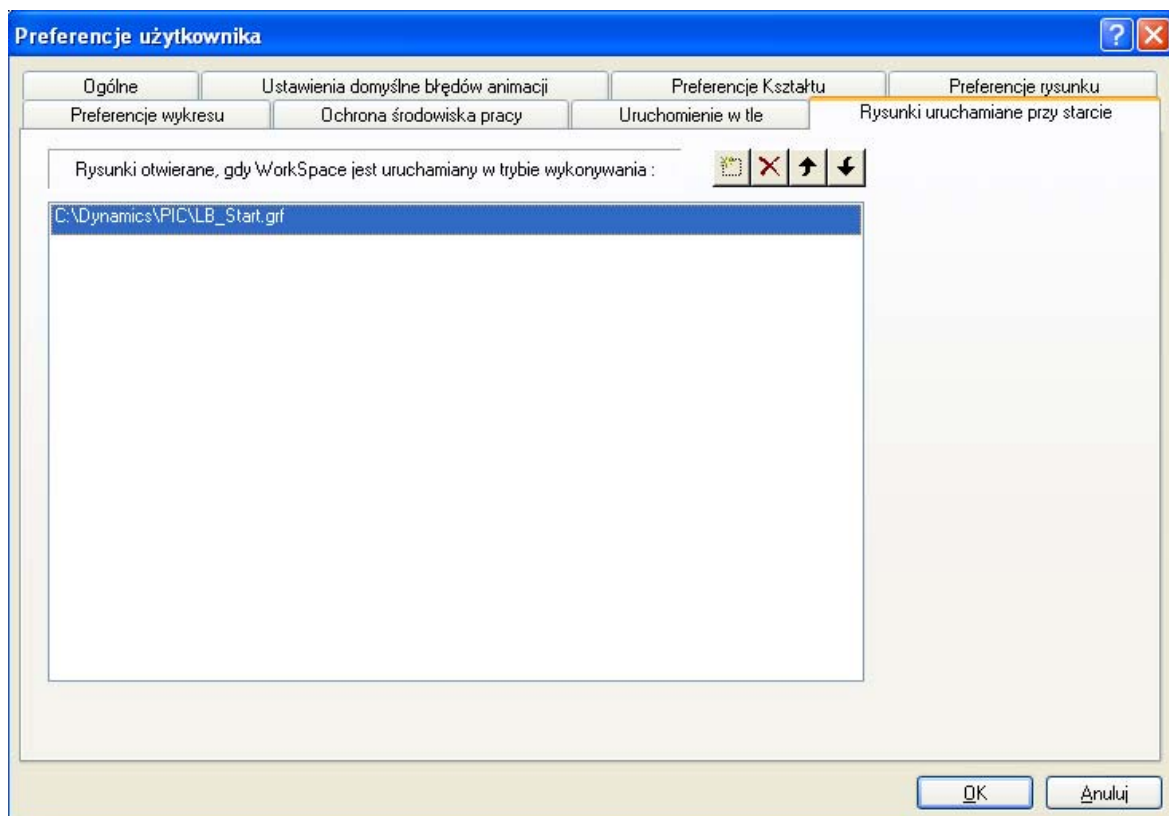
W oknie Workspace w zakładce *preferencje użytkownika* należy dokonać ustawień zgodnie z poniżej przedstawionymi rysunkami:

/ogólne (rysunek 7.2.4.),


/rysunki uruchamiane przy starcie (rysunek 7.2.5.).

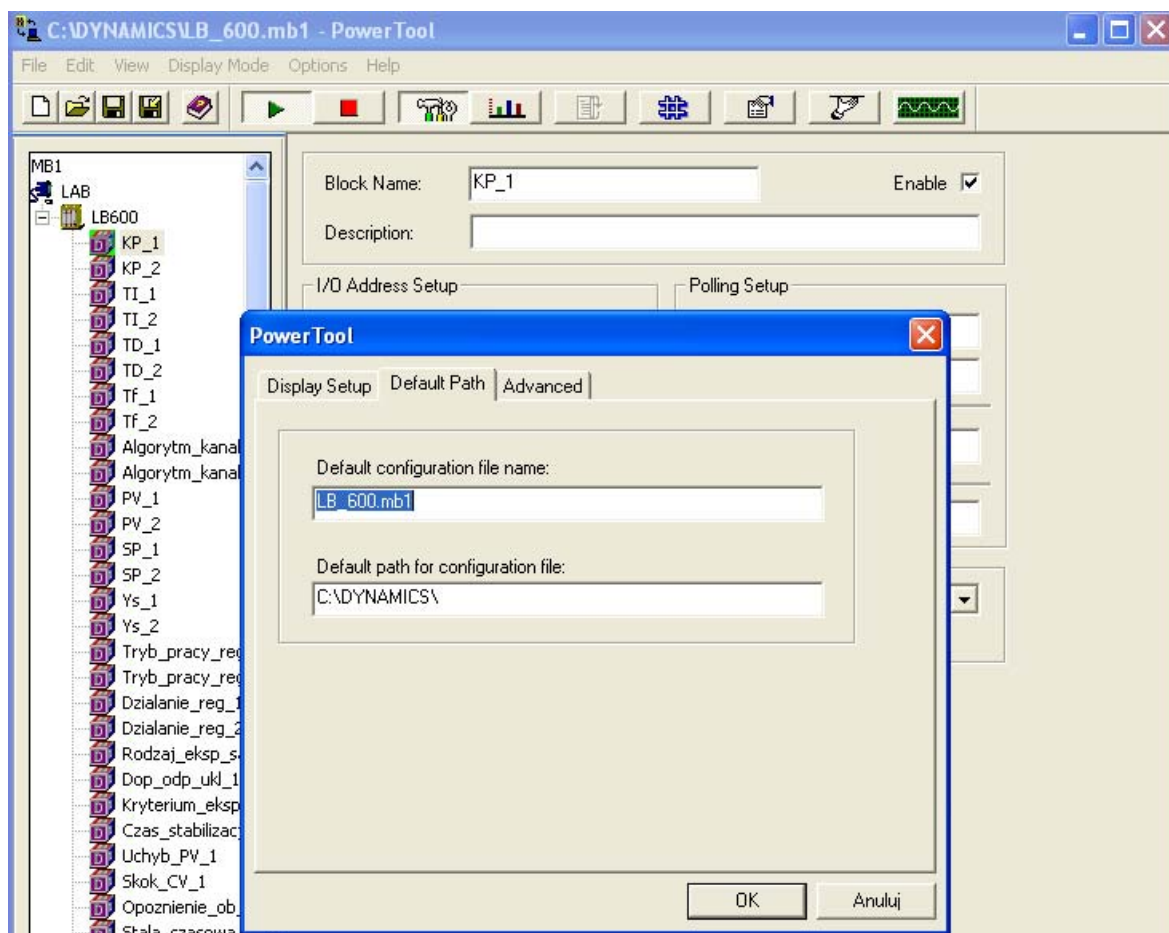


Rys. 7.2.4. Preferencje użytkownika/ogólne.



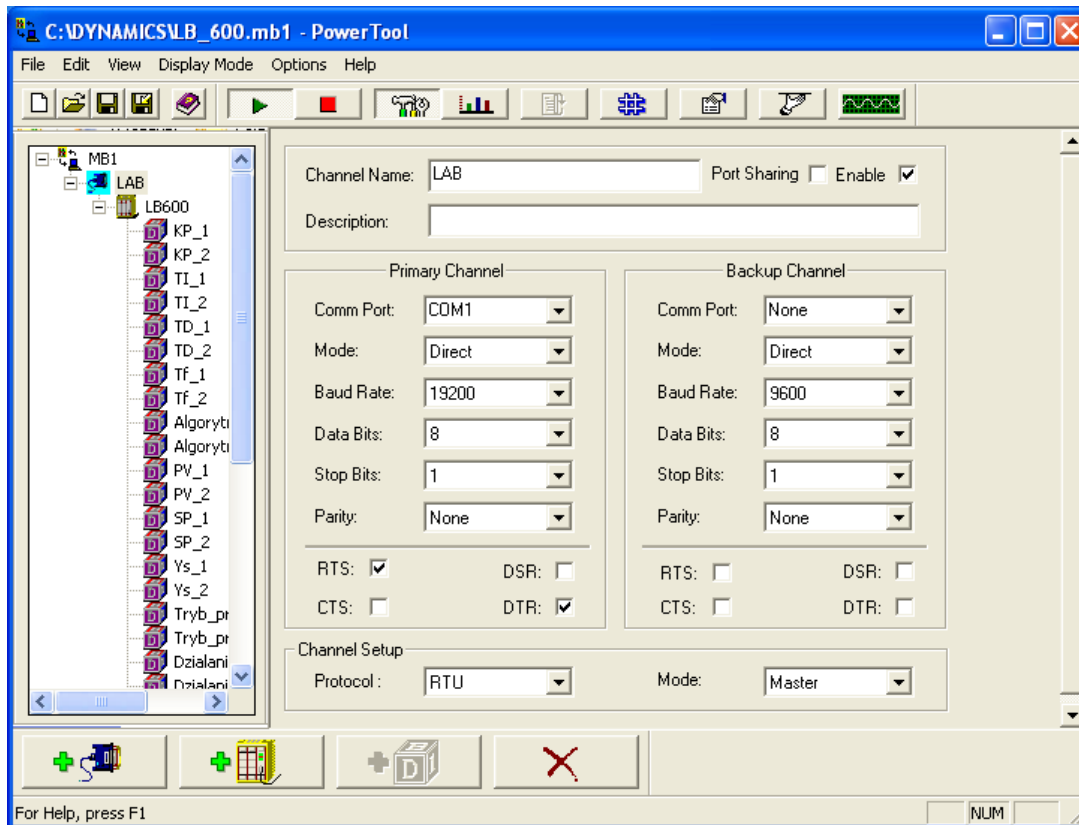
Rys. 7.2.5. Preferencje użytkownika/rysunki uruchamiane przy starcie.

Aby skonfigurować komunikację należy uruchomić driver MB1. W oknie drivera wciskając na ikonę  wywołać okno *Power Tool* i w zakładce *Default Path* wpisać nazwę i ścieżkę do pliku z konfiguracją drivera (LB_600.mb1), co jest przedstawione na rysunku 7.2.6.

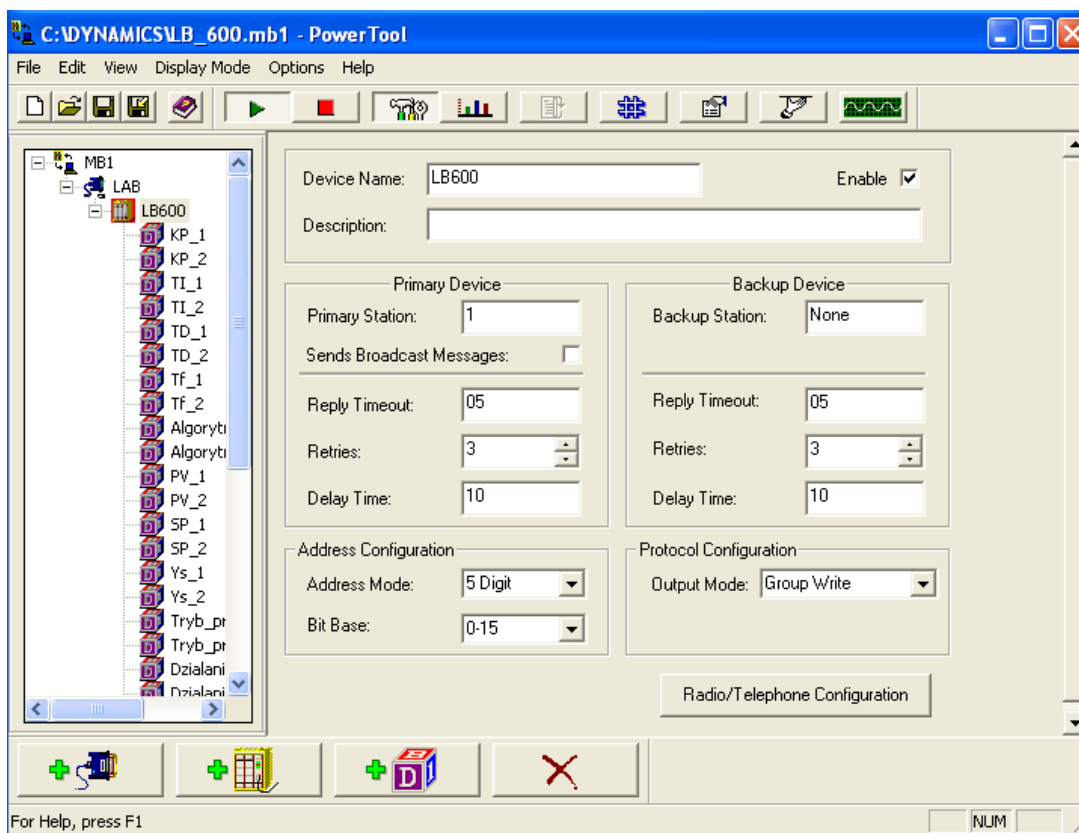


Rys. 7.2.6. MB1 – Power Tools – plik konfiguracyjny MB1.

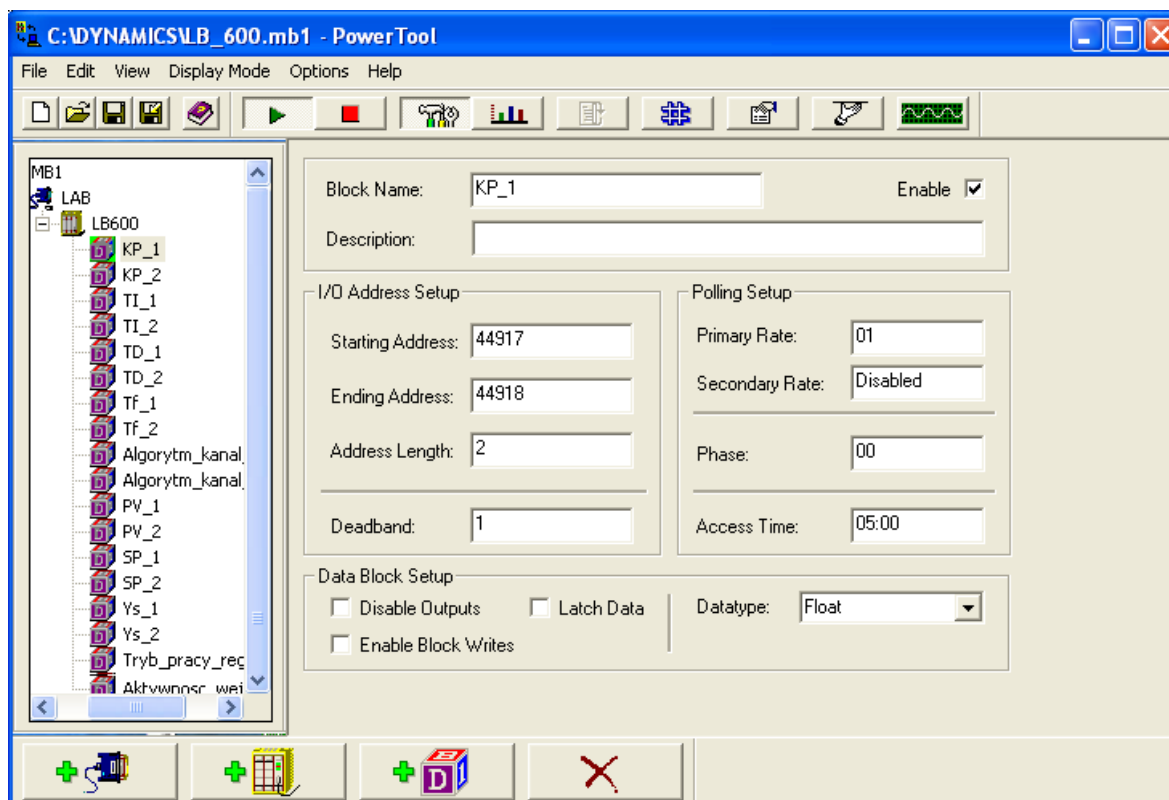
Przykłady do ustawień konfiguracyjnych drivera MB1 przedstawiają rysunki poniżej.



Rys. 7.2.7. MB1 - Power Tools – Channel.



Rys. 7.2.8. MB1 - Power Tools - Device.

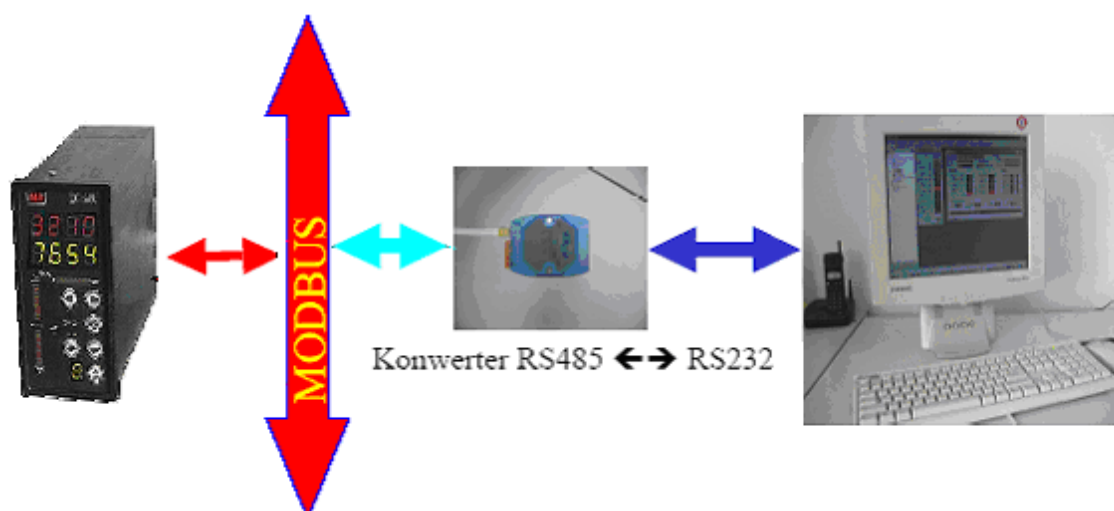


Rys. 7.2.9. MB1 - Power Tools - Data Block - przykład ustawień zmiennej Kp.

8. WYMIANA DANYCH Z OBIEKTEM

Podstawowym elementem każdego projektu wizualizacji jest wymiana danych pomiędzy aparaturą kontrolno-pomiarową obiektu i aplikacją, w której wykonana jest wizualizacja.

W opracowanym projekcie dane z obiektu pobierane są przez regulator mikroprocesorowy LB-600, natomiast system wizualizacji pobiera je z odpowiednich rejestrów regulatora przy wykorzystaniu protokołu MODBUS RTU. Pomiędzy portem szeregowym komputera, a szyną MODBUS RTU zastosowany został konwerter RS-485 ↔ RS-232. Przykład takiego połączenia przedstawia rysunek 8.1.1. Spis dostępnych rejestrów do odczytu/zapisu znajduje się w tablicach konfiguracyjnych regulatora.



Rys. 8.1.1. Połączenie regulatora LB-600 do magistrali MODBUS RTU, a następnie poprzez konwerter RS232/RS485 do komputera.

Konfigurując draiver komunikacyjny należy wybrać wartości:

- bit danych – 8,
- bit stopu – 1,
- parzystość – brak.

Parametry jakie należy ustawić w regulatorze, aby była możliwa komunikacja przy użyciu protokołu MODBUS RTU to:

- w adresie 0105 numer urządzenia w sieci,
- w adresie 0106 parametry transmisji szeregowej RS 485,
- w adresie 0130 prędkość transmisji szeregowej.

W stworzonych aplikacjach powyższe adresy mają wartość: numer urządzenia 1, parametry transmisji szeregowej 5ms, a wykorzystywana prędkość transmisji to 19200 bitów/s.

Aby odczytać interesujący nas rejestr z regulatora należy przy konfiguracji protokołu Modbus wpisać wartość która jest sumą adresu 40001 i żądanego numeru rejestru.

Przykładowo aby odczytać wartość wzmocnienia w kanale pierwszym regulatora należy dodać do adresu 40001 numer rejestru wzmocnienia 4916. Kończącym adresem do którego należy się odnosić jest 44917.

Lista zmiennych i ich adresy końcowe jakie wykorzystałem w aplikacjach została zamieszczona w tabeli 8.1.1.

Tabela 8.1.1.

Adres	Opis	Adres końcowy
1104	Stała filtracji	40854
1204	Stała filtracji	40894
1114	Algorytm funkcji przetwarzania	40870
1214	Algorytm funkcji przetwarzania	40910
1119	Odczyt wyjścia bloku	40877
1219	Odczyt wyjścia bloku	40917
2102	Logika wejścia dyskretnego	42682
2202	Logika wejścia dyskretnego	42692
2104	Aktywność bloku (funktora)	42684
2204	Aktywność bloku (funktora)	42694
7114	Współczynnik wzmocnienia kp	44917
7214	Współczynnik wzmocnienia kp	45017
7115	Czas zdwojenia (całkowania) Ti	44919
7215	Czas zdwojenia (całkowania) Ti	45019
7116	Czas wyprzedzenia (różniczkowania) Td	44921

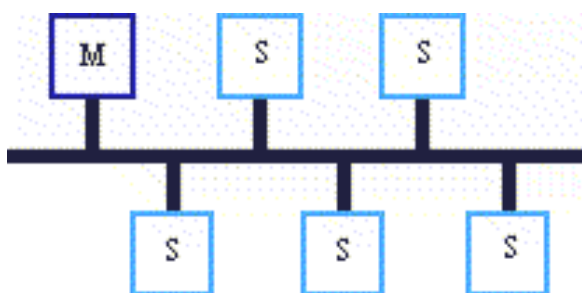
7216	Czas wyprzedzenia (różniczkowania) Td	45021
7120	Wartość zadana SP	44929
7220	Wartość zadana SP	45029
7123	Kierunek działania regulatora	44935
7223	Kierunek działania regulatora	45035
7145	Rodzaj eksperymentu samostrojzenia	44962
7146	Dopuszczalna odpowiedź obiektu	44963
7147	Kryterium eksperymentu	44965
7148	Czas stabilizacji procesu	44966
7149	Dopuszczalne zmiany wartości PV	44967
7150	Skok CV po rozpoczęciu eksperymentu	44968
7152	P 01 - opóźnienie obiektu	44971
7153	P 02 - stała czasowa obiektu	44973
7154	P 03 - wzmocnienie obiektu	44975
7155	Akceptacja nastaw eksperymentu	44977
7157	Tryb pracy regulatora	44979
7257	Tryb pracy regulatora	45079
9112	Odczyt wyjścia bloku	46012
9212	Odczyt wyjścia bloku	46032

9. OPIS PROTOKOŁU MODICON MODBUS

9.1. Wprowadzenie

Interfejs MODBUS został opracowany przez firmę Modicon w 1980 roku. W niedługim czasie stał się standardem przyjętym przez większość producentów sterowników przemysłowych dla komunikacji asynchronicznej- znakowej wymiany informacji pomiędzy urządzeniami systemów pomiarowo-kontrolnych.

W procedury komunikacyjne realizujące protokół Modbus są wyposażone niemal wszystkie dostępne na rynku pakiety SCADA. Posiada ona topologię magistrali i umożliwia połączenie wielu urządzeń pomiarowo-kontrolnych (rysunek 9.1.1.).



Rys. 9.1.1. Sieć Mdbus.

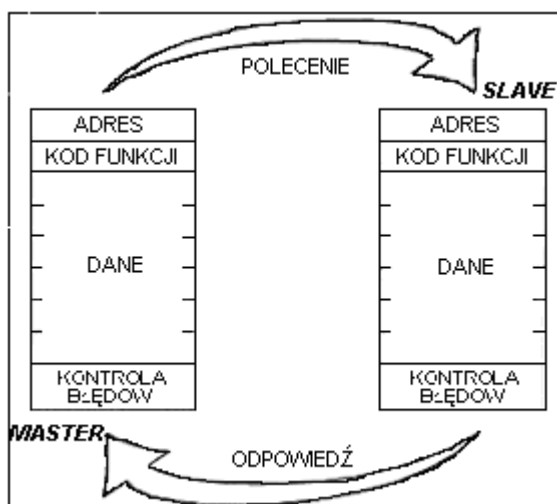
Prostota tego protokołu pozwala na łatwą implementację w dowolnym urządzeniu posiadającym mikrokontroler, co w znacznym stopniu wpływa na jego niskie koszty i popularność. Reguła komunikacji protokołu Modbus nazwana jest regułą polecenie-odpowiedź (ang. query - response), lub master-slave. Reguła ta gwarantuje bezkonfliktowe współdzielenie magistrali przez wiele węzłów przy poprawnym skonfigurowaniu sieci. Posiada mechanizmy: zabezpieczające przed przesyłaniem komunikatów z błędami, potwierdzające wykonanie rozkazów zdalnych oraz sygnalizację błędów.

9.2. Transmisja w systemie Modbus

Modbus jest to sieć typu master - slave. Stacja master (jednostka nadrzędna) zarządza kilkoma stacjami slave (jednostki podrzędne), odpytuje cyklicznie kolejno poszczególnych abonentów sieci. Master może adresować indywidualnych odbiorców (jednostki slave) lub przesyłać wiadomości "rozgłoszeniowe", przeznaczone dla wszystkich podrzędnych w systemie urządzeń.

Protokół MODBUS określa format wiadomości przesyłanych z jednostki master do slave (rysunek 9.2.1.). Zawiera on adres odbiorcy, kod funkcji reprezentujący żądane polecenie, dane oraz słowo kontrolne zabezpieczające przesyłaną wiadomość. Odpowiedz urządzenia slave wysyłana jest również zgodnie z formatem zdefiniowanym w protokole MODBUS. Zawiera ona pole potwierdzenia wykonania rozkazu, dane żądane przez master oraz słowo kontrolne zabezpieczające odpowiedz przed błędami. Jeżeli urządzenie slave wykryje błąd przy odbiorze wiadomości, lub nie jest w stanie wykonać polecenia, przygotowuje specjalny komunikat o wystąpieniu błędu i przesyła go jako odpowiedz do mastera.

Typowa prędkość transmisji danych wynosi 9.6Kb/s lub 19.2Kb/s (maksymalna). Wykorzystywane są szeregowo łącza komunikacyjne RS-232, RS-422, RS-485, a także połączenia modemowe.



Rys. 9.2.1. Struktura komunikatów: polecenia i odpowiedzi w sieci Modbus.

9.2.1. Ramka w systemie Modbus

W systemie MODBUS wiadomości są zorganizowane w ramki o określonym początku i końcu (rysunek 9.2.2.). Pozwala to urządzeniu odbierającemu na odrzucenie ramek niekompletnych i sygnalizację związanych z tym błędów. System może pracować w dwóch różnych trybach transmisji (ASCII lub RTU), dlatego definiuje się dwie ramki.



Rys. 9.2.2. Struktura ramki sieci Modbus.

Ramka w trybie ASCII

W trybie ASCII, każdy bajt w wiadomości przesyłany jest w postaci dwóch znaków ASCII. Podstawową zaletą tego trybu transmisji jest to, że pozwala on na długie odstępy między znakami (do 1s) bez powodowania błędów. Format znaku przesyłanego w trybie transmisji ASCII jest następujący:

- system kodowania: heksadecymalny, znaki ASCII 0-9, A-F. Jeden znak heksadecymalny zawarty jest w każdym znaku ASCII wiadomości,
- Jednostka informacyjna: ograniczona znakami start (na początku) i stop (na końcu), 10-bitowa.

Przy transmisji w trybie ASCII stosuje się zabezpieczenie części informacji ramki kodem LRC (ang. *Longitudinal Redundancy Check*). Znacznikiem początku ramki jest znak dwukropka (":") – ASCII 3AH). Urządzenie po wykryciu znacznika początku ramki sprawdza, czy pole adresowe zawiera jego adres własny. Jeżeli tak jest to odczytuje zawartość pola funkcji i zawiązaną z nią zawartość pola

danych. Część informacyjną ramki (bez “:”) zabezpiecza pole kontrolne LRC. Ramka kończy się przesłaniem dwóch znaków: CR i LF.

Format ramki w trybie ASCII

Odstęp pomiędzy znakami tworzącymi ramkę nie może przekraczać 1s. Jeżeli odstęp ten będzie większy, urządzenie odbierając dane sygnalizuje błąd.

Ramka w trybie RTU

W trybie RTU wiadomości rozpoczynają się odstępem czasowym trwającym minimum $3.5 \times$ (czas trwania pojedynczego znaku), w którym panuje cisza na łączu. Najprostszą implementacją wymienionego interwału czasowego jest wielokrotne odmierzenie czasu trwania znaku przy zakładanej szybkości bodowej przyjętej w łączu. Pierwszym polem informacyjnym ramki jest adres urządzenia. Komunikat zabezpieczony jest 16-bitową sumą kontrolną CRC (ang. *Cyclical Redundancy Check*).

Dopuszczalnymi znakami transmitowanymi w ramach pól ramki są 0-9, A-F. Połączone w system urządzenia stałe (łącznie z przedziałami ciszy) monitorują magistrale. Po odebraniu zawartości pola adresu urządzenia sprawdzają, czy przesyłany adres jest ich adresem własnym. Jeżeli tak, to kontynuują interpretację pozostałych pól wchodzących w skład ramki.

Format ramki w trybie RTU.

Ramkę kończy przerwa czasowa trwająca co najmniej $3.5 \times$ długości znaku. Po tym odstępnie można wysyłać następną ramkę, traktując go jako jej przerwę początkową. Cała ramka musi być przesłana w postaci ciągłej, tzn. odstęp między kolejnymi znakami tworzącymi ramkę nie może być większy niż $1.5 \times$ długość znaku. Jeżeli odstęp ten przekracza podaną wartość, to urządzenie odbierając uzna ramkę za niekompletną i następny znak przyjmie za bajt pola adresowanego kolejnej wiadomości. Podobnie, jeżeli wiadomość pojawi się na magistrali przed upływem koniecznej przerwy ($3.5 \times$ długość znaku), to urządzenie odbierające potraktuje ją jako kontynuację poprzedniej wiadomości. To doprowadzi do błędu sumy kontrolnej, ponieważ urządzenie odbierając będzie obliczać CRC dwóch wiadomości i porównywać go z CRC drugiej.

9.2.2. Opis pól ramki

Pole adresowe

Pole adresowe w ramce zawiera dwa znaki (w trybie ASCII) lub osiem bitów (w trybie RTU). Zakres adresów jednostek slave wynosi 0 – 247. Master adresuje jednostkę slave umieszczając jej adres w polu adresowym ramki. Kiedy jednostka slave wysyła odpowiedź, umieszcza swój własny adres na polu adresowym ramki, co pozwala masterowi sprawdzić, z której jednostki realizowana jest transmisja. Adres 0 wykorzystywany jest jako adres rozgłoszeniowy, rozpoznawany przez wszystkie jednostki slave podłączone do magistrali.

Pole funkcji

Pole funkcji w ramce zawiera dwa znaki w trybie ASCII lub osiem bitów w trybie RTU. Zakres kodów operacji 1 - 255. Przy transmisji polecenia z jednostki master do slave pole funkcji zawiera kod rozkazu, określający działanie, które ma podjąć jednostka slave na żądanie mastera. Przykładowymi rozkazami mogą być: rozkaz odczytu zespołu rejestrów, odczyt statusu, zapis rejestrów w jednostce slave, ładowanie, odczytywanie lub weryfikacja programu jednostki slave. Kiedy jednostka slave odpowiada masterowi, wykorzystuje pole funkcji do potwierdzenia wykonania polecenia lub sygnalizacji błędu, jeżeli z jakiś przyczyn nie może wykonać rozkazu. Potwierdzenie pozytywne realizowane jest poprzez umieszczenie na polu funkcji kodu wykonanego rozkazu. W przypadku stwierdzenia błędu, jednostka slave umieszcza na polu funkcji "szczególną odpowiedź" (exception response), którą stanowi kod funkcji z ustawionym na „1” najstarszym bitem.

Na przykład, polecenie (z mastera do jednostki slave) odczytu zespołu rejestrów posiada kod funkcji 0000 0011 (03h). Jeżeli jednostka slave wykona rozkaz, w swojej odpowiedzi zwraca tą samą wartość na polu funkcji. Jeżeli wykryje błąd - zwróci 1000 0011 (83h).

Oprócz "szczególnej odpowiedzi" sygnalizującej błąd, jednostka slave umieszcza kod błędu na polu danych ramki odpowiedzi. Pozwala to masterowi określić rodzaj lub powód błędu. Program wykonywany przez jednostkę master jest odpowiedzialny za obsługę błędów. Typową reakcją na wystąpienie błędu jest

powtórzenie ramki polecenia, odczyt informacji statusowych umożliwiających diagnostykę błędów, powiadomienie operatora.

Pole danych

Pole danych tworzy zestaw dwucyfrowych liczb heksadecymalnych, o zakresie 00 - FF. Liczby te podczas transmisji w trybie ASCII reprezentowane są dwoma znakami, a przy transmisji w trybie RTU jednym. Pole danych ramki polecenia zawiera dodatkowe informacje potrzebne jednostce slave do wykonania rozkazu określonego kodem funkcji. Mogą to być adresy rejestrów, liczba bajtów w polu danych, dane itp. Na przykład, jeżeli master żąda odczytu grupy rejestrów, pole danych zawiera nazwę (adres) rejestru początkowego oraz ilość rejestrów do odczytu. Przy operacji zapisu grupy rejestrów, na polu danych znajdują się następujące informacje: adres rejestru początkowego, ilość rejestrów, ilość pozostałych bajtów w polu danych, dane przeznaczone do zapisu.

Jeżeli nie wystąpi błąd, pole danych odpowiedzi zawiera żądane informacje. Wykrycie błędu powoduje zapisanie przez jednostkę slave kodu błędu na polu danych ramki odpowiedzi, co umożliwia adekwatną reakcję mastera. W niektórych ramkach polecenia pole danych może posiadać zerową długość.

Pole kontrolne

W standardzie MODBUS słowo kontrolne zabezpieczające część informacyjną zależy od zastosowanego trybu transmisji. W trybie ASCII pole kontrolne składa się z dwóch znaków ASCII, które są rezultatem obliczenia Longitudinal Redundancy Check (LRC) na zawartości części informacyjnej ramki (bez znaczników początku i końca). Znaki LRC są dołączane do wiadomości jako ostatnie pole ramki, bezpośrednio przed znacznikiem końca (CR, LF).

W trybie RTU słowo kontrolne jest 16-bitowe i powstaje jako rezultat obliczenia Cyclical Redundancy Check (CRC) na zawartości ramki. Pole kontrolne zajmuje dwa bajty dołączane na końcu ramki. Jako pierwszy przesyłany jest mniej znaczący bajt, jako ostatni - starszy bajt, który jest jednocześnie znakiem kończącym ramkę.

9.2.3. Generacja słów zabezpieczających LRC i CRC

Wyznaczanie LRC

Ośmiobitowa wartość LRC obliczana jest przez urządzenie nadające, które dołącza ją do wiadomości i przesyła na końcu ramki w postaci dwóch znaków ASCII. Urządzenie odbierające oblicza LRC podczas odbioru ramki i porównuje wyznaczoną przez siebie wartość ze słowem kontrolnym w ramce odebranej. Jeżeli obie wartości są różne to znaczy, że wystąpił błąd.

Obliczanie LRC polega na sumowaniu kolejnych 8-bitowych bajtów wiadomości, odrzuceniu przeniesień i na koniec wyznaczeniu uzupełnienia dwójkowego wyniku np. zanegowanie wszystkich bitów i dodanie „1” na pozycji najmniej znaczącego bitu. Sumowanie obejmuje całą wiadomość za wyjątkiem znaczników początku i końca ramki.

Wyznaczanie CRC

Słowo kontrolne CRC stanowi 16-bitową wartość wyznaczaną przez urządzenie nadające, które dołącza ją na końcu ramki w postaci dwóch 8-bitowych znaków. Urządzenie odbierające dokonuje analogicznego obliczenia podczas odbioru ramki i porównuje wyznaczoną przez siebie wartość z odebranym słowem kontrolnym CRC. Jeżeli obie wartości są różne, to znaczy, że wystąpił błąd. Obliczanie CRC realizowane jest według następującego algorytmu:

1. Załadowanie FFFFH do 16-bitowego rejestru CRC.
2. Pobranie bajtu z bloku danych (zabezpieczana wiadomość) i wykonanie operacji EXOR z młodszym bajtem rejestru CRC (CRCLO). Umieszczenie rezultatu w rejestrze CRC.
3. Przesunięcie zawartości rejestru CRC w prawo o jeden bit połączone z wpisaniem „0” na najbardziej znaczący bit (MSB=0).
4. Sprawdzenie stanu najmłodszego bitu (LSB) w rejestrze CRC. Jeżeli jego stan równa się „0”, to następuje powrót do kroku 3 (kolejne przesunięcie), jeżeli „1”, to wykonywana jest operacja EXOR rejestru CRC ze stałą A001h.
5. Powtórzenie kroków 3 i 4 osiem razy, co odpowiada przetworzeniu całego bajtu (ośmiu bitów).

6. Powtórzenie sekwencji 2, 3, 4, 5 dla kolejnego bajtu wiadomości. Kontynuacja tego procesu aż do przetworzenia wszystkich bajtów wiadomości.

Zawartość CRC po wykonaniu wymienionych operacji jest poszukiwaną wartością CRC.

Zwartość rejestru CRC po realizacji przedstawionego algorytmu stanowi słowo kontrolne CRC, które dołączane jest na końcu ramki i przesyłane w dwóch bajtach (tryb RTU). Wylizanie CRC jest stosunkowo złożone i trwa długo, szczególnie przy dużym rozmiarze zabezpieczanego pola informacyjnego. Istnieje jednak szybszy sposób wyznaczania słowa CRC, który polega na umieszczeniu wartości CRC w dwóch tablicach (256-elementowa tablica wartości CRCLO i 256-elementowa tablica wartości CRCHI) oraz określeniu wskaźników do wspomnianych tablic na podstawie zawartości bloku danych. Główna trudność polega na właściwym przygotowaniu wspomnianych tablic. Wyznaczenie wskaźników realizowane jest przez prosty program.

9.2.4. Format znaku przy transmisji szeregowej

W standardzie MODBUS znaki są przesyłane szeregowo od najmłodszego do najstarszego bitu.

Organizacja jednostki informacyjnej w trybie ASCII:

- 1 bit startu,
- 7 bitów pola danych, jako pierwszy wysyłany jest najmniej znaczący bit,
- 1 bit kontroli parzystości (nieparzystości) lub brak bitu kontroli parzystości,
- 1 bit stopu przy kontroli parzystości lub 2 bity stopu przy braku kontroli parzystości.

Zasada wypracowywania bitu kontroli parzystości w jednostce informacyjnej jest następująca:

Kontrola parzystości (even parity) - bit posiada wartość „1”, jeżeli ilość jedynek na polu danych jest nieparzysta oraz „0”, jeżeli ilość jedynek jest parzysta.

Kontrola nieparzystości (odd parity) - bit posiada wartość „1”, jeżeli ilość jedynek na polu danych jest parzysta oraz „0”, jeżeli ilość jedynek jest nieparzysta.

Organizacja jednostki informacyjnej w trybie RTU:

- 1 bit startu,
- 8 bitów pola danych, jako pierwszy wysyłany jest najmniej znaczący bit,
- 1 bit kontroli parzystości (nieparzystości) lub brak bitu kontroli parzystości,
- 1 bit stopu przy kontroli parzystości lub 2 bity stopu przy braku kontroli parzystości.

Pole danych znaku może być (opcjonalnie) zabezpieczone bitem kontroli parzystości lub nieparzystości. Wspomniane wcześniej zabezpieczenie LRC lub CRC dotyczy całej treści ramki. Oba zabezpieczenia, tzn. zabezpieczenie znaku oraz całej ramki, generowane są przez urządzenie nadające i dołączane do wiadomości przed transmisją. Urządzenie odbierające sprawdza bit parzystości znaku (o ile występuje) oraz słowo kontrolne.

ASCII

START 1 2 3 4 5 6 7 PAR STOP

START 1 2 3 4 5 6 7 STOP STOP

RTU

START 1 2 3 4 5 6 7 8 PAR STOP

START 1 2 3 4 5 6 7 8 STOP STOP

Przerwanie transmisji

W jednostce master użytkownik ustawia ważny parametr jakim jest "maksymalny czas odpowiedzi na ramkę zapytania", po którego przekroczeniu transmisja jest przerywana. Czas ten dobiera się tak, aby każda jednostka slave

pracująca w systemie (nawet ta najwolniejsza zdołała normalnie odpowiedzieć na ramkę zapytania. Przekroczenie tego czasu świadczy zatem o błędzie i tak też jest traktowane przez jednostkę master. Jeżeli jednostka slave wykryje błąd transmisji, nie wykonuje polecenia oraz nie wysyła żadnej odpowiedzi. Spowoduje to przekroczenie czasu oczekiwania na ramkę odpowiedzi i przerwanie transakcji. Program realizowany w jednostce master powinien w takiej sytuacji przejść do obsługi błędu. W szczególności przerwanie transakcji powoduje zaadresowanie nie istniejącego urządzenia slave.

9.3. Funkcje w interfejsie MODBUS

Producenci sterowników przemysłowych wyposażonych w kontrolery interfejsu MODBUS opracowali dla wykonywanych przez siebie urządzeń wiele funkcji (rozkazów zdalnych), których zadaniem jest realizacja wymiany danych pomiędzy jednostką master, a urządzeniem slave. W ramce polecenia znajduje się adres urządzenia slave (07h), do którego jest ono skierowane, kod funkcji (04h) oraz jej argumenty (adres rejestru początkowego 0003h oraz ilość rejestrów w grupie 0002h), znajdujące się na polu danych ramki. Na początku ramki odpowiedzi urządzenie slave umieszcza swój adres (07h), po którym następuje kod wykonanej funkcji (04h) oraz dane stanowiące zawartość odczytywanych rejestrów.

Podstawowymi funkcjami w interfejsie MODBUS są:

- odczyt stanu wybranego wejścia dwustanowego,
- odczyt stanu wybranego wyjścia dwustanowego,
- odczyt zawartości grupy rejestrów,
- ustawienie (ON/OFF) wybranego wyjścia dwustanowego,
- ustawienie (ON/OFF) grupy wyjść dwustanowych,
- zapis wartości początkowej do rejestru,
- zapis wartości początkowej do grupy rejestrów,
- odczyt rejestru statusu urządzenia slave,
- odczyt licznika komunikatów.

10. OPROGRAMOWANIE WSPOMAGAJĄCE LB-600

10.1. Wprowadzenie

Producent regulatora LB-600 (firma LAB-EL) oferuje oprogramowanie dla użytkowników umożliwiające współpracę regulatora z systemami komputerowymi.

Oferowane programy to:

 Regulator

Regulator - jest to program umożliwiający programowanie struktur regulacji, sprawdzenie działania takiej struktury w warunkach symulacyjnych, a także zapis/odczyt całych struktur do/z regulatora.

 Lb600mod

Lb600Mod - to program umożliwiający zapis i odczyt pojedynczych parametrów w regulatorze.


 Diagram

Diagram - jest programem umożliwiającym tworzenie struktur w środowisku graficznym. Struktury tworzone są poprzez pobieranie z biblioteki funkcyjnych odpowiednich „bloczków funkcjonalnych”, łączenie ich pomiędzy sobą oraz zapis odpowiednich parametrów w tablicach konfiguracyjnych poszczególnych bloków.

Programy *LB600Mod* i *Diagram* mogą być wywoływane z menu start lub z paska zadań programu *Regulator*.

Struktura tworzona przy pomocy programu *Regulator* może być odczytana przez program *Diagram*, zmodyfikowana, zapisana na dysku, pobrana do programu *Regulator*, sprawdzona i przesłana do regulatora.

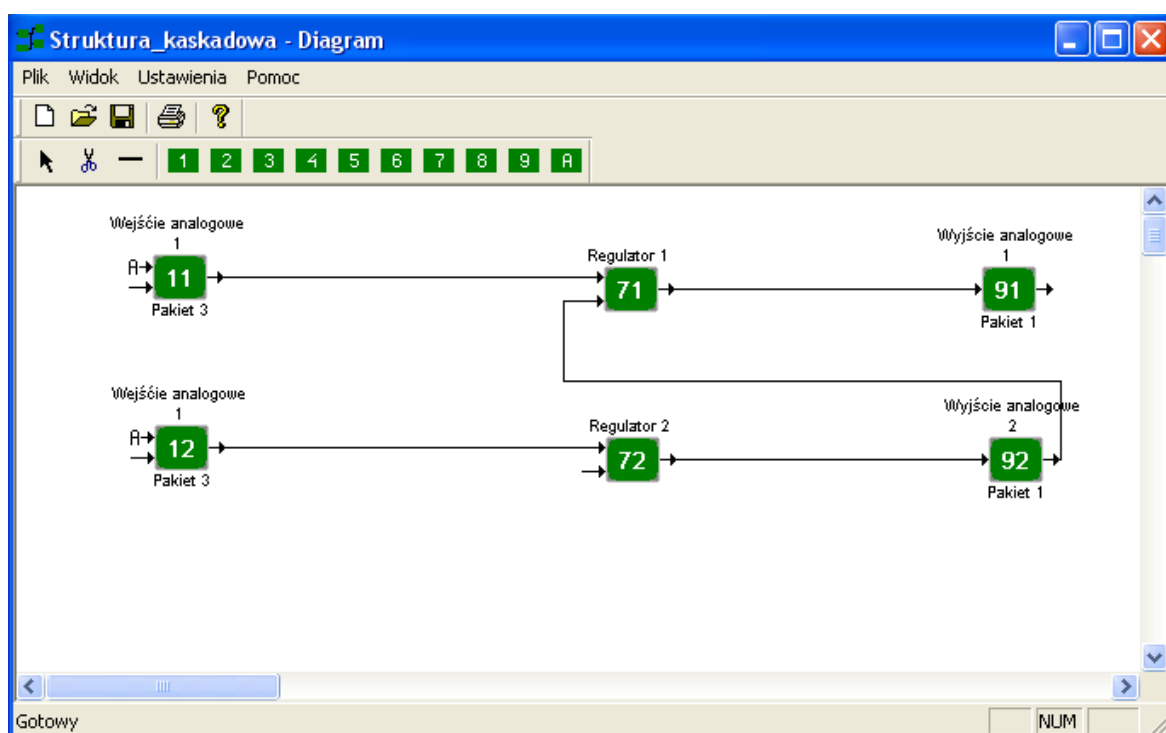
W niniejszej pracy używano wersji oprogramowania 2.17.02.

10.2. Tworzenie struktur regulacji – program *Diagram*

Jednym ze sposobów stworzenia struktury regulacji do regulatora LB-600 jest wykorzystanie do tego celu środowiska graficznego, jakim jest programu *Diagram*. Umożliwia on tworzenie nowych zbiorów-struktur lub otwieranie już istniejących, utworzonych przez program *Regulator* lub wcześniej w programie *Diagram*.

Zbiory struktur zawierają zakodowane informacje o konfiguracji pakietów. W zależności od nich ułożenia, uaktywniane są odpowiednie zasoby bloków funkcjonalnych. Aktywność zasobów funkcyjnych sygnalizowana jest kolorem zielonym, brak aktywacji – szarym.

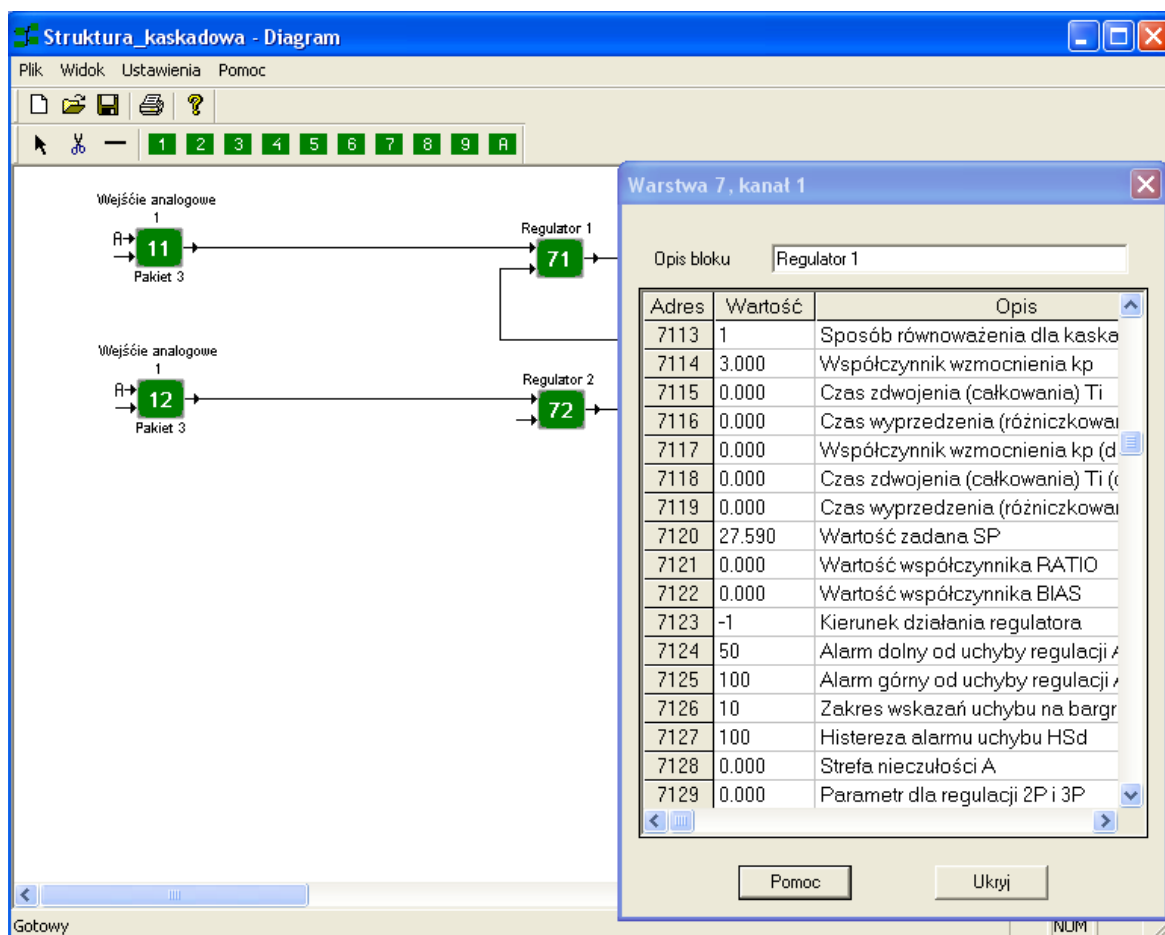
Przykład okna programu ze stworzoną strukturą kaskadową wykorzystywaną w pracy przedstawia rysunek 10.2.1.



Rys. 10.2.1. Okno programu *Diagram*.

Kody połączeń między funkcyjnymi realizowane są automatycznie po narysowaniu połączenia.

Parametryzacja funktorów (zapis wartości odpowiednich parametrów) odbywa się w tablicach danych funktorów (rysunek 10.2.2.). Otwarcie okna z tablicą następuje przez wciśnięcie przycisku myszki, gdy jej kursor znajduje się nad wybranym funktozem. Zapis kodów połączeń w tablicy spowoduje wygenerowanie odpowiedniego połączenia na rysunku tworzonej struktury.



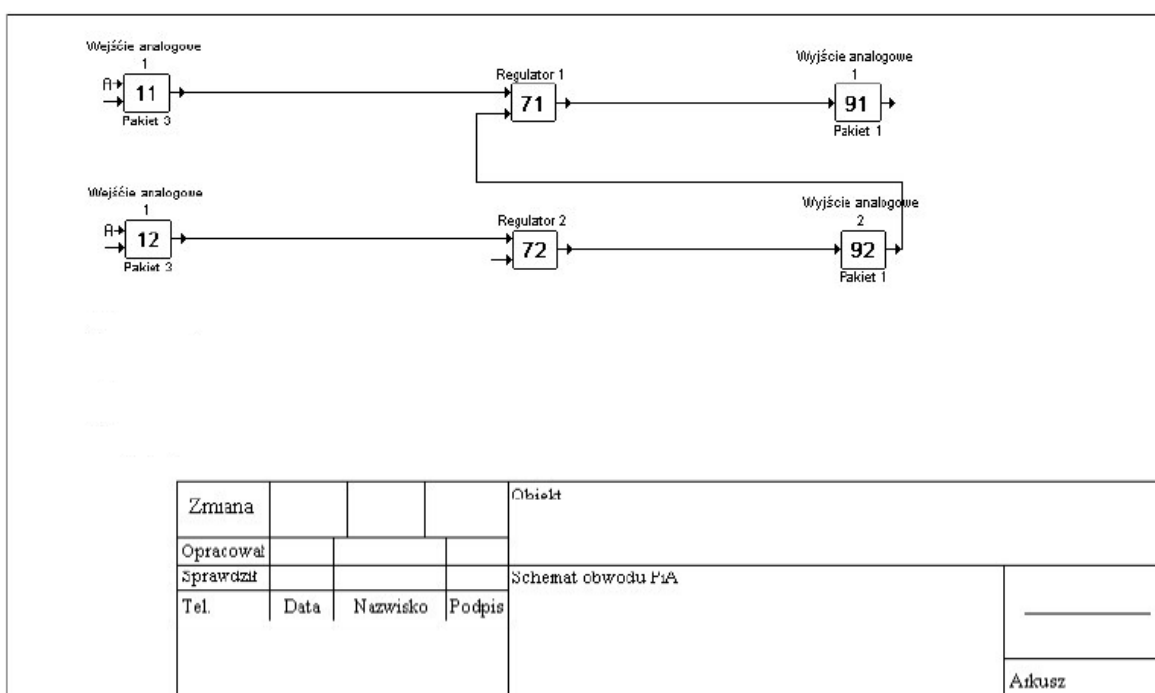
Rys. 10.2.2. Okno programu Diagram – tablica funkтора.

Funktory mogą posiadać kolory:

- kolor czerwony – funktor nieprawidłowo zaprogramowany,
- kolor szary - funktor nieaktywny, aktywacja funkтора polega na wpisaniu w odpowiednim parametrze wartości „1”,
- kolor zielony - funktor aktywny i prawidłowo zaprogramowany,
- kolor fioletowy - funktor warstwy 7, który został zaprogramowany jako stacyjka zadawania stosunku lub stacyjki sterowania ręcznego.

Realizacja struktury przy wykorzystaniu funkcyjnych dotyczy warstw 1,2,3,4,5,6,7,8,9 i A, warstwa skalowania b nie jest dostępna w programie *Diagram* (dostępna jest w programie *Regulator*).

Stworzony zbiór-struktury może być zapisany w formacie <nazwa.lbp> lub w postaci raportu. Raporty mogą być zapisywane jako zbiory tekstowe lub w postaci plików „csv”. Istnieje także możliwość wydruku struktury na formatce z odpowiednią tabelką (rysunek 10.2.3.).



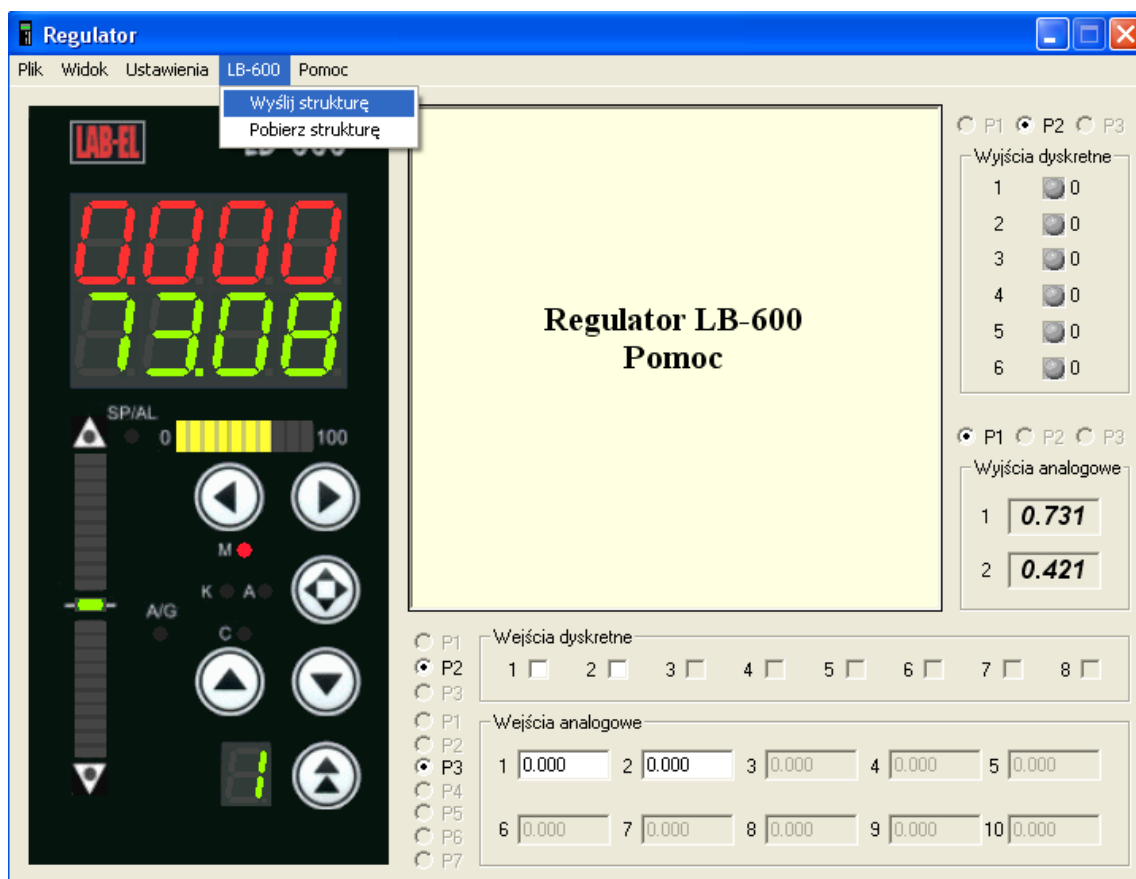
Rys. 10.2.3. Wydruk struktury.

10.3. Zapis struktury do regulatora – program Regulator

Wizualizacja w niniejszej pracy została wykonana dla dwóch rodzajów struktur: jednoobwodowej i kaskadowej. Dlatego istnieje konieczność zmiany struktury w regulatorze w zależności od przeprowadzanego ćwiczenia. Regulator można przeprogramować z „pulpitu operatorskiego” lub przy użyciu programu *Regulator* wgrywając jedną z wcześniej stworzonych struktur. Potrzebne struktury

regulacji do przeprowadzenia ćwiczeń zostały umieszczone na dołączonej płycie CD w katalogu LB-600_Struktury.

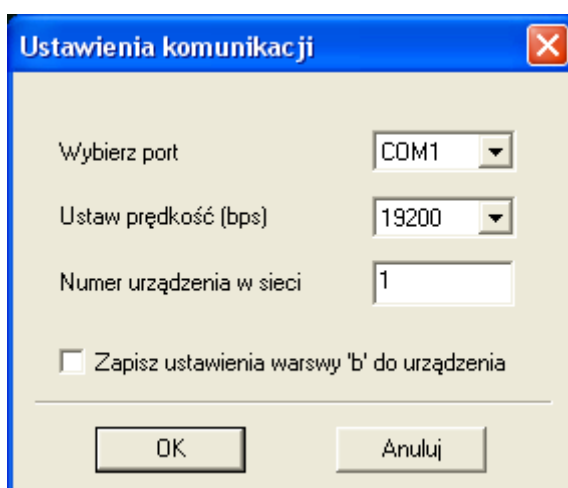
Aby zapisać istniejącą strukturę do regulatora należy uruchomić program *Regulator* otworzyć wybrany plik (<nazwa.lbp>), a następnie z menu *LB-600* uruchomić zapisywanie struktury do regulatora (rysunek 10.3.1.).



Rys. 10.3.1. Okno programu *Regulator*.

Po wybraniu polecenia „Wyślij strukturę” pojawi się okno (rysunek 10.3.2.) w którym należy określić:

- port komunikacyjny, do którego jest podłączony regulator,
- prędkość transmisji (parametr w regulatorze o adresie 0130),
- numer urządzenia w sieci (parametr w regulatorze o adresie 0105),
- zaznaczyć lub nie opcje zapisu parametrów skalujących wejścia i wyjścia analogowe w warstwie „b” (w przypadku pobierania struktury z regulatora funkcja ta jest nieaktywna).



Rys. 10.3.2. Okno programu Regulator – Ustawienia komunikacji.

Zmiana struktury w regulatorze przy użyciu programu *Regulator* jest bardzo wygodna. Pozwala w znacznym stopniu skrócić czas potrzebny na przeprogramowanie regulatora, jeżeli posiadamy w swoich zbiorach wcześniej stworzoną strukturę.

11. SPRAWDZENIE DZIAŁANIA APLIKACJI

Sprawdzenie poprawności działania wykonanych aplikacji polegało na przeprowadzeniu przy ich użyciu ćwiczeń. Podczas przeprowadzania badań dodatkowo był używany rejestrator.

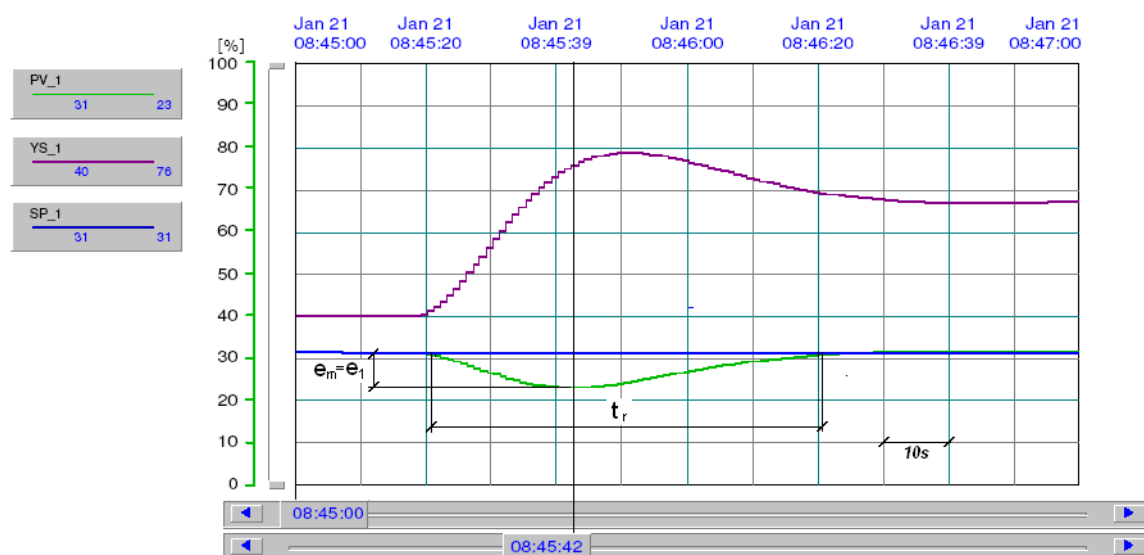
Na zarejestrowanych przebiegach (w komputerze i przez rejestrator) zostały wyznaczone wskaźniki jakości takie jak:

- t_r – czas regulacji,
- e_m – maksymalna odchyłka dynamiczna,
- e_1 – amplituda pierwszego odchylenia,
- e_{st} – odchyłka statyczna.

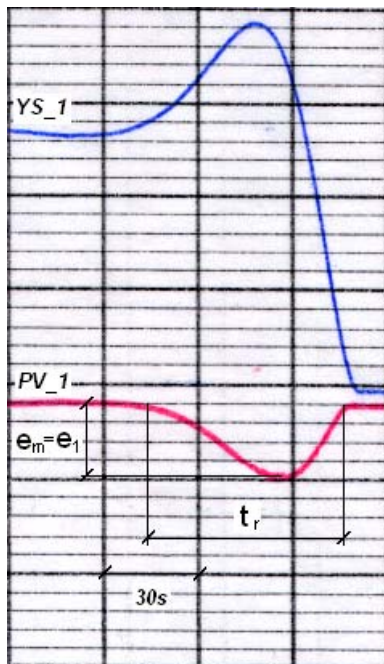
Wyznaczone wskaźniki jakości zostały zamieszczone w tabelach 11.3.1. i 11.3.2.

11.1. Aplikacja w programie InTouch 8.0

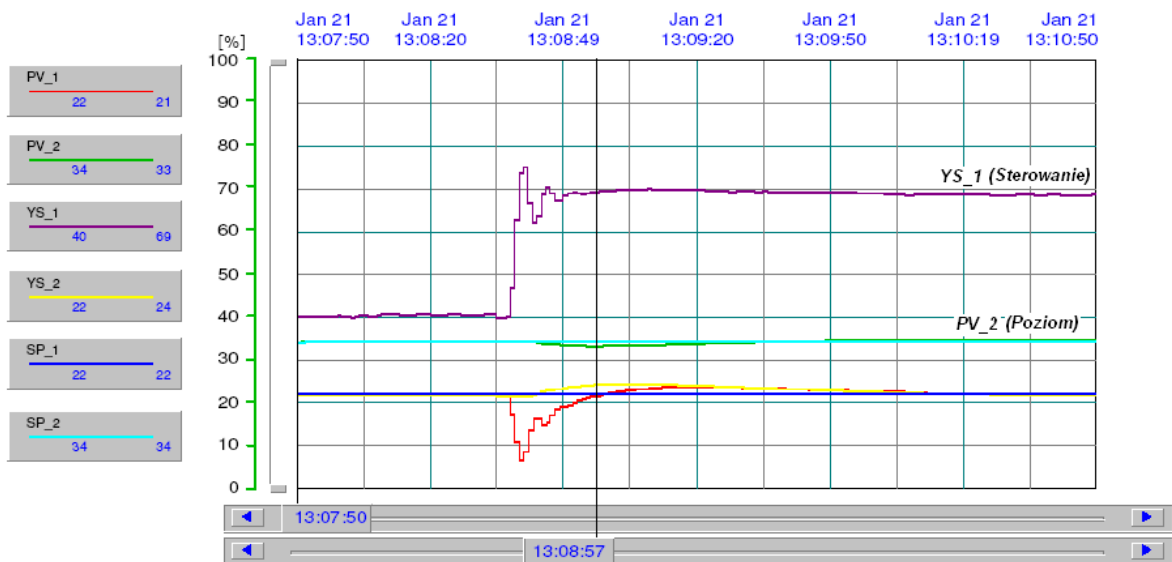
Przykładowe przebiegi zmiennych wydrukowanych z poziomu aplikacji wykonanej w programie InTouch i odpowiadające im przebiegi zarejestrowane na taśmie rejestratora zostały zamieszczone na rysunkach 11.1.1. - 11.1.4.



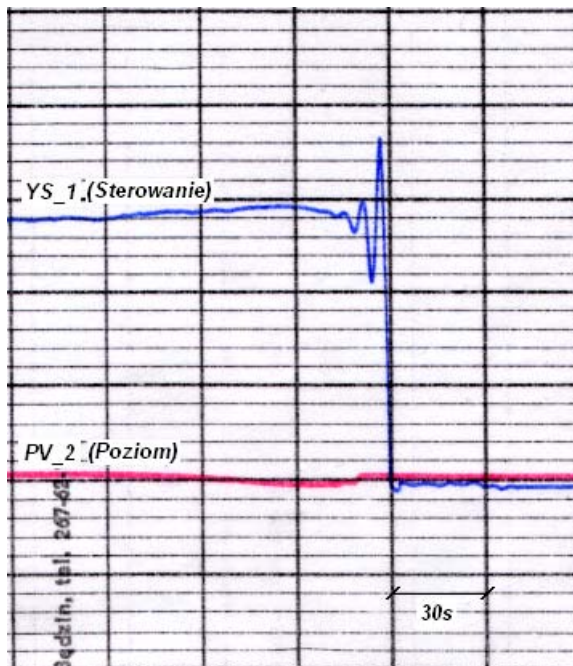
Rys. 11.1.1. Przebieg zmiennych dla układu regulacji o strukturze jednoobwodowej – aplikacja InTouch.



Rys. 11.1.2. Przebieg zmiennych dla układu regulacji o strukturze jednoobwodowej – taśma rejestratora.



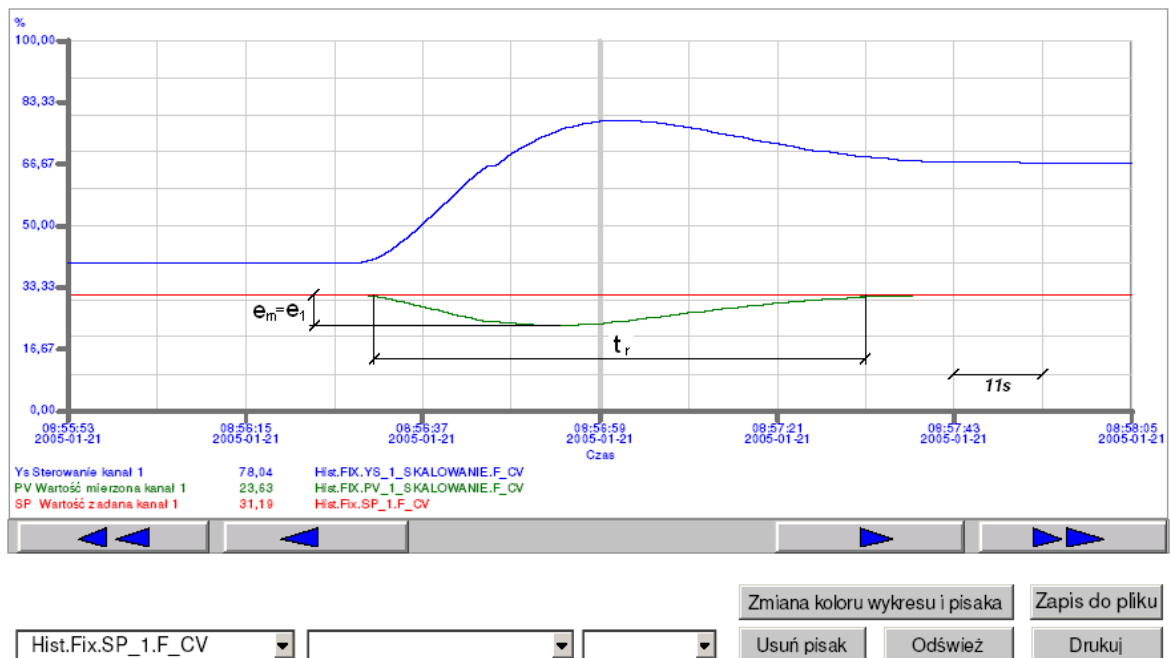
Rys. 11.1.3. Przebieg zmiennych dla układu regulacji o strukturze kaskadowej – aplikacja InTouch.



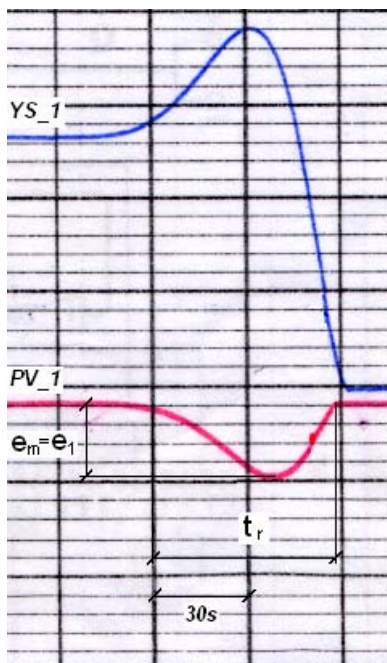
Rys. 11.1.4. Przebieg zmiennych dla układu regulacji o strukturze kaskadowej – taśma rejestratora.

11.2. Aplikacja w programie iFix 3.5

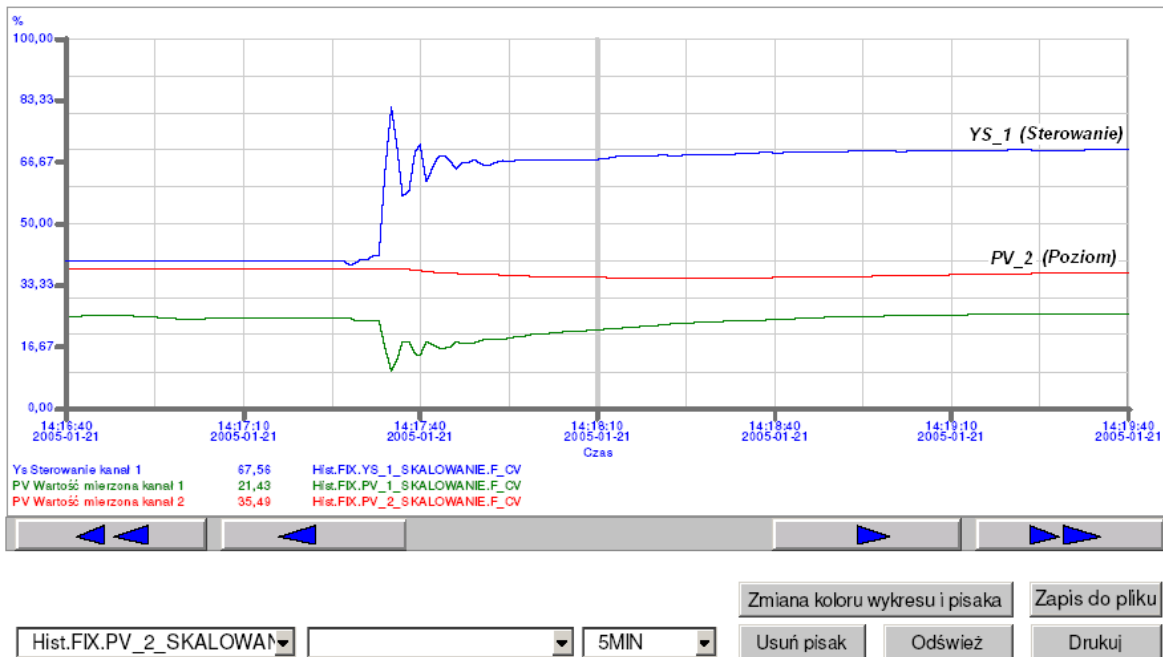
Przykładowe przebiegi zmiennych wydrukowanych z poziomu aplikacji wykonanej w programie iFix i odpowiadające im przebiegi zarejestrowane na taśmie rejestratora zostały zamieszczone na rysunkach 11.2.1. - 11.2.4.



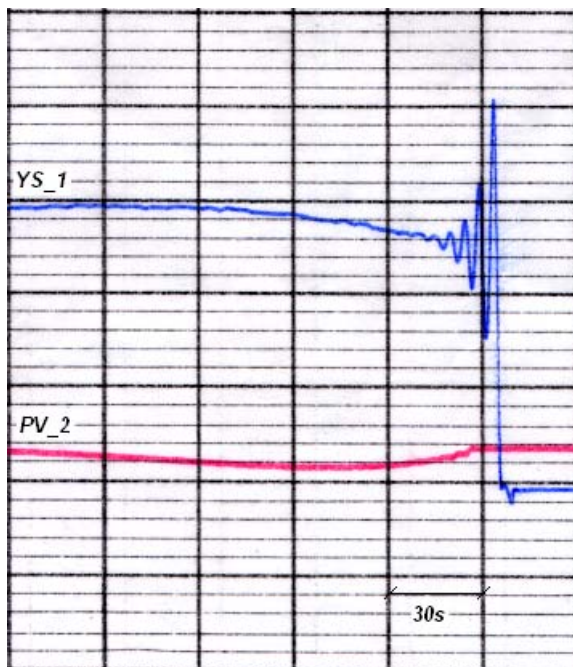
Rys. 11.2.1. Przebieg zmiennych dla układu regulacji o strukturze jednoobwodowej – aplikacja iFix.



Rys. 11.2.2. Przebieg zmiennych dla układu regulacji o strukturze jednoobwodowej – taśma rejestratora.



Rys. 11.2.3. Przebieg zmiennych dla układu regulacji o strukturze kaskadowej – aplikacja iFix.



Rys. 11.2.4. Przebieg zmiennych dla układu regulacji o strukturze kaskadowej – taśma rejestratora.

11.3. Wyniki

Wyniki przeprowadzonych badań w punktach 11.1. i 11.2. umieszczone są w tabelach 11.3.1. i 11.3.2.

Tabela 11.3.1.

Ukł. jednoobwodowy	T_r [s]	e_1 [%]	e_m [%]	e_{st} [%]
Rejestrator	60	9	9	0
Aplikacja InTouch	60	8	8	0

Tabela 11.3.2.

Ukł. jednoobwodowy	T_r [s]	e_1 [%]	e_m [%]	e_{st} [%]
Rejestrator	59	9	9	0
Aplikacja iFix	60	8	8	0

Porównując wskaźniki jakości (t_r , e_1 , e_m , e_{st}) odczytane z trendów zarejestrowanych w aplikacjach, z odpowiadającymi im wskaźnikami odczytanymi z przebiegów zarejestrowanych na taśmie rejestratora można zauważyć, że różnica między nimi nie przekracza 1%.

Dla układów o strukturze kaskadowej wskaźniki jakości nie zostały naniesione na wykresach, ponieważ ich wartość są bliskie zeru.

Zaletą rejestracji przebiegów przy użyciu programów wizualizacyjnych jest możliwość obserwacji przez studenta wszystkich wielkości występujących w układzie, które w tradycyjnym połączeniu z rejestratorem nie są dostępne ze względu na ograniczoną liczbę kanałów rejestratora (dwa kanały).

Komponenty do wyświetlania trendów zastosowane w aplikacjach dzięki odpowiednim suwakom umożliwiają w precyzyjny i łatwy sposób odczytanie wartości danej zmiennej w dowolnym miejscu wykresu, co jest dodatkową zaletą ułatwiającą opracowanie wyników.

Po przeprowadzonych badaniach można stwierdzić że stworzone aplikacje spełniają swoje zadanie zarówno pod względem ułatwienia obsługi podczas przeprowadzania ćwiczeń jak i dokładności rejestracji wyników.

12. WNIOSKI KOŃCOWE

Cel pracy jakim było opracowanie systemu wizualizacji i sterowania do stanowiska regulacji poziomu cieczy w zbiornikach otwartych w Laboratorium Podstaw Automatyki, został osiągnięty. W początkowych założeniach miała powstać jedna aplikacja, w efekcie zostały stworzone dwie w dwóch różnych systemach SCADA (InTouch 8.0 i iFix 3.5) co wzbogaciło pracę i pozwoliło ukazać dwa rozwiązania tego samego zadania.

Aplikacje zostały wykonane przy użyciu wersji demonstracyjnych wyżej wymienionych programów (czas ciągłej pracy dwie godziny). Aplikacja w InTouch ma dodatkowe ograniczenie dotyczące ilości tworzonych okien i zmiennych, co uniemożliwiło jej dalszą rozbudowę.

Podczas testowania stworzonych aplikacji okazało się, że duży wpływ na ich działanie ma sprzęt komputerowy, który mimo że teoretycznie spełniał minimalne wymagania zalecane przez producentów oprogramowania, okazał się nie wystarczający i musiał zostać zmodyfikowany.

Sprawdzono poprawność działania aplikacji przeprowadzając przy ich użyciu ćwiczenia, do których zostały stworzone, a następnie porównując zarejestrowane przebiegi w komputerze z przebiegami zarejestrowanymi na taśmie rejestratora.

Dokonano analizy własności regulatora LB-600 oraz opisano sposób tworzenia i wgrywania struktury do regulatora przy użyciu programów wspomagających (*Diagram* i *Regulator*).

Opisano także sposób wymiany danych między obiektem a aplikacjami wizualizacyjnymi oraz scharakteryzowano protokół Modbus jako sieć stosowaną w komputerowych systemach automatyki.

Ćwiczenia laboratoryjne nie są typowym obiektem do wizualizacji, mimo to obrazy synoptyczne zostały stworzone na wzór synoptyk instalacji przemysłowych. Opis poszczególnych obrazów (przycisków pól) został zamieszczony w pracy.

13. ZAŁĄCZNIKI

Załącznik – płyta CD zawierająca:

- Aplikację wykonaną w programie InTouch (z plikami konfiguracyjnymi),
- Aplikację wykonaną w programie iFix (z plikami konfiguracyjnymi),
- Struktury regulacji do regulatora LB-600 (jednoobwodową i kaskadową),
- Oprogramowanie wspomagające do regulatora LB-600,
- Pracę dyplomową w wersji elektronicznej.

14. LITERATURA

1. Danuta Holejko *Materiały pomocnicze do ćwiczeń laboratoryjnych z Podstaw Automatyki*
2. Marek Żelazny „Podstawy Automatyki”
PWN Warszawa 1976
3. J.M. Kościelny *Materiały wykładowe do przedmiotu Zdecentralizowane Systemy Sterowania i Monitorowania*
4. J.M. Kościelny *Systemy nadzorowania i wizualizacji procesów przemysłowych – wymagania, kryteria oceny*
PAK 3/1998
5. W. Boroń *Charakterystyka zdecentralizowanych systemów sterowania typu DCS*
PAK 6/1998
6. Z. Komor, A. Łobzowski, W. Szkolnikowski
 „Technika Regulacji Regulator LB- 600”
7. *Materiały informacyjne firmy LAB-EL „Instrukcja eksploatacyjna i tablice konfiguracyjne REGULATOR – STEROWNIK LB-600”, „Instrukcja oprogramowania regulatora LB-600” oraz strona internetowa <http://www.label.com.pl/>*
8. *Materiały informacyjne firmy Astor oraz strona internetowa <http://www.astor.com.pl/>*
9. *Materiały informacyjne firmy abmicro oraz strona internetowa <http://www.abmicro.com.pl/>*

*Podziękowania dla firmy LAB-EL za pomoc
i udostępnienie regulatora.*