

Nr ewidencyjny.....

Data wydania tematu.....

Data złożenia pracy.....

**WYŻSZA SZKOŁA MORSKA
W GDYNI
Wydział Elektryczny
Katedra Automatyki Okrętowej**

**PRACA DYPLOMOWA
INŻYNIERSKA**

Dyplomanci:	Daniel Czarkowski Marek Oroń	Nr albumu: 10352/E 10377/E
Specjalność:	Elektroautomatyka Okrętowa	
Promotor:	dr hab. inż. prof. ndzw. Roman Śmierzchalski	Ocena:
Recenzent:	dr inż. Janusz Pomirski	Ocena:
Egzamin dyplomowy:	Data: 20.09.2001r.	Ocena:

TEMAT: Modelowanie wirtualnego silnika głównego współpracującego z systemem bezpieczeństwa AutoChief-4

Gdynia 2001

*Pracę dedykuję mojej Matuli
za trud włożony w wychowanie*

Daniel

SPIS TREŚCI

WSTĘP	5
WYKAZ WAŻNIEJSZYCH SKRÓTÓW	6
1 ZINTEGROWANE UKŁADY AUTOMATYKI SYSTEMU ENERGETYCZNEGO STATKUERROR! NO INDEX ENTRIES FOUND.	7
1.1 PODSYSTEMY SYSTEMU ENERGETYCZNEGO STATKU	7
1.1.1 Podsystem napędu głównego	7
1.1.2 Automatyzacja systemu energetycznego.....	8
1.2 STRUKTURA ZINTEGROWANEGO SYSTEMU STEROWANIA.....	10
2 WSPÓŁPRACA SILNIKA GŁÓWNEGO Z SYSTEMEM AUTOMATYKI.....	12
2.1 OPIS TECHNICZNY ZAMODELOWANEGO SILNIKA.....	12
2.2 WSPÓŁPRACA PODUKŁADÓW AUTOMATYKI Z SILNIKIEM	14
2.2.1 Identyfikacja sygnału opisanego według standardu DENIS-1.....	15
2.3 SYSTEM STEROWANIA I KONTROLI SILNIKA GŁÓWNEGO AUTOCHIEF-4.....	20
2.3 OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU BEZPIECZEŃSTWA SILNIKA GŁÓWNEGO	22
2.4 UKŁAD BEZPIECZEŃSTWA SILNIKA GŁÓWNEGO TYPU SSU8810	24
2.4.1 Główne funkcje.....	25
2.4.1.1 Funkcje SHUT DOWN (odstawienie silnika).....	26
2.4.1.2 Funkcje SLOW DOWN (redukcja obrotów)	27
2.4.1.3 Tryb wzburzonego morza.....	28
2.4.1.4 Monitorowanie i kontrola SSU ze stanowiska zdalnego.....	29
2.4.2 Podstawowa budowa i działanie	29
2.4.3 Sygnały wejścia i wyjścia oraz komunikacja.....	30
2.4.4 Dostosowywanie sygnałów.....	31
2.4.5 Przetwarzanie danych pochodzących z sygnału.....	31
2.4.6 Funkcje panelu SSU8810	32
3 OPROGRAMOWANIE WYKORZYSTANE DO REALIZACJI PROJEKTU	34
3.1 OPIS PAKIETU OPROGRAMOWANIA NARZĘDZIOWEGO PG4	34
3.1.1 Zasady edycji w języku programowania PG4	36
3.2 CECHY STEROWNIKÓW SAIA®PCD	38
3.2.1 Modułowość budowy.....	38
3.2.2 Podstawowe dane techniczne sterownika SAIA PCD2	38
3.3 OPIS APLIKACJI IN TOUCH	39
3.4 CECHY CHARAKTERYSTYCZNE PROGRAMU IN TOUCH.....	40
3.5 PROGRAM KOMUNIKACYJNY MODBUS	45
3.5.1 MODBUS jako interfejs szeregowy z modulem PCD2.M120	45
3.5.2 Transakcje w systemie MODBUS	46
3.5.3 Funkcje w interfejsie MODBUS.....	47
4 PROJEKT BADAWCZEGO STANOWISKA LABORATORYJNEGO	48
4.1 ADAPTACJA ELEMENTÓW	50
4.2 LISTA SYGNAŁÓW	51
4.3 ZGODNOŚĆ STANDARDÓW	52
4.3.1 Opis zastosowanych modułów w projekcie	56

4.3.1.1 Karty cyfrowe.....	56
4.3.1.2 Karty analogowe	57
4.4 ZADAWANIE I POMIAR PRĘDKOŚCI OBROTOWEJ	60
4.5 DOKUMENTACJA TECHNICZNA	64
4.5.1 Opis skrzynek z zainstalowanym sterownikiem	64
4.5.2 Opis płytek przekaźnikowych	65
4.5.3 Opis listwy z przekaźnikami	68
4.5.4 Opis płytki z bezpiecznikami	69
4.5.5 Opis listew zaciskowych.....	70
4.6 OPIS PROGRAMU STEROWANIA	71
4.6.1 Program „silnik”	72
4.6.2 Program „safety”	79
4.7 OPIS ZREALIZOWANEJ APLIKACJI WIZUALIZACYJNEJ	86
4.7.1 Opis interfejsu graficznego symulacji.....	86
4.8 STRUKTURA SIECI	89
5 BADANIE I TESTOWANIE ZAMODELOWANEGO SILNIKA	91
5.1 WYMIANA DANYCH IN TOUCH – STEROWNIK	92
5.2 FUNKCJA PRZYPISYWANIA WARTOŚCI PREDEFINIOWANYCH (RECEPTURY)	95
5.2.1 Opis zastosowanych receptur.....	97
5.3 URUCHOMIENIE PROGRAMU	99
5.3.1 Przesyłanie programu do sterownika.....	99
5.4 PRZYKŁADOWE ĆWICZENIA DYDAKTYCZNE	101
5.4.1. Uruchomienie i zatrzymanie silnika ze stanowiska przysilnikowego.....	101
5.4.2 Przekazywanie kontroli pomiędzy CMK a stanowiskiem przysilnikowym	102
5.4.3 Uruchomienie i zatrzymanie silnika ze stanowiska w CMK	103
5.4.4 Przekazanie kontroli na mostek, obsługa i odczytywanie informacji z paneli umieszczonych w tym pulpicie.....	104
ZAKOŃCZENIE	106
LITERATURA	107
WYKAZ RYSUNKÓW	109
WYKAZ TABEL	110
ZAŁĄCZNIKI	111
ZAŁĄCZNIK A: PRZYKŁADOWE SKRYPTY W IN TOUCHU	111
ZAŁĄCZNIK B: SCHEMAT BLOKOWY SYSTEMU STEROWANIA I KONTROLI	113
ZAŁĄCZNIK C: LISTWY ŁĄCZENIOWE	114
ZAŁĄCZNIK D: ROZMIESZCZENIE ELEMENTÓW W SKRZYNKACH ŁĄCZENIOWYCH	115
ZAŁĄCZNIK E: LISTA ZMIENNYCH UŻYTYCH W PROGRAMIE IN TOUCH.....	116
ZAŁĄCZNIK F: LISTA SYGNAŁÓW DENIS-1	126
ZAŁĄCZNIK G: WIDOK OKIEN APLIKACJI IN TOUCH	134
ZAŁĄCZNIK H: ZDJĘCIA POSZCZEGÓLNYCH STANOWISK STEROWANIA ORAZ STEROWNIKA	143
ZAŁĄCZNIK I: OPROGRAMOWANIE NA NOŚNIKU CD-ROM.....	145
ZAŁĄCZNIK J: SCHEMAT AUTOMATYKI SG	146

Wstęp

Wzrastająca z każdym rokiem liczba statków pływających po morzach, a także ekonomicznie uzasadniony proces redukcji załogi, wymusza stosowanie coraz doskonalszych systemów bezpieczeństwa nadzorujących pracę silnika głównego. Obecnie jednym z najczęściej montowanych układów tego typu jest produkt SSU8810, wchodzący w skład systemu AutoChief-4 norweskiej firmy NorControl. Z uwagi na fakt, że wspomniany system służy do nadzoru silnika głównego, którego zainstalowanie byłoby kosztowne, za cel pracy postawiono stworzenie jego wirtualnego modelu. Współczesny rozwój techniki, a w szczególności technik komputerowych, umożliwił przedstawienie logiki działania silnika i jego układu automatyki. Fizycznym jego odpowiednikiem jest silnik 7RTA62U produkowany przez firmę H. Cegielski – Poznań SA na podstawie licencji Wärtsilä NSD Corporation. Wirtualny model silnika został zrealizowany za pomocą sterownika programowalnego PCD2 wyprodukowanego przez szwajcarską firmę SAIA – Burgess Electronics. Przez wzgląd na ściśle dydaktyczny charakter pracy (wykonanie stanowiska laboratoryjnego), stworzono wizualizację ważniejszych procesów zachodzących w obiekcie rzeczywistym. W tym celu wykorzystano program InTouch, produkowany przez amerykańską firmę Wonderware.

Praca składa się z części teoretycznej i praktycznej. W części praktycznej można wyróżnić prace projektowo – monterskie oraz przede wszystkim napisanie programu symulacyjnego. Dodatkowo, w ramach pracy, zostało zbudowane stanowisko laboratoryjne sterownika programowalnego.

Autorzy pracy pragną podziękować promotorowi za szczególną pomoc przy realizacji projektu, panu Brożynie ze stoczni Gdynia SA za umożliwienie obserwacji prób silnika współpracującego z AC4, a także pracownikom serwisu NorControla, którzy przekazali nam liczne uwagi dotyczące szczegółów konfiguracji AC4.

Wykaz ważniejszych skrótów¹

AC – Alternating Current
AC-4 –Auto Chief –4
AI – Analog Input
AO – Analog Output
AS – Alarm System
CMK – Centrala Manewrowo Kontrolna
COB – Cyclic Organization Blocks
CSV – Comma Selected Variable
DC – Digital Current
DDE – Dynamic Data Exchange
DENIS – Diesel Engine CoNtrol and OptImizing Specification
DGS – Digital Governor System
DGU – Digital Governor Unit
DI – Digital Input
DO – Digital Output
ECR – Engine Control Room
ETU –Engine Telegraph Unit
FQS – Fuel Quality Setting
I/O – Input/Output
LAN – Local Area Network
LED – Light Emitting Diode
Lubr. – Lubrication
Misc. – Miscellaneous
NC – Normal Closed
NO – Normal Open
PCD – Process Control Devices
PLC – Programmable Logic Controller
RC – Remote Control
RCS – Remote Control System
RPM – Revolutions Per Minute
RS-232 – Receive Send²
SG – Silnik Główny
ShDn – Shut Down
SlDn – Slow Down
SS – Safety System
SSU – Safety System Unit
TTL – Transistor – Transistor Logic
VIT – Variable Injection Timing

¹ szerzej w rozdziale 2.2.1

² RS-232 jest standardem komunikacyjnym

1 Zintegrowane układy automatyki systemu energetycznego statku

1.1 Podsystemy systemu energetycznego statku

W skład systemu energetycznego statku wchodzi cztery podstawowe podsystemy:

- a) Podsystem napędu głównego, którego zadaniem jest uruchamianie i zatrzymywanie silnika, regulacja prędkości obrotowej, regulacja kierunku siły naporu pędnika, regulacja skoku śruby nastawnej oraz regulacja rozkładu obciążenia silników pracujących równolegle.
- b) Podsystem elektroenergetyczny. Obejmuje wszystkie funkcje dotyczące wytwarzania, przetwarzania, rozdzielania i przesyłania energii elektrycznej, a więc m.in.: uruchamianie i zatrzymywanie zespołów prądotwórczych, regulacja napięcia i częstotliwości, regulacja rozkładu obciążenia na zespoły pracujące równolegle.
- c) Podsystem instalacji pomocniczych, którego zadaniem jest zapewnienie ciągłości dostarczania mediów (woda, paliwo, olej itp.) odpowiednich rodzajów i jakości, niezbędnych do prawidłowej pracy innych podsystemów.
- d) Podsystem chłodni i klimatyzacji. Zadaniem tego podsystemu jest regulacja wielkości takich jak temperatura, wilgotność czy ruch powietrza w pomieszczeniach socjalnych i roboczych statku oraz w jego ładowniach.

1.1.1 Podsystem napędu głównego

Ze względu na zakres pracy skupiliśmy się przede wszystkim na podsystemie silnika głównego. Wszystkie elementy tego podsystemu mają na celu wytwarzanie w sposób ciągły siły naporu o odpowiednim kierunku, umożliwiającej pokonywanie przez statek oporów hydrodynamicznych i bezwładności przy jednoczesnym zapewnieniu warunku nie przeciążania silnika głównego.

W skład tego podsystemu wchodzi:

- urządzenia do wytwarzania energii mechanicznej (silniki),
- urządzenia do przetwarzania energii mechanicznej na siłę naporu (śruby, pędniki),
- urządzenia do przetwarzania i przesyłania energii (sprzęgła, wały, przekładnie).

Napęd główny można uznać za najważniejszą część każdej jednostki pływającej, dlatego też posiada najwyższy priorytet, jeśli chodzi o sterowanie automatyką tego podsystemu. Niezależnie od rodzaju zastosowanego napędu (silniki nawrotne, nienawrotne, ze sprzęgłem rozłącznym, rozłącznie – nawrotnym, bez sprzęgła), powinny być wypełniane następujące funkcje sterowania:

- zdalne oraz automatyczne sterowanie stanami pracy (wraz z blokadami i zabezpieczeniami),
- regulacja prędkości obrotowej wału silnika głównego i kontrola stanu obciążenia (w układach ze śrubą nastawną dodatkowo optymalizacja nastaw skoku śruby),
- stabilizacja wartości podstawowych parametrów w systemach zasilających silnika (przygotowanie paliwa i zasilanie nim, media chłodzące i pomocnicze),
- optymalizacja procesu spalania na podstawie analizy spalin z uwzględnieniem temperatury powietrza i obciążenia silnika,
- zautomatyzowane sterowanie pracą systemów pomocniczych siłowni,
- optymalizacja procesów chłodzenia silnika,
- automatyzacja nadzoru i diagnozowania stanu silnika a także innych urządzeń,
- rejestracja parametrów i stanów alarmowych.³

Od systemu sterowania silnikiem głównym wymaga się zapewnienia bezpiecznego wykorzystania silnika, odpowiedniej kolejności wykonywania operacji przy manewrach oraz zoptymalizowania procesu spalania. Odpowiednio doświadczona obsługa jest w stanie samodzielnie określić parametry pracy jednostki napędowej, lecz przy trybie bezwachtowym konieczne jest wyposażenie systemu w odpowiednią bazę wiedzy, zapewniającą układom automatyki podjęcie prawidłowych decyzji. Konieczność ta wynika również ze względów ekonomicznych – zmniejszania liczby członków załogi na statku.

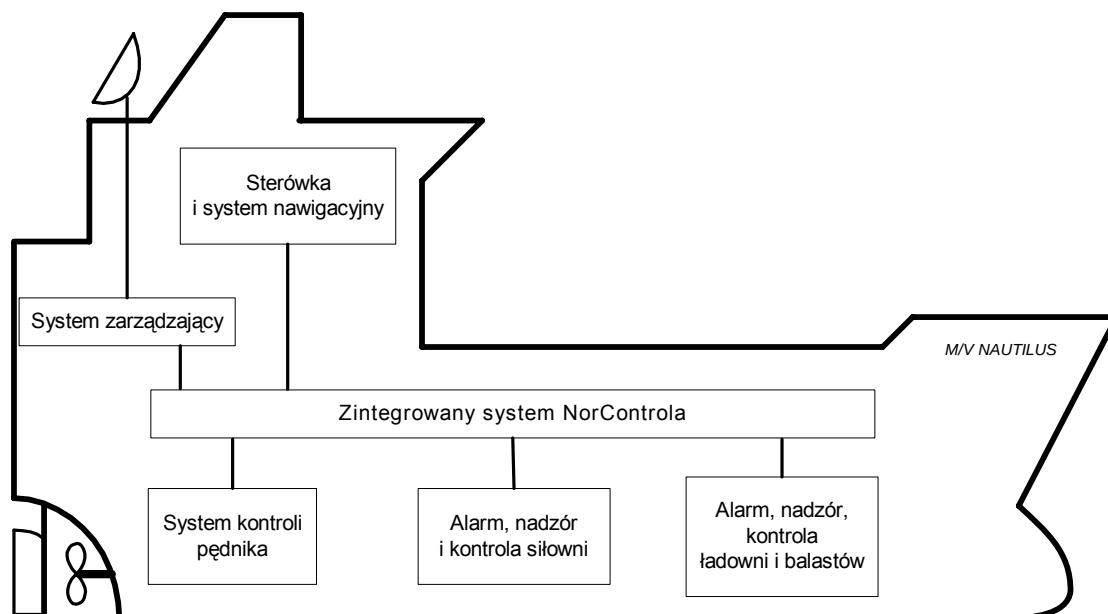
1.1.2 Automatyzacja systemu energetycznego

Przez automatyzację rozumie się taką budowę algorytmu sterowania, aby zapewnione było wykonanie wszystkich czynności niezbędnych do realizacji zadania, przy określonych parametrach. Wydanie pojedynczego polecenia oznacza szereg instrukcji, które muszą być sekwencyjnie wykonane, aby dany cel został osiągnięty. Dlatego przy powtarzalnych działaniach stosuje się układy automatyki, które kontrolują wykonywanie działań i ich realizację poprzez zestaw czujników i elementów wykonawczych dostarczanych lub zalecanych przez producenta danego układu. Auto-

³ Jerzy Soldek, *Automatyzacja statków*, Gdańsk 1985r.

matyczne i zdalne sterowanie, a także systemy bezpieczeństwa i kontrola parametrów pracy urządzeń w systemie, będą wykonane w zakresie umożliwiającym bezwachtową pracę w czasie normalnych warunków żeglowania. Tryb takiej pracy zapewnia oparty na technice mikroprocesorowej układ alarmowy, kontrolujący systemy i urządzenia spełniające następujące funkcje:

- monitorowanie istotnych parametrów urządzeń i alarmowanie nieprawidłowych stanów,
- prezentowanie na ekranie monitora schematów mnemotechnicznych z aktualnym stanem poszczególnych systemów i urządzeń siłowni,
- pomiary i prezentacja graficzna wartości mierzonych parametrów,
- okresowe rejestrowanie parametrów i wydruk stanów alarmowych siłowni,
- pomiar poziomu, objętości i ciężaru cieczy w zbiornikach,
- sygnalizacja grup alarmowych w siłowni, na mostku, w pomieszczeniach ogólnostatkowych i w kabinach mechaników wachtowych,
- nadzór nad bezpieczeństwem pracy mechanika wachtowego podczas jego czasowego pobytu w siłowni przy pracy bezwachtowej (ang. *Dead Man System*),
- autokontrola prawidłowości działania układu komputerowego,
- automatyczne blokowanie występowania fałszywych alarmów np. gdy urządzenie zostanie celowo zatrzymane lub alarm zostanie wywołany kołysaniem się statku,
- wybór mechanika wachtowego i przywołanie mechaników do Centrali Manewrowo-Kontrolnej (CMK).⁴



Rys. 1.1 Zintegrowany układ automatyki (rozwiązanie NorControl)

⁴ Zbigniew Kowalski, *Opis techniczny automatyki siłowni i systemów ogólnostatkowych*, Gdańsk 1999r.

1.2 Struktura zintegrowanego systemu sterowania

Sterowanie systemami i urządzeniami siłownianymi odbywa się w oparciu o mikroprocesorowe układy programowalne i dotyczy różnego rodzaju urządzeń i instalacji mechanicznych oraz elektrycznych (np. pompy, zawory, przekładniki).

Struktura systemu sterowania ma charakter hierarchiczny. Sterowniki programowalne PLC zajmują najniższe miejsce w hierarchii decyzyjnej tej struktury. Oznacza to, że wraz z czujnikami i elementami wykonawczymi znajdują się one najbliżej pola procesu. Poprzez karty wejściowe (moduły) sterowniki zbierają informacje z czujników umieszczonych w odpowiednich miejscach procesu, natomiast poprzez moduły wyjściowe sygnały sterujące docierają do urządzeń wykonawczych (ang. *actuators*). Sygnały sterujące mogą być generowane przez procesor samego sterownika lub z poziomu wyższego (np. stanowisko operatorskie lub stacja procesorowa). Zależy to od algorytmu sterowania. Tak więc czynności sekwencyjne, wchodzące w skład pewnej instrukcji realizowane są w obrębie układu „czujnik – sterownik – urządzenie wykonawcze”, natomiast rozkazy o większej wadze decyzyjnej pochodzą z wyższego poziomu. Istnieje również możliwość wpływania na przebieg procesu (w sposób ograniczony) bezpośrednio ze stanowisk lokalnych. Rozwiązanie takie stosuje się dla celów konserwacyjno – naprawczych lub w ekstremalnych przypadkach awarii automatyki statku.

Kolejnym stopniem w tej hierarchii są stacje procesorowe, połączone ze sterownikami programowalnymi interfejsami transmisji szeregowej (np. RS232), których zadaniem jest obróbka informacji docierającej z i do podlegającej im grupy sterowników. Stacje te sprawują nadzór nad działaniem PLC i koordynują ich wzajemną współpracę. Z uwagi na zwiększenie niezawodności stosuje się rozwiązania z pełną redundancją⁵ (zdublowanie stacji procesorowych).

Najwyższy poziom sterowania stanowi centralny komputer wraz z pulpitemi operatorskimi umieszczonymi w CMK oraz na mostku kapitańskim, a także w zależności od rozmiarów i typu jednostki, na skrzydłach mostka (ang. *wings*). W CMK dostępne są kompletne informacje odnośnie systemu oraz możliwość ingerencji. Natomiast w pozostałych punktach decyzyjnych przewiduje się jedynie możliwość wpływania na parametry bezpośrednio związane z danym stanowiskiem.

Komputer centralny połączony jest ze stacjami procesorowymi za pomocą sieci LAN (ang. *Local Area Network*). W najnowszych rozwiązaniach stosuje się także łącze satelitarne, dzięki któremu parametry techniczne systemu sterowania przekazywane są na ląd w trybie off i on line, zatem armator ma możliwość nadzoru pracy załogi.

⁵ szerzej: J. Hajda, J. Kasprzyk, T. Legierski, J. Wyrwał, *Programowanie Sterowników PLC*, Gliwice 1998r.

Całością zarządza system operacyjny wyposażony w odpowiednie oprogramowanie aplikacyjne. Architektura takiego programu operacyjnego powinna być projektowana w trzech warstwach. Pierwsza to stworzenie jak największej liczby podprogramów, których realizacja jest wynikiem danych otrzymanych z systemu (czujników). Nie obejmowałaby ona wykonywania poleceń od operatora, lecz uwzględniałaby stan, w którym znajduje się obiekt (poziom sterownika programowalnego). Warstwa druga to wykonywanie wszystkich podprogramów realizujących polecenia od operatora, z uwzględnieniem stanu obiektu (poziom stacji procesorowych). Trzecią warstwą, obejmującą swym działaniem dwie poprzednie jest alarmowanie i sygnalizowanie nieprawidłowości w całym systemie, a także zbieranie danych o stanie urządzeń i informowanie o przewidywalnych pracach. Wszystkie warstwy powinny być powiązane siatką priorytetów w taki sposób, aby nie dopuścić do sytuacji konfliktowych.

2 Współpraca silnika głównego z systemem automatyki

W celu prawidłowej współpracy pomiędzy zamodelowanym silnikiem głównym a systemem AC4 zapoznano się z poszczególnymi układami, które zostały opisane w poniższych podrozdziałach.

2.1 Opis techniczny zamodelowanego silnika

Dwusuwowy silnik wysokoprężny Sulzer 7RTA62U⁶ produkowany jest w firmie H. Cegielski – Poznań SA⁷ na podstawie licencji Wärtsilä NSD Corporation⁸. Silnik ten przystosowany jest do spalania różnego rodzaju paliw, pochodnych ropy naftowej, od oleju napędowego do paliw ciężkich. Posiada zwartą i mocną konstrukcję o niskim poziomie naprężeń i odkształceń. Zoptymalizowany rozkład temperatur zapewnia relatywnie niski poziom obciążeń cieplnych i mechanicznych. Wśród zalet można również wymienić:

- niskie obciążenie łożysk,
- zoptymalizowana konstrukcja zaworu wydechowego o długotrwałej i niezawodnej eksploatacji,
- zależny od obciążenia silnika system smarowania tulei cylindrowej, umożliwiający optymalne dostosowanie ilości oleju smarującego tuleje cylindrowe do warunków eksploatacji,
- wysokowydajne oddzielacze wody w systemie powietrza doładowującego,
- niskie zapotrzebowanie mocy dla urządzeń pomocniczych obsługujących silnik w zakresie systemów chłodzenia i zasilania paliwem,
- możliwość przystosowania do dodatkowego odbioru mocy bezpośrednio z wału korbowego silnika,
- bardzo wysoka sprawność cieplna,
- przystosowanie do pracy w siłowniach zautomatyzowanych i bezzałogowych,
- niskie koszty eksploatacji i długi czas międzyremontowy

⁶ na podstawie <http://www.hcp.com.pl/w2> dnia 31.07.2001r.

⁷ oficjalna strona producenta <http://www.hcp.com.pl>

⁸ oficjalna strona producenta <http://www.wartsila.com>

Dane podstawowe:

Średnica cylindra:	620 mm
Skok tłoka:	2 150 mm
Obroty:	113 obr./min.
Średnie efektywne ciśnienie:	18.2 bar
Szybkość tłoka:	8.1 m/s
Specyfikacja paliwa:	Ciężki olej napędowy
Ilość tłoków:	7
Moc:	15 540 kW (21 140 KM)
Jednostkowe zużycie paliwa:	
➤ obciążenie 85%	170 g/kWh (125 g/KMh)
➤ obciążenie 100%	173 g/kWh (127 g/KMh)
Ciężar:	430 T



Rys. 2.1 Silnik typu RTA62U

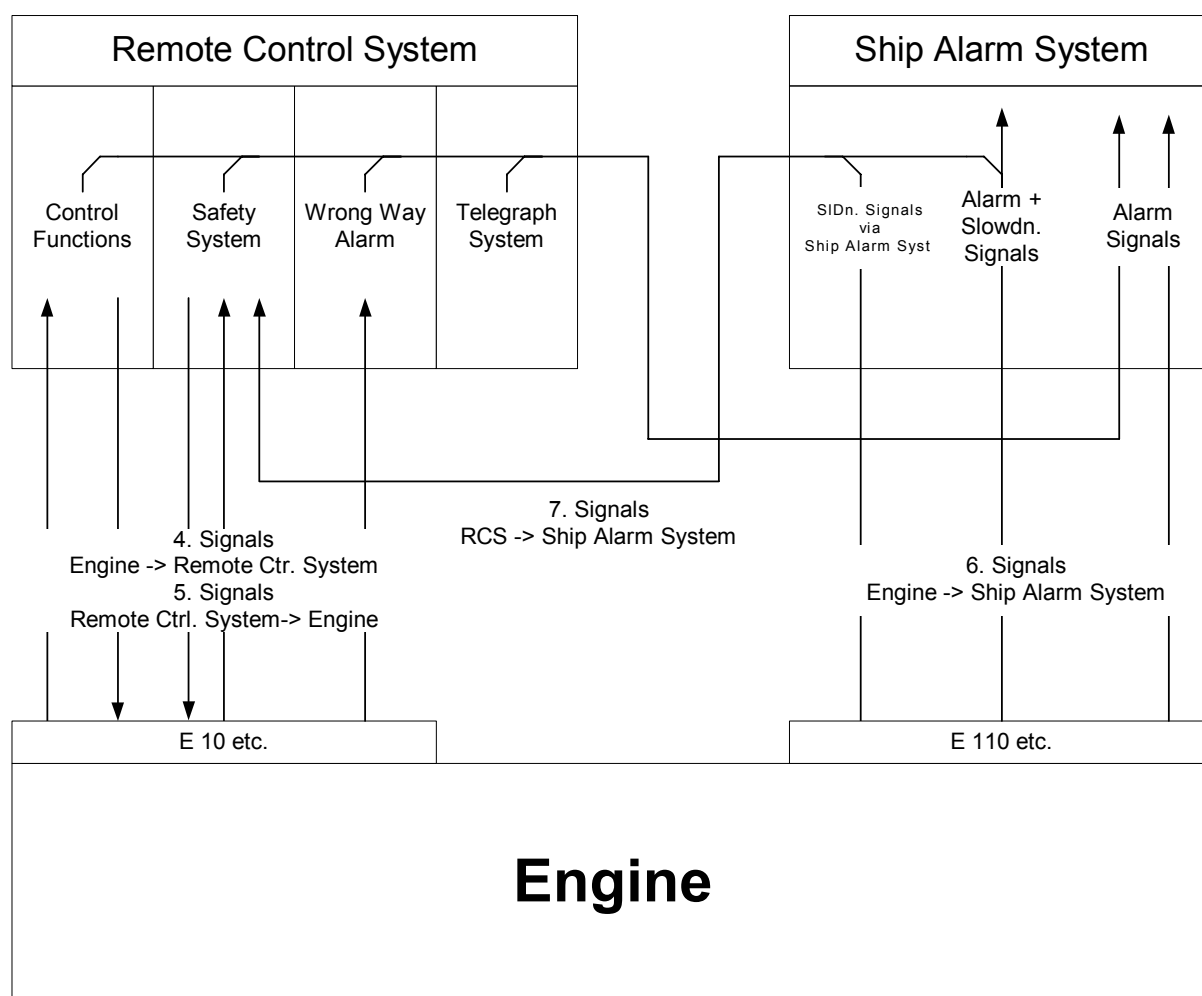
2.2 Współpraca podukładów automatyki z silnikiem

Układ *Remote Control* służy do niezawodnego sterowania ze stanowiska manewrowego pracą silnika napędowego. System ten realizuje zainicjowane przez operatora etapy pracy silnika.

Do podstawowych etapów pracy silnika należą:

- rozruch,
- praca,
- zatrzymanie,
- rewers.

Współpracę podukładów automatyki: układu zdalnego sterowania (ang. *Remote Control System*) oraz systemu alarmowego (ang. *Ship Alarm System*) przedstawia poniższy diagram⁹.



Rys. 2.2 Diagram przedstawiający przepływ sygnałów

⁹ na podstawie: Wärtsilä NSD Corporation, *DENIS-I Specification for engines RTA52/62/72/84M/84C RTA52U/62U/72U84CU/ RTA84*, 1997r.

Na podstawie powyższego diagramu opisano w rozdziale 4 przepływ sygnałów oraz wykorzystano standard numeracji sygnałów w tabeli sygnałów umieszczonej w załączniku F.

Dzięki zastosowaniu układu zdalnego sterowania można uniknąć błędów wynikających z niewłaściwej obsługi SG. Ze względu na charakter przedstawionej pracy, autorzy skupili się przede wszystkim na systemie bezpieczeństwa, który został szerzej opisany w rozdziale 3.3.

2.2.1 Identyfikacja sygnału opisanego według standardu DENIS-1

Na współczesnym rynku istnieje wielu dostawców układów automatyki okrętowej. Brak wypracowanego standardu spowodował występowanie szeregu problemów związanych ze sposobem połączenia tych systemów w jeden układ. W celu zniwelowania tych niedogodności, została opracowana koncepcja z zastosowaniem elektrycznego połączenia z silnikiem. Pozwala to na łatwe dostosowanie różnorodnych systemów zdalnego sterowania do projektowanych silników typu RTA.

Aprobata tej koncepcji zaowocowała wprowadzeniem w silnikach wysokoprężnych, elektrycznego interfejsu o nazwie DENIS (ang. *Diesel Engine CoNtrol and OptImizing Specification*). Dzięki wprowadzeniu DENISa spełniane są wymagania każdego systemu zdalnego sterowania bez dodatkowych zmian w konstrukcji silnika. DENIS stanowi pewnego rodzaju unormowanie specyfikacji opisu technicznego różnego typu silników firmy Sulzer. Znajduje się w nim szczegółowy opis wszystkich sygnałów przychodzących jak również wychodzących z silnika potrzebnych do jego prawidłowego sterowania.

Każdy sygnał pochodzący z silnika oraz do niego doprowadzany, ma przypisaną etykietę w postaci numeru, na przykład: PT 1012C. Na podstawie poniżej zamieszczonych tabel PT1012C jest identyfikowany jako sygnał mierzący wartość ciśnienia wody chłodzącej tłoki cylindrów 1–12 i przesyłający tą wartość jako sygnał kontrolny do układu zdalnego sterowania.

Kod ten jest następstwem przyjętego standardu, zatem pięć symboli jednoznacznie identyfikuje sygnał:¹⁰

¹⁰ Wärtsilä NSD Corporation, *DENIS-1 Specification for engines RTA52/62/72/84M/84C RTA52U/62U/72U84CU/RTA84*, 1997r.

- Pierwsze dwie litery służą do identyfikacji funkcji sygnału

PT 1012C

	Pierwsza litera	Druga litera		Pierwsza litera	Druga litera
A	Analysis		N		
B			O		
C	Control	Control	P	Pressure	
D			Q		
E		Element	R		
F	Flow		S	Speed	Swith
G	Gauging		T	Temperature	Transmitter
H	Hand		U		
I		Indication	V		
J	Power		W		
K			X	Unclassified	Unclassified
L	Level		Y	Vibrtion	Relay
M			Z	Position (Binary)	

Tab. 2.1 Identyfikacja funkcji sygnału

- Pierwsze dwie cyfry identyfikują grupę sygnału

PT 1012C

10...59 – sygnały z silnika

70...79 – sygnały do silnika

10	Cool. Water Piston	45	
11	Cool. Water Cylinder	46	
12	Cool. Water Turbocharger	47	
13	Cool. Water Charge Air	48	
14	Cool. Water Eff. Booster	49	
15		50	Misc. Sign. Main Eng., Bin. Signals

16		51	Misc. Sign. Main Eng., Anal./Frq.
17		52	Misc. Sign. Turbocharger
18		53	Misc. Sign. PTO, EFB, VIT+FQS
19		54	Misc. Sign. Balancer
20	Oil Multipurpose, Supply	55	
21	Oil Main & Thrust Bearing	56	
22	Oil Crank Bearing	57	
23	Oil Crosshead Bearing	58	
24	Oil Oilmist Concentration	59	
25	Oil Piston Cooling	60	
26	Oil Turbocharger	61	
27	Oil Balancer	62	
28	Oil Eff. Booster / PTO	63	
29		64	
30		65	
31	Oil Cyl. & Exh. Valve Lubr.	66	
32		67	
33		68	
34	Fuel	69	
35		70	All
36		71	All
37	Exhaust Gas	72	
38		73	
39		74	
40	Charge Air	75	
41		76	
42		77	
43	Ctr. Media: Startair, Airspring Air	78	
44	Ctr. Media: Control Air	79	

Tab. 2.2 Identyfikacja grupy sygnału

- Następne dwie cyfry identyfikacyjne

PT 1012C

Np.:

01...12 – pierwsza grupa sygnałów dla cylindrów 1-12.

21...32 – druga grupa sygnałów dla cylindrów 1-12.

- Przyrostek literowy identyfikuje zastosowanie

PT 1012C

A	Alarm System Ship	S	Safety System.
C	Controls of RCS	W	Wrong Way Alarm
L	Local	X	Spare
M	Means. Indication, Local Control Panel		

Tab. 2.3 Identyfikacja zastosowania sygnału

Ze względu na brak jednolitej dokumentacji, dotyczącej przepływu najważniejszych sygnałów, postanowiono wykonać zestawienie uwzględnionych sygnałów.¹¹ Korzystano z dokumentacji stoczniowej silnika głównego¹², interfejsu DENIS-1¹³ oraz dokumentacji AutoChief-4 dla silników Sulzer RTA¹⁴. Podstawowym źródłem informacji dotyczących sygnałów była dokumentacja DENIS-1. Z instrukcji tej pobrano nazewnictwo sygnałów, systematykę oznaczeń opisu sygnału oraz dobór nastaw. W formie tabeli postanowiono umieścić informacje dotyczące rodzaju sygnału (wejściowy/wyjściowy, analogowy/cyfrowy), jego symbole literowo – cyfrowe z opisem jego znaczenia (wg standardu DENIS-1) oraz jego opis słowny. Do ważnych informacji zaliczono również

¹¹ zob. załącznik F

¹² H. Cegielski – Poznań, *Dokumentacja stoczniowa dla silnika 7RTA62U / 8168*, Poznań 1997r.

¹³ Wärtsilä NSD Corporation, *DENIS-1 Specification for engines RTA52/62/72/84M/84C RTA52U/62U/72U84CU/RTA84*, 1997r.

¹⁴ Kongsberg NorControl Automation A/S, *AutoChief-4. Main Engine Remote Control System Installation Documentation For Sulzer RTA Engines Built According DENIS-1 Specification*, Norway 1999r.

opisanie oznaczeń listew zaciskowych silnika¹⁵ i AC4, do których ten sygnał jest doprowadzony. Dla ułatwienia odszukiwania sygnału wprowadzono również adres I/O sterownika SAIA. W kolumnie *UWAGI* umieszczono informacje dotyczące m.in. rodzaju toru pomiarowego, zakresu zmienności danego parametru, wartości opóźnień załączenia sygnalizacji alarmowej, Slow Down, Shut Down jak i wartości nastaw dla tych sygnałów.

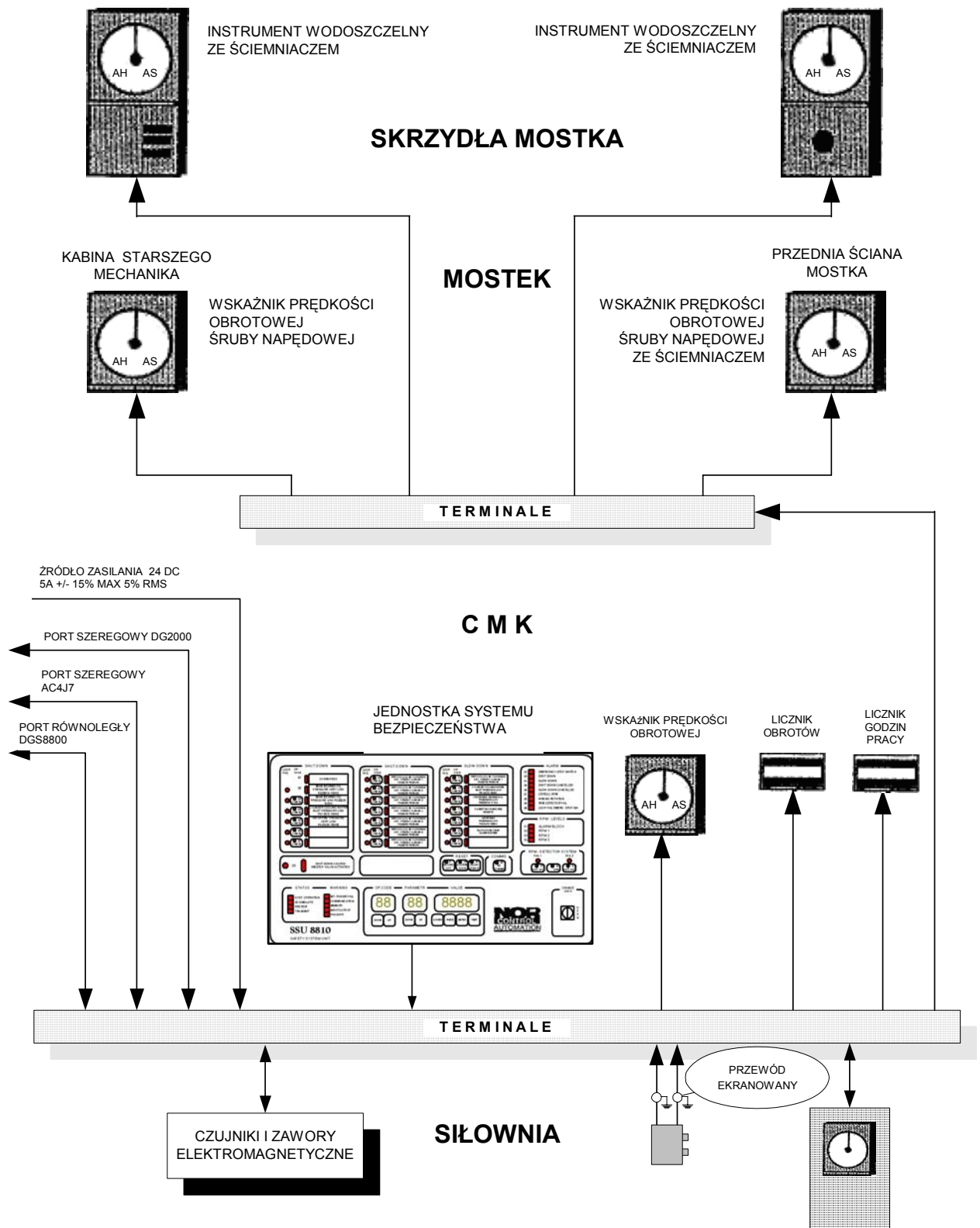
¹⁵ opis w rozdziale 4.5.3

2.3 System sterowania i kontroli silnika głównego AutoChief–4

System AutoChief–4 dostarczany przez norweską firmę KONGSBERG NORCONTROL jest autonomicznym układem, który może być elementem składowym ogólnostatkowego zintegrowanego układu automatyki. Pozwala na sterowanie pracą, zabezpieczenie silnika głównego i przekazywanie komend zgodnie z przepisami i wymaganiami towarzystw klasyfikacyjnych. System ten składa się z:

- systemu bezpieczeństwa SG¹⁶ (ang. *Safety System*), chroniącego silnik przed uszkodzeniem na zasadzie jego:
 - odciążenia (ang. *Slow Down*),
 - odstawienia, z zapewnieniem możliwości ingerencji załogi (ang. *Shut Down*).
- systemu zdalnego sterowania (ang. *Remote Control System*), który pozwala na:
 - sterowanie pracą SG zgodnie z przepisami i wymaganiami towarzystw klasyfikacyjnych,
 - automatyczny start, rewers, zatrzymanie, zadawanie prędkości,
 - ograniczenie krytycznych, maksymalnych i minimalnych obrotów, ograniczenie przyspieszeń, programowe zwiększanie i zmniejszanie obciążenia,
- systemu telegrafów (ang. *Engine Telegraph System*), który służy do:
 - przekazywania poleceń z dowolnego stanowiska sterowania.
- Dodatkowo system AC4 może być wyposażony w:
 - elektroniczny regulator prędkości obrotowej (ang. *Digital Governor System*),
 - drukarkę alarmów i rozkazów (ang. *Order Printer*).

¹⁶ szerzej opisany w następnym podrozdziale



Rys. 2.3 Przykładowa konfiguracja systemu AutoChief-4

2.3 Ogólna charakterystyka systemu bezpieczeństwa silnika głównego

System bezpieczeństwa (zabezpieczeń silnika) jest niezależnym układem zasilanym z baterii akumulatorów o napięciu 24V. Działanie układu bezpieczeństwa oraz jego rozwiązanie techniczne może być zróżnicowane. Zależy to od producenta układu bezpieczeństwa, układu zdalnego sterowania, życzeń armatora lub producenta silnika głównego. Niezależnie od typu układu do jego zadań należy kontrolowanie pracy silnika głównego, tzn.:

- automatyczne zatrzymanie przez odcięcie wtrysku paliwa w razie przekroczenia wybranych parametrów pracy,
- awaryjne zatrzymanie silnika po użyciu przycisku *EMERGENCY STOP*,
- automatyczną redukcję obciążenia przez zmniejszenie skoku śruby nastawnej bądź prędkości obrotowej w razie przekroczenia wybranych parametrów pracy,
- awaryjną pracę silnika po wciśniętym przycisku *EMERGENCY RUN*, np. w celu uniknięcia kolizji.

Do najczęściej nadzorowanych stanów silnika przez układ bezpieczeństwa należą:

- przekroczenie prędkości obrotowej,
- niskie ciśnienie oleju w łożysku głównym i oporowym,
- wysoka temperatura łożyska oporowego,
- niskie ciśnienie oleju wału rozrządu,
- wysoką temperaturę powietrza doładowania,
- wystąpienie mgły olejowej w przestrzeni podtłokowej,
- wysoka temperatura oleju¹⁷ (wody¹⁸) chłodzącego tłoki,
- niskie ciśnienie oleju (wody) chłodzącego tłoki,
- wysoka temperatura wody chłodzącej cylindry,
- niskie ciśnienie wody chłodzącej cylindry,
- mała różnica ciśnień pomiędzy wlotem, a wylotem wody chłodzącej cylindry,
- wysoka temperatura gazów wylotowych.

W skład układu zabezpieczeń wchodzi panele sygnalizacyjne w pulpitych na mostku i w CMK, przyciski oraz lampki stanu i uzbrajania (resetowania) układu, niezależne czujniki ciśnienia, temperatury, przepływu, prędkości obrotowej oraz różnicy ciśnień. W zależności od typu silnika i żądań armatora, ilość kontrolowanych parametrów może być różna.

¹⁷ w zależności od rozwiązania technicznego silnika głównego np. Sulzer RTA62U

Układ bezpieczeństwa posiada możliwość prowadzenia ciągłej samokontroli i pozwala w każdej chwili przeprowadzać kontrolę własnego działania (za wyjątkiem sytuacji, gdy występuje redukcja obciążenia, awaryjny ruch lub awaryjny stop). Kontrolę przeprowadza się najczęściej przez wciśnięcie odpowiedniego przycisku, np. *KONTROLA DZIAŁANIA* lub *TEST*. Załączenie kontroli powoduje rozłączenie obwodów wykonawczych i sprawdzenie układu detekcji i przetwarzania. Poza tym układ bezpieczeństwa może posiadać styki, które mogą być wykorzystane w innych układach współpracujących, jak np.:

- dla sterowania dmuchawą pomocniczą celem zatrzymania silnika,
- dla sterowania śrubą nastawną do:
 - zatrzymania silnika,
 - automatycznego ograniczenia obciążenia,
- dla rejestratora manewrów do rejestracji:
 - awaryjnego stopu,
 - awaryjnej pracy,
- dla systemu alarmowego do sygnalizacji:
 - uszkodzenia w układzie bezpieczeństwa,
 - przekroczenia prędkości obrotowej,
 - zatrzymania silnika,
 - przekroczenia temperatury łożyska oporowego.

¹⁸ w zależności od rozwiązania technicznego silnika głównego np. Sulzer RTA84

2.4 Układ bezpieczeństwa silnika głównego typu SSU8810

Układ SSU8810 jest przeznaczony do zabezpieczenia pracy silnika głównego. Może on pracować jako jednostka autonomiczna lub jako część większego systemu, np.: układu zdalnego sterowania AutoChief-4. Układ ten posiada siedem kanałów wywołujących zatrzymanie silnika (ang. *Shut Down*) oraz czternaście kanałów wywołujących redukcję obciążenia silnika (ang. *Slow Down*).¹⁹

Działanie wszystkich kanałów (z wyjątkiem pierwszych dwóch) może być ustawione jako usuwalne lub nie usuwalne (ang. *cancelable or none cancelable*).

W przypadku ustawienia działania jako przerywalne, procedura obsługi funkcji zabezpieczającej jest realizowana ze zwłoką czasową (ang. *prewarning time*) i może zostać wstrzymana po aktywacji przycisku *Cancel Slow Down* lub *Cancel Shut Down* z panelu na mostku lub w CMK, w zależności jaka funkcja została aktywowana.

Dla kanałów nieprzerywalnych realizacja funkcji zabezpieczającej następuje bez zwłoki czasowej i nie może zostać wstrzymana.

Połączenia zewnętrzne kanałów są kontrolowane na zwarcie (ang. *short-circuit*), przerwę (ang. *broken-wire*), doziemnie (ang. *non-isolated*) w obwodzie. Wystąpienie tych usterek jest sygnalizowane na panelu czołowym urządzenia. Układ ten posiada własny program testujący, uruchamiany przyciskiem TEST, który pozwala na wykonanie testu elektroniki urządzenia, np. mikroprocesora, pamięci itp. oraz indykatorów – diod i wyświetlaczy LED. Usterka jest sygnalizowana na panelu czołowym za pomocą wyświetlaczy i diod LED.

Aktywacja funkcji zabezpieczającej układu jest sygnalizowana na panelu czołowym urządzenia w CMK za pomocą diod LED. Dokładne wartości tych parametrów możemy odczytać na wyświetlaczach LED. Możliwa jest zmiana wszystkich parametrów układu bezpośrednio z panelu czołowego po odbezpieczeniu blokady.

Układ SSU²⁰ mierzy prędkość obrotową silnika i sprawdza stan:

- czujników funkcji zabezpieczającej „Zatrzymanie silnika” (ang. *Shut Down*),
- czujników funkcji zabezpieczającej „Redukcja obciążenia” (ang. *Slow Down*),
- pracy detektorów prędkości obrotowej silnika (ang. *pick-up*),
- przycisków „Awaryjny Stop”,
- zaworu elektromagnetycznego „Awaryjny Stop” (ang. *Emergency valve*).

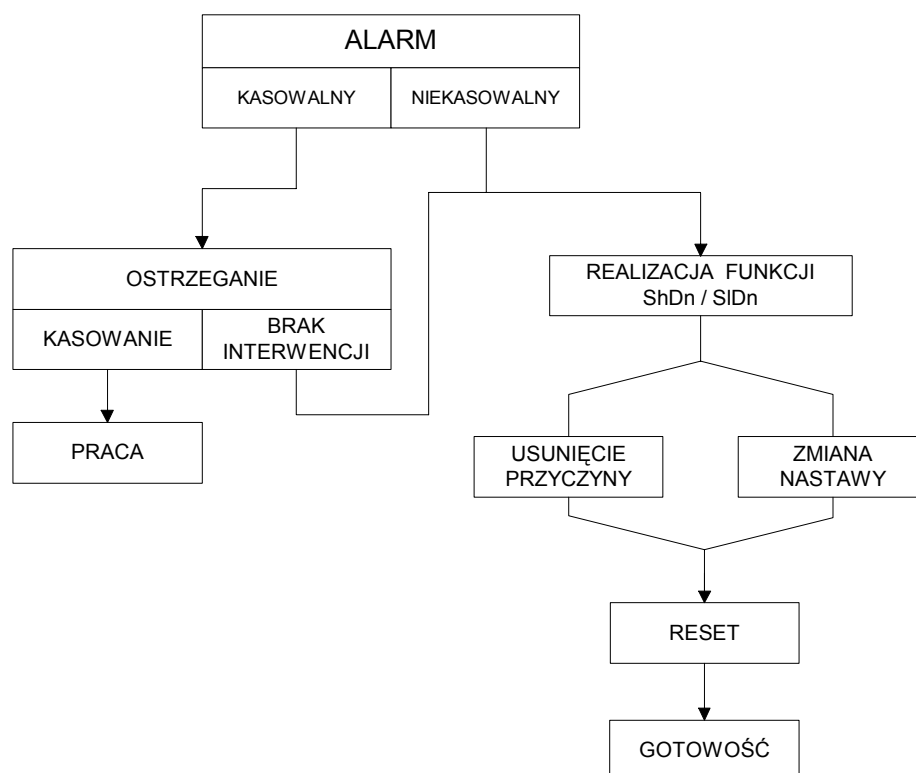
¹⁹ zob. rys. 2.6

²⁰ pod pojęciem SSU należy rozumieć jednostkę SSU8810

Układ na podstawie wyników pomiarów stwierdza zaistnienie awarii, a następnie realizuje odpowiednią do sytuacji funkcję:

- awaryjny stop (ang. *Emergency Stop*),
- zatrzymanie silnika (ang. *Shut Down*),
- redukcja obciążenia silnika (ang. *Slow Down*).

Układ ten został wprowadzony do eksploatacji na statkach w latach dziewięćdziesiątych. Na poniższym diagramie przedstawiono uogólnioną zasadę działania układu.



Rys. 2.4 Uogólniona zasada działania układu SSU po wykryciu awarii

2.4.1 Główne funkcje

SSU (Urządzenie Systemu Bezpieczeństwa) jest zaprojektowane do monitorowania i kontroli funkcji bezpieczeństwa. Krótki opis głównych właściwości operacyjnych monitorowania silnika głównego statku i kontrolowania jego funkcji bezpieczeństwa przez SSU przedstawiony jest poniższych rozdziałach. Każdy silnik główny musi być nadzorowany przez własną jednostkę systemu bezpieczeństwa.

2.4.1.1 Funkcje SHUT DOWN (odstawienie silnika)

Zatrzymanie pracy silnika przez układ bezpieczeństwa może nastąpić w sytuacjach wystąpienia:

- a) Przekroczenia prędkości obrotowej (ang. *overspeed*) – zatrzymanie silnika następuje po przekroczeniu przez silnik prędkości obrotowej równej 110% obrotów nominalnych. W celu zapewnienia niezawodnej pracy układu zastosowano dwa niezależne kanały pomiaru prędkości obrotowej. W skład kanału pomiarowego wchodzi najczęściej czujniki indukcyjne (ang. *pick-up*) oraz przełącznik progowy z ustawionym progiem 110% prędkości nominalnej. Zatrzymanie następuje przez odcięcie paliwa. Zadziałanie układu przekroczenia prędkości obrotowej jest sygnalizowane odpowiednimi lampkami sygnalizacyjnymi w pulpitych. Zatrzymanie silnika spowodowane przekroczeniem prędkości obrotowej nie może być odblokowane nawet przyciskiem *AWARYJNA PRACA* (ang. *Emergency Run*), który znajduje się w nadrzędnym układzie zdalnego sterowania.
- b) Niskiego ciśnienia wody chłodzącej cylindry. W przypadku spadku ciśnienia poniżej 0,25MPa następuje realizacja funkcji *Slow Down*, a następnie po upływie czasu 60s – *Shut Down*. Istnieje możliwość zatrzymania tych funkcji przez operatora.
- c) Bardzo niskiego ciśnienia sprężyny powietrznej. Podobnie jak w punkcie b realizowana jest funkcja *Slow Down* (0,6MPa), a następnie *Shut Down* (0,45MPa). Istnieje możliwość zatrzymania tych funkcji przez operatora.
- d) Niskiego ciśnienia oleju łożysk głównych i łożyska oporowego a także po przekroczeniu wysokiej temperatury łożyska oporowego, niskiego ciśnienia oleju wału rozrządu i innych zalecanych przez producenta silnika bądź armatora parametrów. Przykładowo, jeżeli ciśnienie oleju smarnego spadnie poniżej progowej wartości (0,26 MPa), a kanał w którym sygnalizowana jest awaria nie został ustawiony z prewarningiem²¹, to nastąpi zatrzymanie silnika ze zwłoką czasową (dla układu SSU8810 jest to nastawiany parametr „d”) i zapalą się lampki sygnalizacyjne. W przeciwnym wypadku w kanale, który został ustawiony z prewarningiem przez określony czas (parametr „d“), można dokonać blokady funkcji zabezpieczającej za pomocą przynależnego do tego kanału przycisku *CANCEL*. Zwolnienie blokady następuje dopiero po ponownym przyciśnięciu tego samego przycisku i gdy przyczyna alarmu nie została uprzednio usunięta, w przeciwnym wypadku następuje realizacja funkcji zatrzymania silnika.

²¹ Zwłoka ostrzegawcza (ang. *prewarning*), ze względu na angielską nomenklaturę w dalszej części pracy będzie używany ten termin.

W przypadku wystąpienia konieczności skasowania sygnału zatrzymania silnika (bez pre-warningu) generowanego przez układ bezpieczeństwa, można tego dokonać jedynie przyciskiem *AWARYJNA PRACA*, który znajduje się w nadrzędnym układzie zdalnego sterowania.

2.4.1.2 Funkcje SLOW DOWN (redukcja obrotów)

W układach ze śrubą stałą ograniczenie obciążenia realizowane jest przez redukcję prędkości obrotowej silnika, a w układach ze śrubą nastawną poprzez zmianę skoku śruby napędowej. Redukcja obciążenia następuje po wykryciu:

- niskiego ciśnienia oleju łożysk głównych i łożyska oporowego,
- wysokiej temperatury łożyska oporowego,
- wysokiej temperatury powietrza doładowania,
- mgły olejowej w przestrzeni podtłokowej,
- wysokiej temperatury oleju²² (wody²³) chłodzącego tłoki,
- niskiego ciśnienia oleju (wody) chłodzącego tłoki,
- baraku przepływu oleju (wody) chłodzącego tłoki,
- wysokiej temperatury wody chłodzącej cylindry,
- niskiego ciśnienia wody chłodzącej cylindry,
- wysokiej temperatury gazów wydechowych,
- przekroczenia innych parametrów, których nadzór zalecany jest przez producenta silnika lub armatora.

Układ bezpieczeństwa reaguje na w/w stany w następujący sposób: gdy nastąpi przekroczenie dopuszczalnego zakresu zmienności parametru, np. wystąpi niskie ciśnienie oleju, to zadziała presostat. Jeżeli przed upływem określonego czasu (np. 30s) parametr wróci do normy, to wówczas nie nastąpi automatyczne ograniczenie obciążenia, w przeciwnym razie nastąpi redukcja obciążenia i sygnalizowane jest to zapaleniem się lampki informującej o redukcji przez układ bezpieczeństwa.

Gdy układ zdalnego sterowania nie jest rozbudowany o elementy automatycznie redukujące obciążenie, wówczas na pulpitych pojawi się sygnalizacja nakazująca redukcję obciążenia przez zmniejszenie prędkości obrotowej lub skoku śruby (opcja SLOW DOWN). Jeśli stan niskiego ciśnienia trwa jeszcze dłużej (np. kolejną minutę), to blok bezpieczeństwa może zatrzymać silnik (opcja SHUT DOWN).

²² w zależności od rozwiązania technicznego silnika głównego np. Sulzer RTA62U

²³ w zależności od rozwiązania technicznego silnika głównego np. Sulzer RTA84

Zresetowanie uaktywnionego stanu układu bezpieczeństwa po automatycznym ograniczeniu obciążenia jest możliwe dopiero wówczas, gdy wszystkie parametry wrócą do normy.

Funkcje SLOW DOWN są używane do zmniejszania prędkości obrotowej silnika głównego statku. Sposób w jaki będzie to dokonane zależy od tego z którego stanowiska sterujemy silnikiem, np.:

Silnik główny sterowany z:	
MOSTKA (przez system kontroli mostka)	Obciążenie silnika jest automatycznie redukowane do zadanego poziomu jeśli któryś z czujników funkcji SLOW DOWN zostanie uaktywniony.
CMK	W przypadku sterowania z CMK system zredukuje obciążenie silnika przez: ➤ system zdalnego sterowania, ➤ użycie systemu regulatora cyfrowego (jeśli jest zainstalowany), ➤ użycie zaworu elektromagnetycznego zainstalowanego w tym celu ręcznie.
STANOWISKA AWARYJNEGO (w siłowni)	Obroty silnika głównego zostaną zredukowane ręcznie.

Tab. 2.4 Stanowiska sterowania SG

Uwaga: System regulatora cyfrowego może być użyty do redukcji obrotów.

Są dwa rodzaje odstawienia, REDUKCJI obrotów:

Niekasowalna REDUKCJA. Non-cancelable SLOW DOWN.	Natychmiastowe zmniejszenie prędkości obrotowej silnika. Przy niekasowalnej REDUKCJI OBROTÓW <u>nie ma czasu zwłoki ani opóźnienia.</u>
Kasowalna REDUKCJA. Cancelable SLOW DOWN.	Zmniejszenie prędkości obrotowej silnika po określonym czasie zwłoki lub opóźnienia.

Tab. 2.5 Rodzaje redukcji obrotów

2.4.1.3 Tryb wzburzonego morza

Tryb wzburzonego morza (ang. *Rough Sea*) jest zaprojektowany do unikania odstawiania się silnika w przypadku nadmiernej prędkości obrotowej, nadobrotów narzuconych przez SSU, kiedy statek znajduje się w warunkach wzburzonego morza. SSU unieruchamia zawór autostop, w przypadku gdy obroty silnika osiągną charakterystyczną wartość, która wynosi około 50% wartości maksymalnej prędkości obrotowej ciągłej.

W systemie zdalnego sterowania AutoChief-4, gdzie SSU jest zawarty jako podzespół, obciążenie silnika może być zredukowane przez system kontroli z mostka, kiedy silnik główny jest w trybie kontroli z mostka i jest wybrany tryb wzburzonego morza.

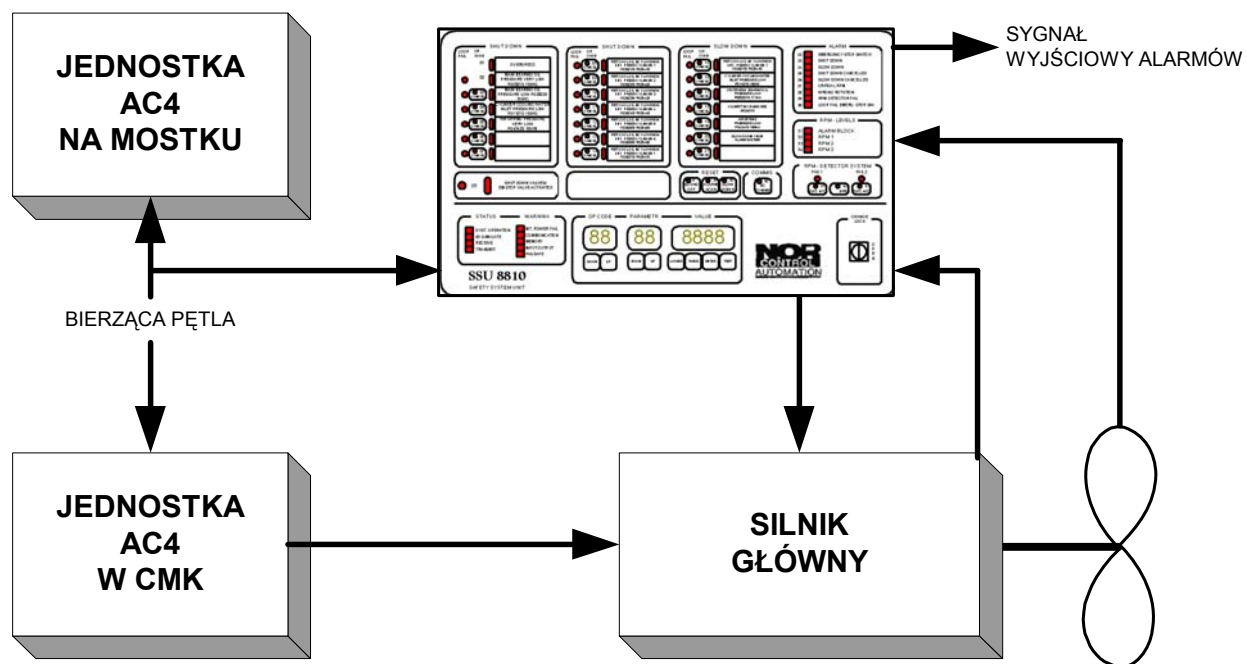
2.4.1.4 Monitorowanie i kontrola SSU ze stanowiska zdalnego

Pewne funkcje SSU mogą być kontrolowane i monitorowane ze stanowiska zdalnego, gdy jest wykorzystywany jako podzespół większego systemu, np.: system zdalnego sterowania AutoChief-4. Funkcje, które mogą być kontrolowane, opisane są w odpowiednich dokumentacjach systemu.

2.4.2 Podstawowa budowa i działanie

SSU8810 monitoruje pracę i obroty silnika głównego oraz kontroluje jego funkcje bezpieczeństwa poprzez przesyłanie za pomocą 112 sygnałów kontrolno—monitorujących pomiędzy SG a SSU przez porty równoległe. Układ ten zawiera mikroprocesor, który przetwarza sygnały. Jest to też obrazowane na panelu kontrolno—wyświetlającym. Panel kontrolno—wyświetlający pozwala jednostce systemu bezpieczeństwa pełnić osobne, samodzielne funkcje alarmowe i monitorujące, jest to również wykorzystywane podczas zlecania funkcji przez system.

SYSTEM ZDALNEGO STEROWANIA



Rys. 2.5 SSU jako część systemu zdalnego sterowania

2.4.3 Sygnały wejścia i wyjścia oraz komunikacja

Typy sygnałów osobnych procesów które system bezpieczeństwa może przetworzyć to:

- cyfrowe wejścia/wyjścia (ON/OFF),
- analogowe wejścia/wyjścia,
- sygnały częstotliwościowe pochodzące od procesu (np. częstotliwość pulsów z czujnika prędkości obrotowej).

Omawiana jednostka ma w sumie 112 kanałów we/wy. Są one podzielone na:

- podstawowe kanały we/wy (analogowe i cyfrowe),
- cyfrowe kanały wyjściowe (wyjścia przekaźnikowe),
- cyfrowe kanały wejściowe.

Każdy sygnał pochodzący od procesu ma przyporządkowany numer kanału (od 1 do 112) w SSU. Operator używający Panelu SSU może przy pomocy adresu (numeru) danego kanału wyświetlić informacje dotyczące procesu związanego z tym kanałem.

Kanały 2-21 mogą być określone przez klienta jako kanały przyporządkowane funkcjom SHUT DOWN i SLOW DOWN. Kanały 22-112 są konfigurowane przy instalacji przez NorControl Automation.

2.4.4 Dostosowywanie sygnałów

Kanały 1-32 mogą być wyposażone w małosygnałowe karty interfejsowe (np. karta przekształcająca), w celu dopasowania Systemu Bezpieczeństwa do każdego standardowego typu czujnika przetwornikowego. Kanały 33–64 są to cyfrowe kanały wejściowe, a kanały 65–112 to cyfrowe kanały wyjściowe.²⁴

2.4.5 Przetwarzanie danych pochodzących z sygnału

SSU wykonuje obróbkę i przetwarzanie sygnału pochodzącego z procesu. Każdy system bezpieczeństwa jest zaprogramowany do przetwarzania sygnałów w następujący sposób:

- Wszystkie sygnały wejściowe pochodzące z procesu są przekształcane w sygnały o pożądanych jednostkach i skali lub procent pełnej skali do wyświetlenia na wyświetlaczu panelu SSU.
- Wszystkie sygnały **pochodzące z procesu** mogą być porównane z zadanymi nastawami alarmowymi. Układ zapewnia następujące wskazania alarmowe:
 - Wskazanie **alarmu indywidualnego** dla każdego wejścia kanału od procesu: Każde wskazanie może być transmitowane do nadrzędnego komputera i równocześnie odpowiednia lampka awaryjna zapali się migającym światłem na panelu SSU.
 - Wskazanie **alarmu ogólnego**. To wyjście przekaźnikowe jest aktywowane kiedy którykolwiek z alarmów jest wykryty. Np., wyjście to może być użyte do wysteroowania wskaźnika akustycznego, np.: bucza lub klaksonu.
 - Wskazanie wybranej **grupy alarmów**. Są zrealizowane jako wyjścia przekaźnikowe, mogą być transmitowane do nadrzędnego komputera. Na stanowisku zdalnym alarmy grupowe są użyte do wskazania, z której funkcjonalnie powiązanych grup sygnałów należy alarm.
- Wskazania alarmów mogą być zablokowane przez pojawienie się wcześniej określonych warunków na którymkolwiek z wejść cyfrowych systemu bezpieczeństwa.

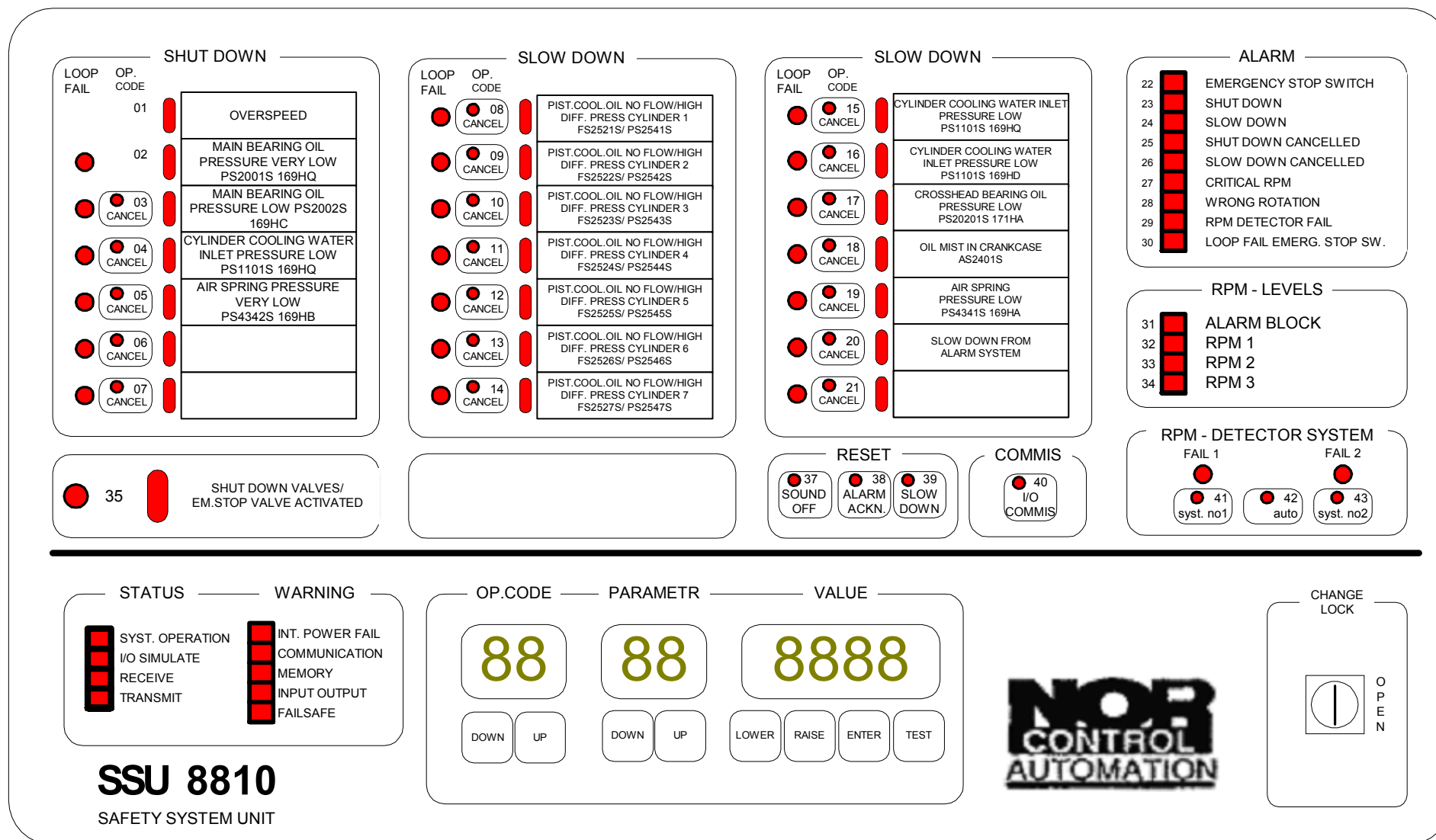
- Alarmy włącz/wyłącz mogą być opóźnione o wcześniej ustalony czas od 0 do 60s.
- Sygnały poziomów są filtrowane przez regulowany współczynnik filtrowania i jego wartość jest opóźniona o nastawiony czas.

2.4.6 Funkcje panelu SSU8810

Funkcje SSU są wyświetlane na przedzie panelu jednostki przez kontrolki operacyjne zrealizowane jako elektromechaniczne przyciski zaznaczone na panelu i wskaźniki diodowe LED. Każdy kod operacyjny (OP.CODE) ma przypisany indywidualny numer oraz funkcje *Shut Down* i *Slow Down*. Są one opisane w określonym miejscu i zdefiniowane jako kasowalne i niekasowalne. Przyciski OP.CODE pozwalają na bezpośrednią interakcję pomiędzy operatorem a SSU. Są one wykonane jako przyciski ze wskaźnikiem diodowym LED.

Wyświetlacze OP.CODE / PARAMETER / VALUE są na panelu SSU, służą do wyświetlania kodu operacji, numeru kanału we/wy a także jego parametrów i wartości.

²⁴ szerzej na temat kart w rozdziale 4.3.1



Rys. 2.6 Panel SSU8810

3 Oprogramowanie wykorzystane do realizacji projektu

3.1 Opis pakietu oprogramowania narzędziowego PG4²⁵

PG4 jest pakietem do programowania w systemach WINDOWS 3.1 / 95/ 98 / ME oraz WINDOWS NT / 2000. Umożliwia skonfigurowanie i zaprogramowanie każdego sterownika z rodziny PCD przy pomocy:

- metody tekstowej – listy instrukcji IL (ang. *Instruction List*),
- metody programowania graficznego, takich jak: schematy drabinkowe (SAIA KOPLA), schematy z użyciem bloków funkcyjnych (SAIA FUPLA) oraz proponuje graficzne przedstawienie struktur programu „programowanie strukturalne” przy pomocy następujących technik:
 - struktury SAIA BLOC TEC znajdujące zastosowanie przy tworzeniu programów dla procesów ciągłych, jak np. w przemyśle chemicznym i spożywczym,
 - struktury SAIA GRAF TEC wykorzystywanej do tworzenia programów sterowania sekwencyjnego, jak np. w przemyśle maszynowym.

W programowaniu strukturalnym istotne znaczenie ma skrócenie czasu wykonywania cyklu programu osiągane dzięki temu, że wykonywane są tylko te sterowania, które spełniają określone warunki. Połączenie obu tych technik programowania, pozwala dodatkowo zwiększyć efektywność projektowania, umożliwiając jednocześnie wykonywanie cyklicznych zadań monitorowania i sterowania sekwencyjnego.

Graficzny edytor schematów funkcyjnych zawiera szereg funkcji działających w trybie on-line, upraszczających proces instalacji i wykrywanie błędów działania. Narzędzie o nazwie *Make* umożliwia automatyczne wykonywanie w tle takich operacji, jak kompilowanie, przekształcanie na kod źródłowy, przesyłanie programu i przełączanie w tryb pracy.

Zarządzanie zasobami (tworzenie list użytych elementów, takich jak: wejścia, pamięci wewnętrzne czyli flagi, itp.) jest również w znacznym stopniu zautomatyzowane. Duża wygoda programowania powoduje jednak, że kod programu staje się obszerniejszy niż w przypadku użycia listy instrukcji.

²⁵ SAIA-Burgess Electronics, *Sterowniki serii PCD1 i PCD2. Podręcznik sprzętowy*, SAIA-Burgess Electronics 1998r.

Biblioteka projektów:

Największą jednostką strukturalną pakietu PG4 jest projekt. Administrowanie różnymi projektami należy do zadań biblioteki projektów.

Menadżer projektów:

Menadżer projektów jest głównym narzędziem pakietu PG4 administrującym plikami wchodzącymi w skład poszczególnych projektów.

Edytor FUPLA:

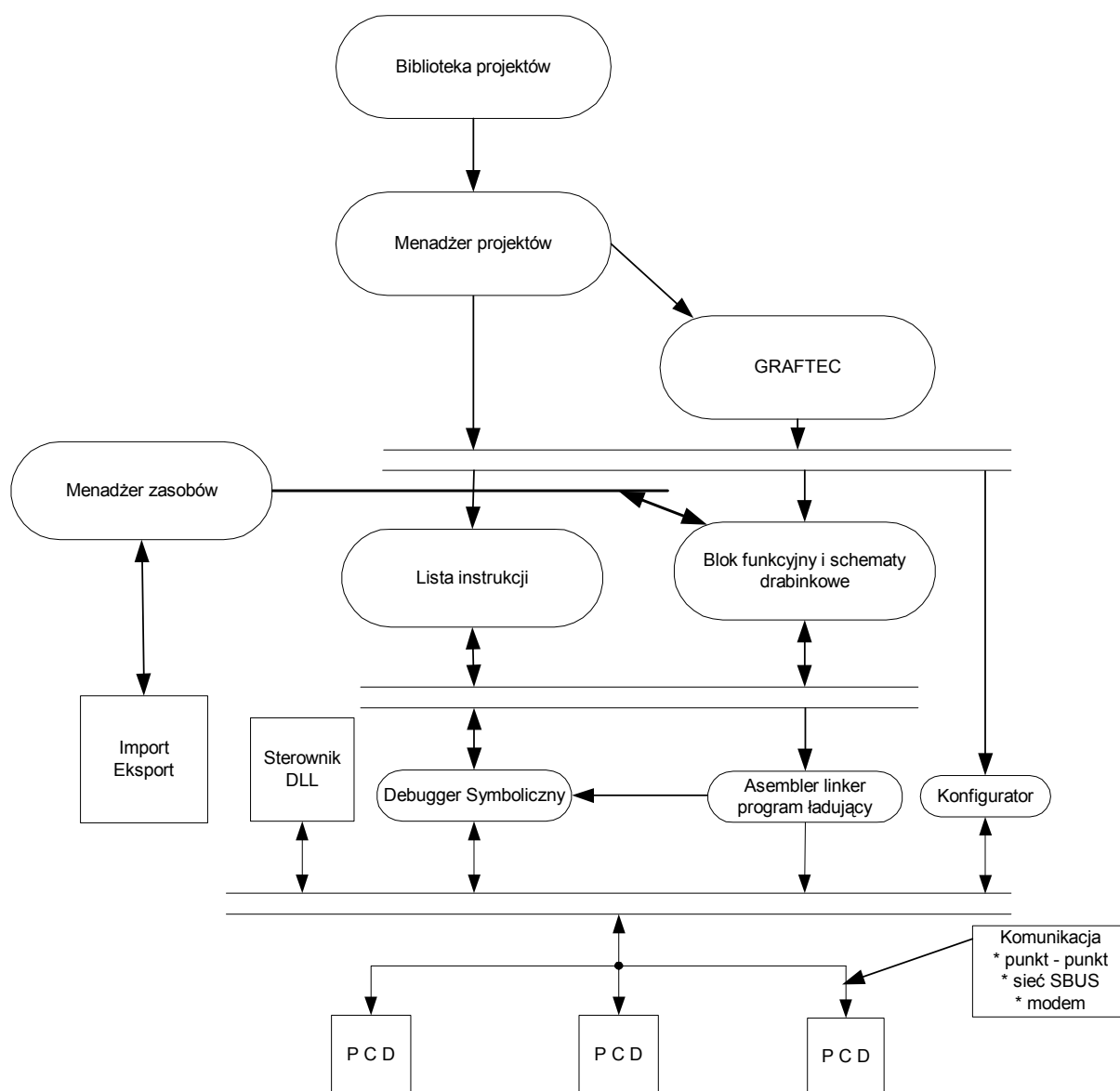
Edytor ten jest przeznaczony do graficznego programowania przy użyciu symboli planu funkcji, takich jak bramki OR/NOT, przerzutniki, liczniki itp.

GRAFTEC:

GRAFTEC jest narzędziem strukturalnym przeznaczonym do procesów przebiegających w sposób sekwencyjny.

Edytor listy instrukcji

Przy pomocy edytora listy instrukcji możliwe jest pisanie programów w postaci listy instrukcji, bez konieczności opuszczania pakietu PG4.

Rys. 3.1 Skład pakietu PG4²⁶

3.1.1 Zasady edycji w języku programowania PG4

Poniżej paska menu znajduje się właściwe okno modułu FUPLA. Okno zawiera siatkę o rozmiarach 55x55. Z lewej strony znajduje się 27 pól symbolizujących wejścia, i 27 pól z prawej strony okna przedstawiających wyjścia. Pola te nazywamy polami adresowymi²⁷. Wejściowe pola adresowe mogą być użyte jako wejścia sterownika PCD lub jako zmienne wewnętrzne: flagi, rejestry, wyjścia, liczniki, czasomierze oraz stałe w formie liczb całkowitych lub zmiennoprzecinko-

²⁶ na podstawie SAIA-Burgess Electronics, *Sterowniki serii PCD1 i PCD2. Podręcznik sprzętowy*, SAIA-Burgess Electronics 1998r.

²⁷ zob. rys. 4.35

wych. Wyjściowe pola adresowe podobnie mogą być wyjściami sterownika PCD zmiennymi wewnętrznymi - flagi, rejestry.

Adresowanie: klikając na pole adresowe przywołujemy edycję zasobów gdzie określamy rodzaj zmiennej i jej adres, nazwę symboliczną a także zakres dostępu:

- *Lokal* – zmienna wykorzystywana w pojedynczym pliku.
- *Public* – zmienna dodatkowo udostępniana „na zewnątrz” dla innych plików.
- *Exsternal* – zmienna pobierana „z zewnątrz” z innego pliku.

Wyboru funkcji dokonujemy klikając na ikonę  lub uaktywniając komendę **Add Fbox** z menu **Mode**, wybrany blok funkcyjny umieszczamy na siatce edytora.

Wejścia lub wyjścia bloków funkcyjnych, które nie są połączone z wejściami lub wyjściami innych bloków funkcyjnych, lub też z elementami edytora KOPLA, dołączamy do pól adresowych i tam je definiujemy

Bloki funkcyjne łączymy między sobą i polami adresowymi używając linii łączących uaktywniając edycję linii przy pomocy komendy **Lines** z menu **Mode** lub też przez kliknięcie na ikonę



Kolory linii zależą od typu przesyłanych danych:

- **Czerwony** połączenia 1-bitowe
- **Niebieski** wartości całkowite
- **Żółty** wartości zmiennoprzecinkowe

W trybie on-line bezpośrednio jest wyświetlany status wszystkich linii połączeń binarnych:

- Linia cienka: stan niski (L)
- Linia gruba: stan wysoki(H)

Istnieje możliwość wstawienia „sondy” – wskaźnika aktualnej wartości na wejściu lub wyjściu elementu lub bloku funkcyjnego w dowolnym miejscu projektu. Sondy wyświetlają wartość w formacie liczby całkowitej, zmiennoprzecinkowej lub w postaci jedynek i zer dla stanów binarnych.

Jeśli projekt nie mieści się w oknie możemy dodać kolejną stronę używając komendy **insert after** z menu **Page**

Edytor KOPLA (COn tact PLa n – schemat drabinkowy)

Edytor KOPLA jest częścią edytora FUPLA i jest z niego wywoływany. Używany jest głównie do pisania prostych programów obsługujących funkcje wejścia, wyjścia, zliczania oraz funkcji czasowych. Poszczególne funkcje edytora KOPLA są zgodne ze standardem światowym. Aby dokonać wyboru edytora menu wybrać komendę **add Lader Diagram** w pliku **Mode**. Wybranie tego polecenia spowoduje wyświetlenie elementów edytora KOPLA.

3.2 Cechy sterowników SAIA® PCD

Wszystkie sterowniki PCD wyróżniają się między innymi modułową budową, szerokimi możliwościami komunikacyjnymi, dużymi zasobami pamięci, posiadają również 32 bitowe mikroprocesory, w pełni zgodne programowo, co umożliwia swobodne przenoszenie programu pomiędzy sterownikami PCD różnego typu. Różnią się jedynie rozmiarem pamięci użytkownika oraz ilością wejść/wyjść.

3.2.1 Modułowość budowy

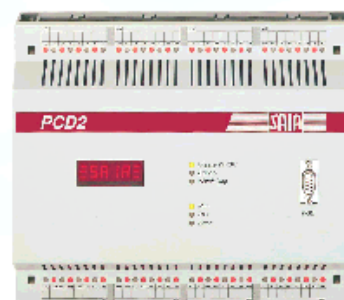
Modułowa struktura pozwala na optymalną konfigurację sterownika do założonych zadań sterowania obiektami automatyzacji. Wszystkie moduły cyfrowych i analogowych we/wy, razem z modułami specjalizowanymi takimi jak: moduły szybkich liczników, moduły pomiarowe, moduły sterowania z regulacją PID, moduły sterowania silnikami krokowymi, moduły sterujące ruchem serwonapędów, wpinane są na wspólną szynę nośną do magistrali komunikacyjnej sterownika.

3.2.2 Podstawowe dane techniczne sterownika SAIA PCD2

Podstawowe dane techniczne

Obudowa	PŁASKA
Zasilanie	24VDC
Modułowość we/wy	Tak
Ilość we/wy (cyfrowych i/lub analog.)	Maksymalnie 64/96/128/256
Ilość CPU	1
Czas przetwarzania instrukcji logicznej	3,6 μ s
Porty komunikacyjne (szeregowe)	1 do 4
Sieci	SAIA S-Bus, PROFIBUS, MODBUS
Pamięć użytkownika (program /tekst /dane)	32–536 KB
Pamięć wewnętrzna - flagi	8192 x 1 bit
Czasomierze i liczniki	1600 x 31 bitów
Rejestry	4096 x 32 bitów
Zestaw instrukcji	ponad 120 instrukcji

Rys. 3.2 Widok sterownika



3.3 Opis aplikacji InTouch²⁸

Do wizualizacji wykorzystano program InTouch firmy Wonderware²⁹. Jest najszybszym i najłatwiejszym systemem tworzenia aplikacji HMI (ang. *HMI-Human Machine Interface*) w środowisku systemów Microsoft Windows oraz WindowsNT, pośredniczących pomiędzy człowiekiem a urządzeniem. InTouch wchodzi w skład zestawu oprogramowania dla przemysłu Wonderware FactorySuite™. Aplikacje InTouch wykorzystywane są na całym świecie do różnych zadań.

Korzystanie z programu InTouch daje możliwość tworzenia bardzo efektywnych, problemowo zorientowanych aplikacji, wykorzystujących w pełni kluczowe zalety środowiska Microsoft Windows, włączając w to obiekty ActiveX, OLE, grafikę, pracę w sieci oraz szereg innych. Można również zwiększyć funkcjonalność aplikacji InTouch poprzez dodawanie własnych obiektów ActiveX, wizerów oraz tworzenie skryptów InTouch QuickScript.

Skład programu **InTouch**:

- menedżera aplikacji,
- program WindowMaker,
- WindowViewer,
- Wonderware Logger (program diagnostyczny, który zawiera InTouch).

Menedżer aplikacji InTouch

Służy do zarządzania utworzonymi aplikacjami. Jest on również wykorzystywany do konfigurowania programu WindowViewer jako usługi NT, konfigurowania, tworzenia aplikacji sieciowych NAD zarówno architektur klienta jak i serwera, konfigurowania dynamicznej konwersji rozdzielczości (DRC) i rozproszonego alarmowania. Z poziomu menedżera aplikacji uruchamiane są również narzędzia bazy danych DBDump oraz DBLoad.

WindowMaker

Jest środowiskiem edycyjnym, w którym obiektowo zorientowana grafika wykorzystana jest do tworzenia animowanych okien z przyciskami. Okna te być mogą połączone z przemysłowymi systemami wejścia / wyjścia lub z innymi aplikacjami Microsoft Windows.

²⁸ na podstawie: Astor, *Wonderware InTouch, Podręcznik użytkownika*, Kraków 1997r.

²⁹ oficjalna witryna producenta <http://www.wonderware.com>

WindowViewer

Jest środowiskiem edycyjnym, w którym wyświetlane są okna, stworzone wcześniej za pomocą programu WindowMaker. WindowViewer wykonuje skrypty InTouch QuickScript, gromadzi dane archiwalne, przetwarza sygnały alarmowe, tworzy sprawozdania, może pracować jako klient lub serwer, zarówno dla protokołu komunikacyjnego DDE, jak i dla protokołu SuitelLink.

3.4 Cechy charakterystyczne programu InTouch

Eksplorator aplikacji

Hierarchiczne zorganizowanie eksploratora aplikacji zapewnia większe możliwości nawigowania. Przykładowo wyświetla on nazwy wszystkich utworzonych okien, a po kliknięciu na nazwę okna, zostaje otwarte. Kliknięciu prawym przyciskiem myszy na nazwę okna, powoduje wyświetlenie menu z poleceniami do otwarcia tego okna, zapisania okna, wykonania skryptu QuickScript związanego z oknem, wyświetlania jego okna dialogowego właściwości, itp. Eksplorator aplikacji zapewnia również dostęp do listy zmiennych, narzędzia odnośniki do zmiennych oraz szablonów SuperTag TemplateMaker. Eksplorator aplikacji pozwala również na zdefiniowanie skrótów do uruchamiania dowolnego programu FactorySuite czy też aplikacji innych producentów.

Praca aplikacji w środowisku WindowsNT jak i w Windows95.

Aplikacje stworzone pod systemem operacyjnym Windows95 lub WindowsNT, pracują w obydwu tych środowiskach. Przy przechodzeniu pomiędzy tymi systemami operacyjnymi nie jest wymagana żadna konwersja.

Liczba obsługiwanie zmiennych

Lista zmiennych może zawierać do 61405. Lista użytych zmiennych wykorzystana do wizualizacji systemu jest zawarta w załączniku E.

Przeglądarka zmiennych

Przeglądarka zmiennych pozwala na wybranie zmiennych oraz pól zmiennych z dowolnej aplikacji FactorySuite lub też innych źródeł danych, obsługujących interfejs listy zmiennych InTouch. Jest to główne narzędzie do edycji listy zmiennych.

Monitorowanie awarii urządzenia pomiarowego

Począwszy od wersji 7.0 InTouch obsługuje trzy pola zmiennych (RawValue, Min RawValue, Max RawValue), które mogą być wykorzystane do monitorowania urządzenia w celu wykrycia wyjścia poza zakres dopuszczalnych wartości, rozkalibrowania lub uszkodzenia.

Korzystanie ze zmiennych zdalnych

Zmienne zdalne pozwalają na korzystanie z oddalonych źródeł danych, bez konieczności tworzenia zmiennej na lokalnej liście zmiennych. Zmienne zdalne mogą być powiązane z większością źródeł wejścia / wyjścia, zarówno za pomocą protokołu DDE Microsoft jak i za pomocą protokołu Wonderware SuiteLink. Przykładowym źródłem danych wejścia / wyjścia może być Microsoft Excel lub oddalone stanowisko na którym uruchomiony jest program WindowViewer. Można importować okna graficzne z jakiegokolwiek aplikacji InTouch, a następnie przekształcić wyrażenia typu „placeholder” na odwołania do zmiennych zdalnych, w celu utworzenia aplikacji klienta, nie posiadającej lokalnej listy zmiennych.

Kreator szablonów SuperTags TemplateMaker

SuperTags TemplateMaker pozwala na tworzenie, modyfikowanie oraz usuwanie szablonów SuperTag użytkownika. Szablony SuperTag mogą zawierać do 64 elementów. Element szablonu SuperTag może należeć do innego szablonu SuperTag, dopuszczalne są maksymalnie dwa poziomy zagnieżdżenia. Elementy zachowują się dokładnie tak samo jak standardowe zmienne, można je wykorzystać w skryptach QuickScript oraz w połączeniach animacyjnych. Elementy te umożliwiają także obsługę trendów i alarmów jak również posiadają wszystkie pola zmiennych.

Funkcje QuickFunctions

Funkcje QuickFunction są skryptami InTouch QuickScript, z możliwością wywołania z innych skryptów QuickScript lub wyrażeń z połączeniami animacyjnymi. Wywołanie funkcji QuickScript z innych skryptów lub wyrażeń, pozwala na wielokrotne wykorzystanie raz zdefiniowanej funkcji QuickFunction. Korzystanie z funkcji QuickFunction zmniejsza pracochłonność tworzenia aplikacji, ponieważ bez względu na liczbę skryptów i połączeń animacyjnych z których wywołana

jest ta funkcja, tworzona jest wyłącznie raz. Modyfikując jedną funkcję QuickFunction można automatycznie wprowadzić zmiany w szeregu innych skryptów lub wyrażeń.

Asynchroniczne funkcje QuickFunctions

Funkcje QuickFunction można skonfigurować jako asynchroniczne. Określa się je w środowisku edycji aplikacji WindowMaker, a wykorzystuje w środowisku pracy WindowViewer. Funkcje te działają w tle, w czasie trwania procesu WindowViewer czasochłonnych operacji takich, jak odwołanie w języku SQL do bazy czy pętla FOR NEXT od działania programu głównego. Jeżeli te czasochłonne czynności są realizowane za pomocą asynchronicznych funkcji QuickFunction, wszystkie połączenia animacyjne oraz inne funkcje InTouch pozostają w tym czasie aktywne.

Narzędzie odnośnik do zmiennych

Narzędzie odnośnik do zmiennych pozwala na śledzenie wykorzystania zarówno zmiennych standardowych jak i zmiennych SuperTag, z podaniem w którym oknie lub skrypcie QuickScript dana zmienna jest używana. W celu ułatwienia pracy, narzędzie do zmiennych może być otwarte w WindowViewer w czasie realizacji innych prac. Pozwala ono na wyświetlanie jakiegokolwiek skryptu QuickScript lub funkcji QuickFunction, w którym znaleziona została zmienna.

Zmienne lokalne³⁰

W programie InTouch, w skryptach QuickScript oraz funkcjach QuickFunction można do przechowywania wyników tymczasowych oraz w czasie prowadzenia skomplikowanych obliczeń z wynikami pośrednimi korzystać ze zmiennych lokalnych. Korzystanie ze zmiennych lokalnych w skryptach QuickScript oraz w funkcjach QuickFunction zmniejsza liczbę wykorzystanych zmiennych, ograniczonych przez posiadaną licencję.

³⁰ zob. załącznik E

Praca WindowViewer w charakterze usługi NT

Poczynając od InTouch wersja 7.0, WindowViewer może pracować jako usługa NT. Dzięki temu komponenty InTouch zyskują możliwość oferowania przez usługę NT takie jak zbieranie danych historycznych, rejestrowanie alarmów oraz obsługa zmiennych wejścia / wyjścia. Możliwości tej usługi pozwalają na nieprzerwaną pracę WindowViewer przy rejestracji do systemu operacyjnego, przy wychodzeniu z systemu operacyjnego. Na przykład automatyczne uruchamianie WindowViewer po usunięciu awarii zasilania lub po wyłączeniu WindowViewer, bez naruszania bezpieczeństwa systemu operacyjnego NT.

Rozproszony system alarmowy

Nowy, rozproszony system pozwala na jednoczesną obsługę wielu serwerów alarmowych lub „dostawców”, co daje operatorowi możliwość równoczesnego podglądania i zatwierdzania informacji o alarmie z wielu zewnętrznych źródeł.

Rozproszony system trendów historycznych

Rozproszony system trendów historycznych pozwala na wybranie dla każdego pakietu na wykresie trendów innego źródła danych. Daje to operatorowi możliwość wyświetlania na jednym wykresie trendów zarówno dla innych archiwalnych z samego InToucha jak również dla danych archiwalnych z IndustrialSQL.

Dynamiczna konwersja rozdzielczości

Dostępna jest teraz możliwość tworzenia aplikacji przy jednej rozdzielczości oraz uruchamiania przy innej, bez wprowadzenia zmian w oryginalnej aplikacji. Aplikacja może również pracować w rozdzielczości podanej przez użytkownika.

Dynamiczne adresowanie zmiennych

Dynamiczne adresowanie zmiennych pozwala na zmianę źródła danych przypisanego pojedynczej zmiennej.

Budowa aplikacji sieciowych

Nowe narzędzia do tworzenia aplikacji pozwalają na duże, wielostanowiskowe instalacje, włączając w to uaktualnianie wszystkich stanowisk z pojedynczego stanowiska programowania.

FactoryFocus

FactoryFocus jest wersja przeznaczoną do uruchamiania aplikacji InTouch, mającą możliwość włączenia przeglądania. Pozwala to personelowi kierowniczemu i administratorowi na podglądanie pracy aplikacji w czasie rzeczywistym. W celu korzystania z FactoryFocus nie potrzeba wprowadzić zmian w aplikacji InTouch.

InTouch FactoryFocus pracuje wyłącznie w architekturze klienta. Nie można zapisywać danych za pomocą DDE lub SuiteLink, dane nie mogą być również wysyłane do takich programów jak na przykład Excel. Można oglądać alarmy, ale nie można ich zatwierdzać. FactoryFocus nie może pracować jako program komunikacyjny. W funkcjach takich jak połączenie animacji, zmienne, tworzenie trendów dla danych bieżących i archiwalnych dostępna jest wyłącznie możliwość podglądania.

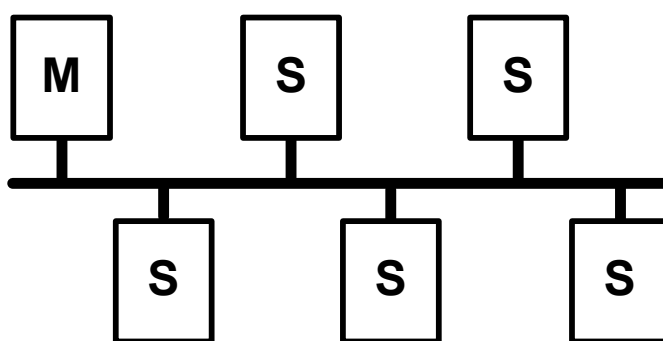
Inne cechy charakterystyczne oraz zalety programu InTouch:

- możliwość połączenia z ponad trzystoma programami komunikacyjnymi,
- dane towarzyszące zmiennym VTQ (wartość danych wraz z ich datą i jakością) dostarczane przez program,
- funkcje HTSelectTag pozwalają na wybranie zmiennej, oglądanej na trendzie historycznym,
- protokół Wonderware SuiteLink pozwalający na wymianę danych (zapis, odczyt, uaktualnienie), wraz z powiązaniem danymi, pomiędzy aplikacjami klienta i aplikacjami serwera,
- integracja serwera za pomocą protokołu Wonderware NetDDE,
- podgląd pracy aplikacji w czasie rzeczywistym,
- standardowy interfejs Windows95/NT,
- obsługa w programie WindowMaker prawego przycisku myszy, co zapewnia szybki dostęp do najczęściej używanych poleceń,
- swobodnie przemieszczane i blokowane paski narzędziowe,
- konfigurowana paleta kolorów zawiera do 16,7 miliona kolorów (liczba kolorów ograniczona jest wyłącznie możliwością posiadanej karty graficznej),
- obsługa długich nazw plików w systemach operacyjnych Windows95 i WindowsNT.

3.5 Program komunikacyjny MODBUS³¹

3.5.1 MODBUS jako interfejs szeregowy z modulem PCD2.M120

Do zapewnienia komunikacji pomiędzy sterownikiem a InTouchem zastosowano interfejs szeregowy MODBUS. Standard interfejsu transmisyjnego MODBUS jest szeroko implementowany przez producentów układów automatyki przemysłowej. Z tego też powodu może on być stosowany do łączenia ze sobą elementów instalacji pochodzących od różnych producentów.



Rys. 3.3 Sieć Modbus

Sieć MODBUS reprezentuje architekturę "Master-Slave" nadaje się więc szczególnie dla systemów, w których dane produkowane przez urządzenia peryferyjne przesyłane są do centrum. Na podstawie zebranych informacji centrum podejmuje decyzje i rozsyła polecenia sterujące do poszczególnych elementów wykonawczych. Wykorzystywany przez system sterownik sieci MODBUS pozwala na szeroką diagnostykę pracy abonentów sieci, odczyt liczników błędnych ramek, itd. Zaimplementowane możliwości śledzenia pracy Mastera sieci do poziomu transmitowanych ramek włącznie ułatwia uruchomienie instalacji jak również diagnostykę nieprawidłowości lub pracę z nietypowymi stacjami abonenckimi.³² Wdrożona sieć MODBUS została przedstawiona w załączniku B, jako część struktury funkcjonalnej całego projektu.

Interfejs MODBUS został opracowany w firmie Modicon i stał się wkrótce standardem przyjętym przez większość znanych producentów sterowników przemysłowych dla asynchronicznej, znakowej wymiany informacji pomiędzy urządzeniami systemów pomiarowo-kontrolnych. O jego popularności i rozpowszechnieniu zadecydowały takie cechy, jak:

- prosta reguła dostępu do łącza oparta na zasadzie "master-slave", o zabezpieczeniu przesyłanych komunikatów przed błędami,

³¹ na podstawie <http://www.proloc.com.pl/modbus.html> dnia 31.07.01r.

³² por. <http://www.modbus.org>

- potwierdzanie wykonania rozkazów zdalnych i sygnalizacja błędów, o skutecznym mechanizmie zabezpieczającym przed zawieszeniem systemu,
- wykorzystanie asynchronicznej transmisji znakowej zgodnej z RS-232C.

3.5.2 Transakcje w systemie MODBUS

Kontrolery urządzeń pracujących w systemie MODBUS komunikują się ze sobą przy wykorzystaniu protokołu typu master-slave, w którym tylko jedno urządzenie może inicjować transakcje (jednostka nadrzędna - master), a pozostałe (jednostki podrzędne -slave) odpowiadają jedynie na zdalne zapytania mastera. Transakcja składa się z polecenia (ang. *query*) wysyłanego z jednostki master do slave oraz z odpowiedzi (ang. *response*) przesyłanej z jednostki slave do master. Odpowiedź zawiera dane żądane przez master lub potwierdzenie realizacji jego polecenia. Master może adresować indywidualnych odbiorców (jednostki slave) lub też przysyłać wiadomości "rozgłoszeniowe" (ang. *broadcast*), przeznaczone dla wszystkich urządzeń podrzędnych w systemie. Na polecenia rozgłoszeniowe jednostki slave nie przysyłają odpowiedzi. Protokół MODBUS określa format wiadomości przesyłanych z jednostki master do slave. Zawiera on adres odbiorcy, kod funkcji reprezentujący żądane polecenie, dane oraz słowo kontrolne zabezpieczające przesyłaną wiadomość. Odpowiedź urządzenia slave wysyłana jest również zgodnie z formatem zdefiniowanym w protokole MODBUS. Zawiera ona pole potwierdzenia realizacji rozkazu, dane żądane przez master oraz słowo kontrolne zabezpieczające odpowiedź przed błędami. Jeżeli urządzenie slave wykryje błąd przy odbiorze wiadomości lub nie jest w stanie wykonać polecenia, przygotowuje specjalny komunikat o wystąpieniu błędu i przysyła go jako odpowiedź do mastera.³³

³³ szerzej <http://www.modicon.com> – witryna w języku angielskim

3.5.3 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 (08C1h, 5A3Bh). 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.

4 Projekt badawczego stanowiska laboratoryjnego

Celem projektu było zamodelowanie systemu sterowania i kontroli silnika głównego statku, współpracującego z systemem AutoChief-4. Od strony funkcjonalnej opracowano odzwierciedlenie procesów logiczno-sekwencyjnych zachodzących w silniku, ograniczając się do symulacji procesów dynamicznych jedynie tam, gdzie było to konieczne, gdyż uzależnione były od nich sekwencje działań logicznych. Mowa tu o zachowaniu przybliżonej dynamiki obrotów silnika, ograniczonym zakresie symulacji dynamiki gazu i cieczy (zmiany ciśnień, itp.). Całościowe podejście do zagadnienia procesów zachodzących w silniku nie było przedmiotem tej pracy, gdyż wymagałoby to uwzględnienia ogromnej ilości zawikłanych korelacji pomiędzy poszczególnymi elementami oraz mediami występującymi w obiekcie, stąd wynikłe ograniczenia. Jak już wcześniej wspomniano, projekt stanowi konkretną podstawę do utworzenia bardziej skomplikowanego symulatora.

Struktura projektu w znacznym stopniu oparta jest o system sterowania i kontroli silnika głównego statku – AutoChief-4 firmy NorControl. Do systemu tego należało odpowiednio podłączyć pozostałe elementy projektu, tak, aby w prawidłowy sposób emulowały one działanie elementów rzeczywistego systemu sterowania silnika. Jak wcześniej wspomniano, pojęcie silnika jest tutaj mocno przesadzone. Wynika to z tego, iż zadanie projektantów polegało na dostarczeniu systemowi sygnałów i informacji zwrotnych o stanie aktualnym silnika, tak, aby mógł bez przeszkód wykonywać swoje funkcje sterowania. Dogłębna analiza normy DENIS oraz schematów układów pneumatyki, układów olejowych i paliwowych dała projektantom możliwość wyszczególnienia zestawu najistotniejszych, wynikających z określonego wymogu, sygnałów sterujących i kontrolnych³⁴. Elementem przedstawianego projektu, w którym strumień sygnałów sterujących ulega przetwarzaniu na odpowiednią sekwencję działań, jest sterownik programowalny o odpowiedniej konfiguracji i programie. Sterownik PLC dokonuje obróbki większości sygnałów z AC4 wysyłając sygnały informacji zwrotnej. Na podstawie analizy wymaganego zakresu pracy oraz biorąc pod uwagę funkcjonalność względem kosztu wdrożenia sterownika, zdecydowano o wykorzystaniu sterownika PCD2 szwajcarskiej firmy SAIA-Burgess Electronics³⁵.

Całości systemu dopełnia człon wykonawczy w postaci falownika i sterowanego przezeń silnika trójfazowego asynchronicznego, który w sposób fizyczny prezentuje prędkość obrotową wału emulowanego silnika statku. Schemat blokowy omawianego projektu przedstawiony jest w załączniku B. Widoczne są na nim elementy składowe jak również kierunki i rodzaje przepływu informacji.

³⁴ zob. rozdział 4.2

Po lewej stronie rysunku³⁶, obwiedzione grubszą linią, zaznaczono symbolicznie system AutoChief-4, w którego zakres kontroli wchodzi stanowiska na mostku (ang. *Bridge*) oraz centrali manewrowo – kontrolnej (ang. *Engine Control Room*). Poniżej umieszczono stanowisko lokalne (przysilnikowe lub awaryjne). W centralnej części przedstawiony został sterownik programowalny wraz z modułami I/O i modulem komunikacyjnym umożliwiającym wymianę danych pomiędzy sterownikiem, a komputerami na stacjach operatorskich. Niżej natomiast pokazano falownik dołączony do sieci energetycznej trójfazowej, sterujący prędkością obrotową silnika asynchronicznego. Na jego wale umieszczono tarczę zębatą współpracującą z czujnikami indukcyjnymi (ang. *pick-up*) przekazującymi do systemu AC4 informację o prędkości w postaci cyfrowej. Na schemacie zaznaczono również układ separacyjny, o którym mowa będzie w dalszej części opisu projektu.

Ze względu na dydaktyczny charakter pracy, ogół procesów zachodzących w emulowanym obiekcie należy monitorować w szczególny sposób za pomocą aplikacji wizualizacyjnej przystosowanej do pracy w sieci lokalnej. Taka konfiguracja ma wiele zalet, wśród których najważniejsze to:

- podobieństwo do rzeczywistego, wielostanowiskowego podsystemu kontroli i sterowania;
- niezależność pracy aplikacji wizualizacyjnych na każdym stanowisku i wynikająca stąd możliwość obserwowania przebiegu dwóch i więcej procesów jednocześnie.

Podczas doboru oprogramowania wizualizującego, projektanci kierowali się następującymi kryteriami:

- powszechność dostępu oprogramowania na rynku krajowym,
- znajomość programowania w stopniu co najmniej dobrym.

Wymagania te zostały spełnione przez program InTouch wchodzący w skład pakietu Factory Suite firmy Wonderware³⁷. Opisy programu wizualizującego³⁸ jak również struktury sieci,³⁹ w której pracują komputery (stacje operatorskie), opisane zostały w dalszych rozdziałach niniejszej pracy.

³⁵ oficjalna witryna internetowa producenta <http://www.saia-burgess.com>

³⁶ zob. załącznik B

³⁷ oficjalna witryna producenta <http://www.wonderware.com>

³⁸ zob. rozdział 4.7

³⁹ zob. rozdział 4.8

4.1 Adaptacja elementów

O niezawodności, a przede wszystkim o działaniu systemu, decyduje odpowiedni dobór jego elementów składowych. Ta część czynności projektowych jest o tyle łatwa do realizacji, o ile koncepcja całego projektu kreowana jest od początku do końca przez jednego człowieka lub zespół ludzi. W przypadku natomiast, gdy część projektu jest już fizycznie gotowa i należy pozostałą część odpowiednio dopasować, aby całość działała poprawnie, sytuacja bardziej się komplikuje. Taki stan rzeczy istniał przy pracach nad opisywanym emulatorem.

Jak wcześniej wspomniano, rolę elementu, który w niniejszym projekcie symuluje działanie silnika, spełnia sterownik programowalny wraz z członem wykonawczym w postaci silnika trójfazowego asynchronicznego sterowanego falownikiem. Wykonanie tej części projektu, najważniejszego etapu opisywanej pracy dyplomowej, wiąże się z koniecznością jej idealnego dopasowania do mikroprocesorowego systemu zdalnego sterowania AutoChief-4 firmy NorControl. System ten w normalnych warunkach eksploatacji często wchodzi w skład zintegrowanych systemów sterowania jednostek pływających i jest przystosowany do sterowania rzeczywistymi elementami wykonawczymi (tj. pompy, zawory, serwomotory itp.) oraz do komunikacji z elementami pomiarowymi (mierniki ciśnienia, temperatury, przepływu itd.). System AutoChief-4 jest więc wspomnianym gotowym fizycznie komponentem, dla którego elementy wykonawcze i pomiarowe należy zastąpić odpowiednimi kartami wejścia/wyjścia sterownika programowalnego.

4.2 Lista sygnałów

Pierwszym krokiem w tym celu jest stworzenie dokładnej listy sygnałów, których analizą i obróbką zajmowałby się sterownik PLC podczas symulacji. W opisywanym przypadku bardzo pomocną okazuje się norma DENIS, dokumentacja techniczna systemu AC4 oraz dokumentacja stoczniowa silnika serii 7RTA 62U. Podczas tworzenia listy należało zwrócić uwagę na rodzaj sygnału (cyfrowy, analogowy), kierunek interakcji (wejście, wyjście), przeznaczenie oraz miejsce podłączenia (zarówno na listwach zaciskowych systemu AC4 jak również silnika i urządzeń pomocniczych). Zakres elementów składowych listy ściśle związany jest z zakresem merytorycznym pracy dyplomowej. Początkowo autorzy ograniczyli więc liczbę sygnałów jedynie do zbioru najważniejszych, wystarczających do uruchomienia systemu (np. brano pod uwagę sygnały nie powielające się ze względu na ilość cylindrów rozpatrywanego silnika), lecz należało także uwzględnić sygnały obsługiwane przez jednostkę systemu alarmowego (nieobecną fizycznie w opisywanym projekcie, a częściowo emulowaną programowo). Uwzględnienie tych ostatnich było konieczne ze względu na możliwość późniejszej rozbudowy systemu o jednostkę alarmową. Ostateczna postać listy umieszczona została w tabeli⁴⁰. Tak więc po dogłębnej analizie ustalono, że w skład konfiguracji sterownika powinno wchodzić:

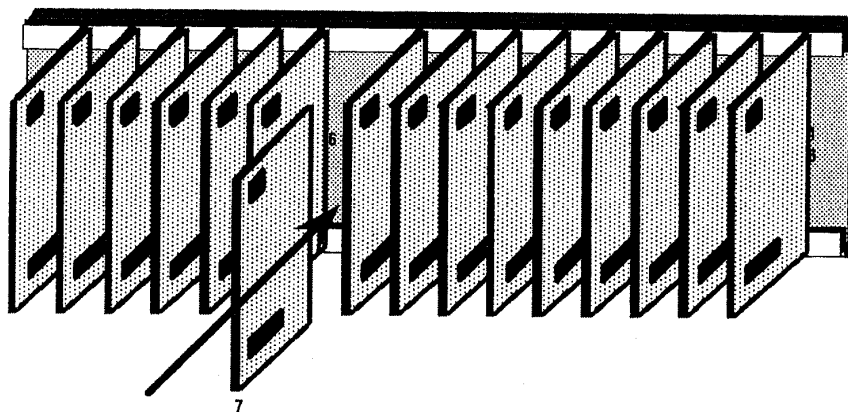
- 20 wejść cyfrowych,
- 47 wyjść cyfrowych,
- 3 wejścia analogowe,
- 20 wyjść analogowych.

⁴⁰ zob. załącznik F

4.3 Zgodność standardów

W kolejnym etapie należało sprecyzować standardy elektryczne wszystkich sygnałów z wcześniej utworzonej listy w celu ustalenia zgodności komunikacji systemu AC4 ze sterownikiem programowalnym SAIA.

Firma NorControl w dokumentacji swojego produktu umieściła, między innymi, ogólne schematy kart I/O. Ważniejsze z nich (z punktu widzenia autorów niniejszej pracy dyplomowej) przedstawiono na rysunkach od 4.2 do 4.4. Każda karta to autonomiczny układ, który po uprzednim odpowiednim skonfigurowaniu systemu AC4 (przydziale kanału, określeniu rodzaju sygnału itp.), można umieścić w jednym z jego gniazd I/O (32 gniazda dla jednostki Safety System i tyle samo dla jednostki Remote Control).

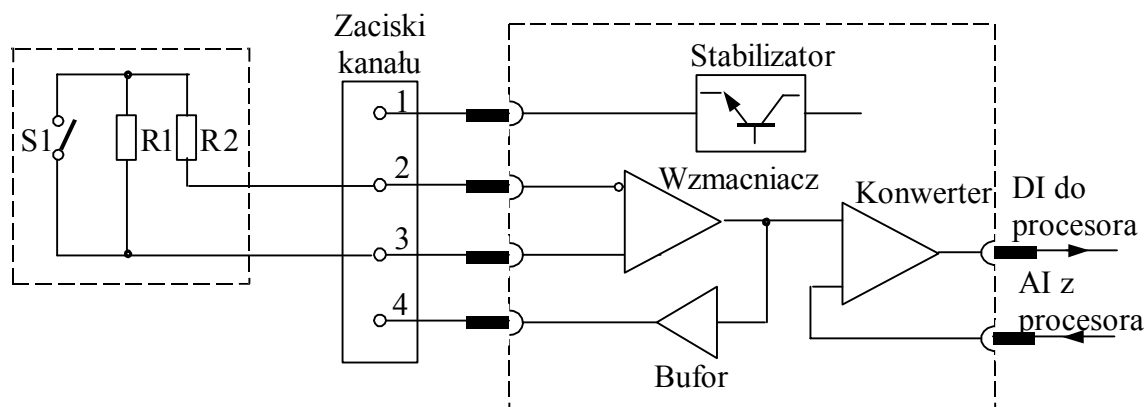


Rys. 4.1 Widok poglądowy sposobu umiejscowienia kart adaptacyjnych

Naturalnie całkowita ilość kanałów przypadająca na jednostkę to 112, lecz kanały o numerach powyżej 32 to niekonfigurowalne przez użytkownika wejścia i wyjścia cyfrowe.

Fizyczne połączenie modułu z obiektem sterowania umożliwiające jest dzięki zaciskom jednoznacznie przypisanego kanału (4 zaciski na kanał). W ten sposób umiejscowiona karta wejściowa adaptuje standard sygnału wejściowego na standard cyfrowy, odpowiedni dla procesora lub odwrotnie jeśli jest to karta wyjściowa.

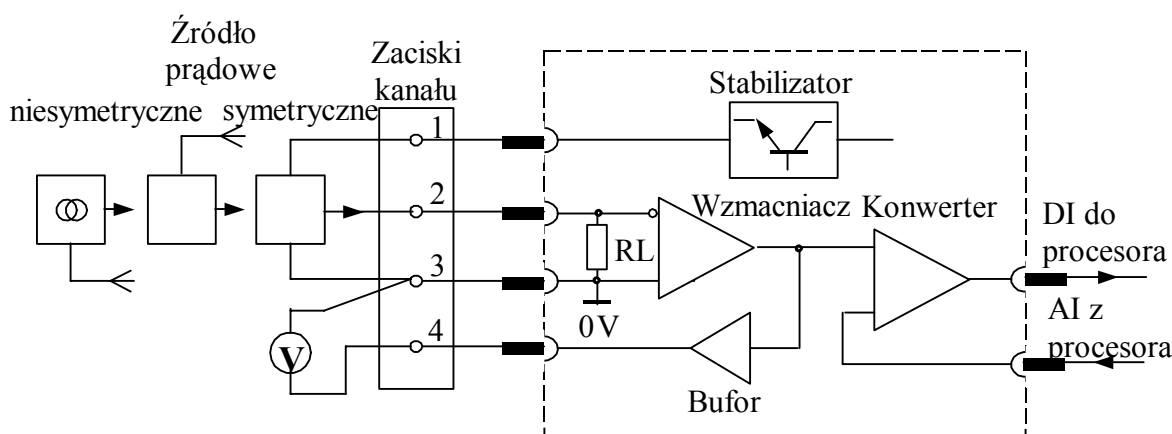
Pierwszy z przedstawionych (rys. 4.2) to moduł wejścia cyfrowego. Rezystory R1 i R2 umożliwiają kontrolę ciągłości przewodu łączącego styk wskaźnikowy S1 z kartą wejściową, dlatego powinny one być zainstalowane jak najbliżej stycznika.



Rys. 4.2 Schemat ogólny modułu wejścia cyfrowego z pętlą kontroli ciągłości linii

Zaciski 2 i 3 kanału wejściowego są więc faktycznie zaciskami sygnału dyskretnego w standardzie ON/OFF (załącz/wyłącz) i jego fizyczne odzwierciedlenie może być zasymulowane stykami przekaźnika karty wyjściowej sterownika PLC. W rzeczywistości jednak założenie to okazało się po części fałszywe, gdyż ze względu na zastosowanie pętli kontroli ciągłości linii w karcie adaptacyjnej AC4, żaden z przewodów nie ma potencjału masy sygnałowej (0V). Uniemożliwia to podłączenie bezpośrednie do karty wejściowej sterownika, która wymaga podłączenia masy sygnałowej.⁴¹ Stąd decyzja o zastosowaniu układów separujących z przekaźnikami elektromagnetycznymi, dzięki którym obwody: sterujący z systemu AC4 oraz sterujący karty I/O sterownika, zostały galwanicznie oddzielone.

Kolejnym przedstawionym modułem (rys. 4.3) jest karta prądowego wejścia analogowego.



Rys. 4.3 Moduł prądowego wejścia analogowego

⁴¹ szerzej w rozdziale 4.3.1

Jak widać na rysunku 4.3, karta wejściowa jest przystosowana do obsługi źródła prądowego symetrycznego ($\pm 20\text{mA}$) jak również niesymetrycznego ($4\text{--}20\text{mA}$) o polaryzacji dodatniej lub ujemnej. W bieżącym projekcie moduły te wykorzystywane są do badania poziomów „ciśnień” powietrza i olejów roboczych oraz poziomu obciążenia silnika, przez co zastosowano standard źródła prądowego $4\text{--}20\text{mA}$ o polaryzacji dodatniej (uczyniono to również przez wzgląd na fakt stosowania modułów wyjściowych sterownika PLC obsługujących ten standard elektryczny).

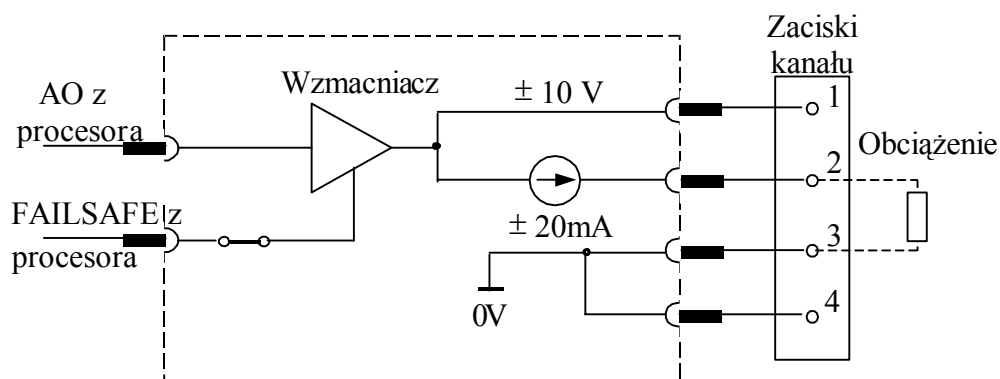
Opisywany moduł zawiera 12 – bitowy przetwornik analogowo – cyfrowy, przez co jego charakterystyka przetwarzania kształtuje się w następujący sposób:

Zakres sygnału wejściowego [mA]	Odczytana wartość cyfrowa [-]	Pomierzona wartość napięcia [V]
- 22	0000	+11.0
-20	186	+10.0
0.0	2048	0.0
4	2420	-2.0
20	3910	-10.0
22	4095	-11.0

Tab. 4.1 Charakterystyka konwertera

Dodatkowo na schemacie widoczny jest symbol urządzenia pomiarowego w postaci woltomierza dołączonego do zacisków 3 i 4 kanału. Ułatwia to czynności serwisowe; odpowiednio dla zakresu źródła $4\text{--}20\text{mA}$ przyporządkowany jest zakres napięcia mierzonego $-2 \div -10\text{V}$, a dla zakresu symetrycznego $\pm 20\text{mA}$ pomiar mieści się w granicach $\pm 10\text{V}$.

Trzecią z ważniejszych (od strony projektowej) kart jest moduł analogowego wyjścia prądowego (rys.4.4). Chociaż jest to karta o standardzie bipolarnym $\pm 20\text{mA}$, można ją odpowiednio skonfigurować w systemie AC4, tak, aby przystosować do wysyłania sygnału o charakterze unipolarnym $4\text{--}20\text{mA}$.



Rys. 4.4 Moduł analogowego wyjścia prądowego

Charakterystyka tej karty przedstawia się następująco:

Wyściowe źródło prądowe	-	$\pm 20\text{mA}$
Obciążalność	-	$\geq 700\ \Omega$
Rozdzielczość	-	0.05%
Dokładność	-	$\pm 1.5\%$

Wartość cyfrowa [-]	Wartość prądu wyjściowego [mA]
0	- 20.0
2048	0
4095	+ 19.9

Tab. 4.2 Charakterystyka przetwarzania karty

Wyściowe kanały analogowe w systemie AC4 wykorzystywane są w projekcie do wysyłania wartości zadanej prędkości na „przetwornik prąd/ciśnienie” (*Speed Setpoint*) oraz do wysyłania informacji zwrotnej o prędkości rzeczywistej, generowanej przez czujniki indukcyjne, do „regulatora prędkości”. Dlatego w pierwszym przypadku zastosowano standard bipolarny, a w drugim unipolarny (gdyż prędkość rzeczywista przyjmuje zarówno wartości dodatnie, jak i ujemne).

Chociaż nie można było ustrzec się drobnych weryfikacji w toku dalszych etapów pracy, to powyższe ogólne ustalenia pozostały praktycznie bez zmian, aż do ukończenia projektu. W efekcie na podstawie posiadanych informacji, można było określić ilość i rodzaj modułów I/O sterownika PLC.⁴²

Opis karty	Symbol karty	Ilość sztuk
8 – wejściowa karta cyfrowa	PCD2.E610	3
8 – wyjściowa karta cyfrowa	PCD2.A250	2
16 – wyjściowa karta cyfrowa	PCD2.A460	2

⁴² zob. załącznik D

8 – wejściowa karta analogowa	PCD2.W310	1
8 – wejściowa karta analogowa ⁴³	PCD2.W340	1
4 – wyjściowa karta analogowa	PCD2.W400	2
4 – wyjściowa karta analogowa ¹⁹	PCD2.W410	3
4 – we/wy karta analogowa	PCD2.W500	1

Tab. 4.3 Wykaz zainstalowanych modułów I/O

4.3.1 Opis zastosowanych modułów w projekcie⁴⁴

Miejsca zainstalowanych modułów przedstawione są w załączniku D

4.3.1.1 Karty cyfrowe

PCD2.A250 – Moduł 8 wyjść dyskretnych z normalnie otwartymi stykami dla prądu stałego lub zmiennego do 2A, 48VAC. Moduł nie ma zabezpieczenia styków – posiada jedną wspólną końcówkę.

Liczba wyjść na moduł: 4+4, ze wspólną końcówką, styki normalnie otwarte (NO)

zakres zastosowań: >12V, >100mA

Liczba przełączeń (czas życia styków): 0,1 x10⁶ operacji

Zasilanie cewek przekaźnika: nominalnie 24VDC

Typowy czas opóźnienia: 5ms przy 24VDC

Odporność na zakłócenia: 4kV, połączenie bezpośrednie; 2kV połączenie pojemnościowe

Pobór prądu na potrzeby własne (z magistrali 5V): 1÷25mA

PCD2.A460 – Moduł 16 wyjść tranzystorowych z normalnie otwartymi stykami dla prądu stałego do 0.5A, 24VDC.

Liczba wyjść na moduł 16 ze wspólną końcówką, styki normalnie otwarte (NO)

PCD2.E610 – Moduł wyjść cyfrowych z separacją galwaniczną posiadający możliwość pracy w logice dodatniej lub ujemnej.

Liczba wyjść na moduł: 8, z separacją galwaniczną używając transoptorów

Logika: dodatnia lub ujemna

⁴³ szczegóły danych technicznych w rozdziale 4.3.1.2

Napięcie wejściowe V_{in} : 24VDC, wygładzone lub pulsujące

Napięcie zasilania:

dla logiki dodatniej min 15V

dla logiki ujemnej min 18V

Prąd wejściowy przy 24VDC:

dla logiki dodatniej min 5.0mA

dla logiki ujemnej min 3.7mA

Typowe opóźnienie (LH/HL):

LH 10ms

HL 10ms

Odporność na zakłócenia: 4kV, połączenie bezpośrednie; 2kV połączenie pojemnościowe

Odporność izolacji: 1000VAC, 1minuta

Odporność transoptora: 2.5kV

Pobór prądu na potrzeby własne (z magistrali 5V): 1÷24mA

4.3.1.2 Karty analogowe

PCD2.W310 - Moduł 8 wejść analogowych, 12 bitowa rozdzielczość.

Tor pomiarowy: 0-20mA

Rozdzielczość: 12bitów (0...4095)

Rezystancja wejściowa: 125Ω / 0.1%

przy temp. 25°C: ±0.5%

Rezystancja wejściowa: 125Ω / 0.1%

Błąd temp. (0...+55°C): ±0.2%

PCD2.W340 -Moduł 8 wejść analogowych, 12 bitowa rozdzielczość.

Tor pomiarowy: moduł ma możliwość definiowania każdego kanału na odrębny tor pomiarowy w zależności od ustawienia zworek 0-20mA, 0-10V. W projekcie wykorzystano tor prądowy 0-20mA (pozycja zworki „C” dla W340 #E0, PCD2 #16)

Rozdzielczość: 12bitów (0...4095)

Rezystancja wejściowa: 125Ω / 0.1% **przy temp. 25°C:** ±0.5%

Błąd temp. (0 ÷ +55°C): ±0.3%

⁴⁴ dane na podstawie folderu oraz korespondencji z firmą SABUR

PCD2.W400 – Moduł uniwersalny z 4 analogowymi kanałami wyjściowymi. Wersja z jednym typem sygnału – 0...10V

Ochrona zwarciova: tak

Rozdzielczość: 8-bitowa (0...255)

Czas konwersji C/A: <5μs

Impedancja obciążenia: ≥3kΩ

Dokładność (w stos. do wart. wyj.): 1% ±50mV

PCD2.W410 - Moduł uniwersalny z 4 analogowymi kanałami wyjściowymi, sygnały mogą być wybierane jako 0...10V, 0...20mA lub 4...20mA za pomocą zworki.

Ochrona zwarciova: tak

Rozdzielczość: 8-bitowa (0...255)

Czas konwersji C/A: <5μs

Impedancja obciążenia:	dla 0...10V:	≥3kΩ
	dla 0...20mA:	0...500Ω
	dla 4...20mA:	0...500Ω
Dokładność (w stos. do wart. wyj.):	dla 0...10V:	1% ±50mV
	dla 0...20mA:	1% ±0,2mA
	dla 4...20mA:	1% ±0,2mA

PCD2.W500 - Moduł z 2 wejściami analogowymi napięciowymi i 2 wyjściami analogowymi napięciowymi 0...+10V (unipolarne) lub -10...+10V (bipolarne), wybierane zworką (moduł standardowy).

Wejścia:

Zasada pomiaru: różnicowa

Czas konwersji A/C: <30μs

Rezystancja wejściowa: 1MΩ

Ochrona przepięciowa: ±40VDC (stale)

Wyjścia:

Ochrona zwarciova: tak

Czas konwersji C/A: <20μs

Impedancja obciążenia: ≥3kΩ

Dokładność (w stosunku do wartości wyjściowej): 0,3%, $\pm 20\text{mV}$

Dane wspólne:

Rozdzielczość: 12 bitów (0...4095)

Błąd temp. (0...+55°C): $\pm 0.3\%$

Odporność na zakłócenia napięciowe: $\pm 1\text{kV}$ - kable nieekranowane; $\pm 2\text{kV}$ - kable ekranowane

4.3.1.3 Moduł interfejsu szeregowego

PCD7.F120 – Moduł interfejsu szeregowego RS232.

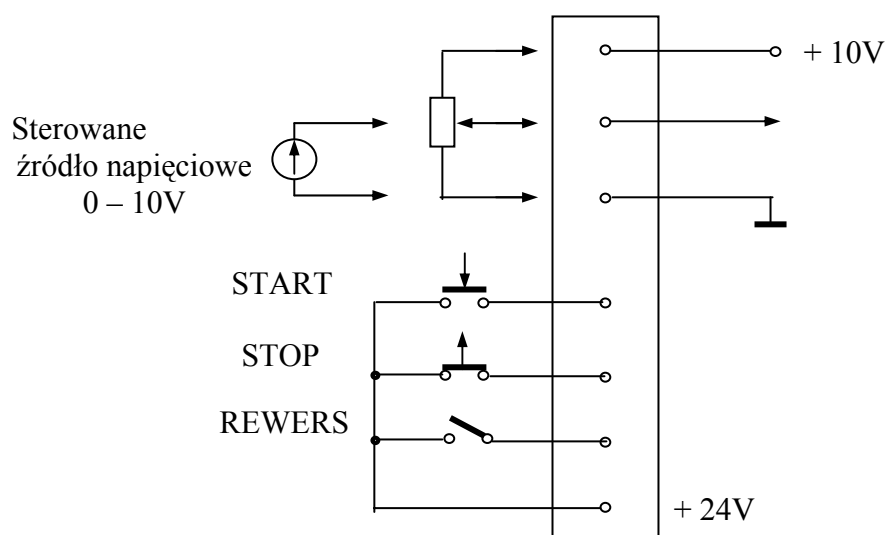
4.4 Zadawanie i pomiar prędkości obrotowej

Dla lepszego uwidocznienia pracy emulowanego silnika, projekt wyposażono w fizyczny układ wykonawczy reprezentujący rzeczywiste obroty wału napędowego. Układ ten składa się, w ogólnej postaci, z trójfazowego asynchronicznego silnika sterowanego pośrednio przez falownik.⁴⁵ Elementy składowe tego układu są tak dobrane, aby zapewnić optymalne dopasowanie. Falownik jest przystosowany do sterowania silnikami o mocy nie przekraczającej 0.75kW., natomiast dobrany silnik posiada moc 0.5kW. Jak więc widać, jest to układ małej mocy, jednak idealny do zastosowania w opisywanym projekcie. Ponadto jest to silnik wolnoobrotowy ($n_{\text{nom}} = 680 \text{ obr/min}$). Dobór ten nie jest przypadkowy. Projektanci, bowiem kierowali się faktem, iż rzeczywista prędkość wału silnika nie przekracza 150obr/min (maksymalny zakres urządzeń pomiarowych). Zatem, chodzi tutaj głównie o jak najdokładniejsze odwzorowanie stosunkowo niewielkich prędkości. Naturalnie możliwe było dobranie silnika o jeszcze niższych obrotach maksymalnych, lecz zrezygnowano z tego, biorąc pod uwagę względy ekonomiczne i ergonomiczne (silniki wolnoobrotowe charakteryzują się wysoką ceną i dużymi rozmiarami gabarytowymi – w miarę zmniejszania prędkości maksymalnej zwiększa się ilość biegunów sterujących stojana silnika).

Sterowanie prędkości obrotowej silnika dzięki zastosowaniu falownika daje wiele korzyści, z których najważniejsze to płynna regulacja w zakresie wyższych, zadawanych prędkości oraz utrzymywanie jej na względnie stałym poziomie. Oczywiście istnieją również mankamenty, lecz wynikłe z oczywistych względów. Mianowicie mowa tutaj o niemożności płynnej zmiany prędkości w zakresie od minimalnej prędkości zadawania (zależnej od minimalnej częstotliwości wyjściowej falownika) do zera. Jak wiadomo zasada sterowania falownikiem opiera się na utrzymaniu stałego iloczynu U/f . Dlatego konstrukcja, a co za tym idzie sposób sterowania falownika (opisywanego w bieżącym projekcie), wymaga podania dyskretnego sygnału na jedno z wejść sterujących w celu całkowitego zatrzymania silnika (a na drugie aby ponownie go uruchomić). Wówczas napięcie zasilające odcinane jest od cewek stojana i silnik hamuje ze stałą czasową wynikającą z momentu bezwładności wirnika. W opisywanym przypadku przy stosunkowo niskiej częstotliwości minimalnej falownika ($f_{\text{min}} = 3\text{Hz} \rightarrow n_{\text{min}} \cong 10 \text{ obr/min}$), małym momencie bezwładności wirnika silnika oraz odpowiednim sterowaniu prędkością, ta pozornie poważna niedogodność jest niemal niezauważalna.

Schemat podłączeń do wejściowej listwy zaciskowej sygnałów sterujących falownikiem przedstawiony jest na rysunku 4.5.

⁴⁵ zob. rys H1



Rys. 4.5 Listwa zaciskowa sygnałów sterujących falownika

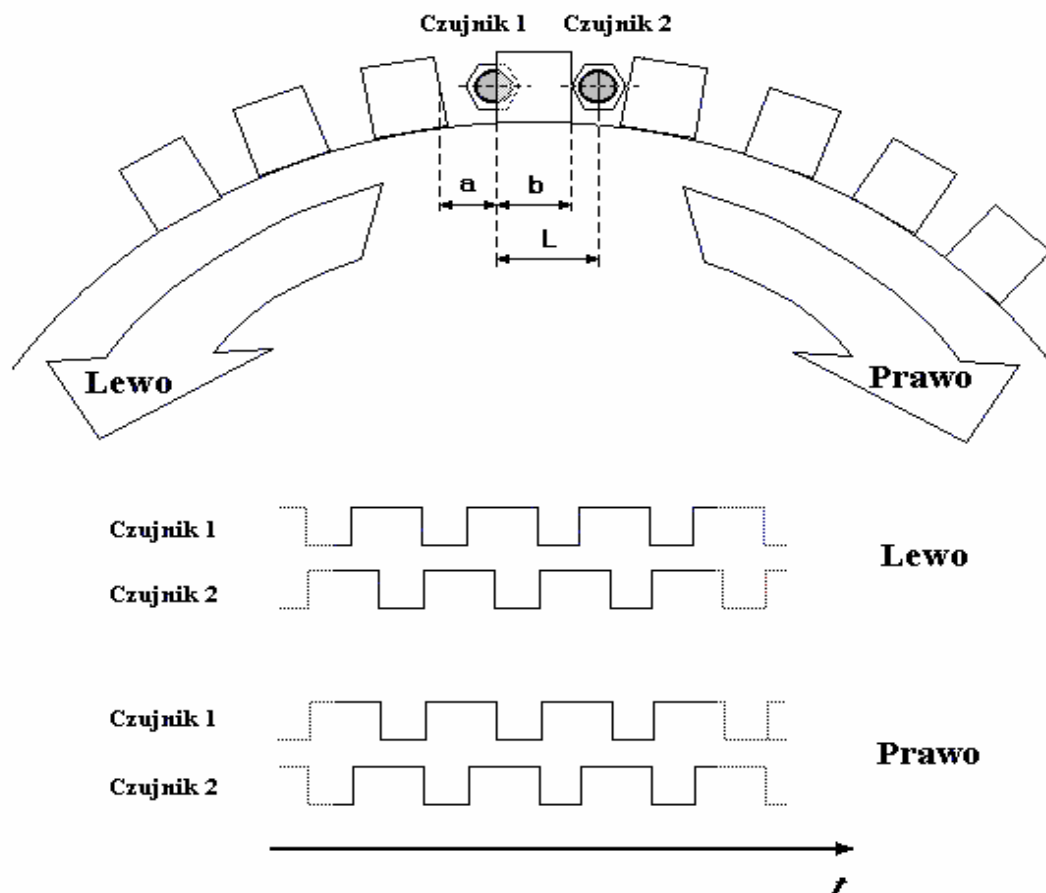
Na powyższym rysunku widoczne są styki START, STOP, o których była wcześniej mowa oraz przełącznik REWERS służący do zmiany kierunku obrotów silnika. Wejście analogowe, umożliwia wykorzystanie alternatywnych sposobów sterowania. W pierwszym z nich, z zastosowaniem wewnętrznego źródła napięcia (+10V), zmianę prędkości obrotowej uzyskać można poprzez zmianę położenia suwaka potencjometru. Drugi sposób, to wykorzystane w projekcie, zewnętrzne źródło napięcia 0–10V (wyjście modułu analogowego sterownika programowalnego).

Zastosowany falownik, oprócz opisanych podstawowych funkcji sterowania, umożliwia również użytkownikowi, dzięki pulpitemu edycyjnemu, dostęp do procedur bardziej zaawansowanych jak możliwość kształtowania charakterystyki dynamicznej sterowanego przez siebie silnika. Parametrami kształtującymi tą charakterystykę są współczynniki przyspieszenia i opóźnienia.

Oprócz względów wizualnych, zastosowanie reprezentacji obrotów rzeczywistych wału jest konieczna do prawidłowego działania systemu AC4, który wymaga istnienia tej istotnej informacji o stanie obiektu sterowania.

W rzeczywistych warunkach eksploatacji system AC4 oczekuje informacji o aktualnej prędkości wału napędowego w postaci cyfrowej. Wymaganie to spełnione jest poprzez zastosowanie odpowiedniego zespołu pomiarowego. Na wale silnika zainstalowane jest współosiowo stalowe koło zębate, natomiast umieszczone na jego obrębie dwa czujniki indukcyjne przesyłają do systemu sygnały o kształcie prostokątnym o szerokości zależnej od prędkości wału i wzajemnej relacji względem czasu niosącej informację o kierunku obrotów (rys. 4.6). Tak więc mamy tu do czynienia z sygnałem o kształcie prostokątnym o modulowanej (prędkością obrotową) częstotliwości – o standardzie napięciowym 0–5V (TTL). W opisywanym projekcie wykorzystano ustaloną koncep-

cję metody pomiaru. Na wale wirnika zamontowano więc współosiowo tarczę stalową z 45 zębami na obwodzie oraz zainstalowano dwa zestawy czujników indukcyjnych



Rys. 4.6 Sposób zamontowania czujników indukcyjnych oraz przebiegi czasowe sygnałów w przypadku obrotów w lewo i prawo

Jak uwidocznione jest to na powyższym rysunku dla poprawności działania czujników istotną rolę odgrywa ich wzajemne usytuowanie. Teoretyczny wzór do obliczenia tej odległości umieszczony jest w dokumentacji technicznej systemu AC4, jednak przy adaptacji tej koncepcji do projektu należało ostatecznie skorzystać z ustaleń empirycznych. Przybliżona zależność, z której wynika wzajemna odległość między czujnikami ma następującą postać:

$$L = 0.5 \cdot a + b$$

gdzie: L – obliczana odległość między osiami wzdłużnymi czujników [mm],
 a – średnia odległość między kolejnymi zębami tarczy [mm],
 b – szerokość zęba tarczy [mm]

Przy ustawianiu drugiej pary czujników (zestaw zdublowany do jednostki Safety System), postępowanie jest podobne.

W toku dalszych postępowań, dla zapewnienia poprawności pomiaru należało odpowiednio skonfigurować w systemie AC4 jednostkę pomiarową, podając odpowiednią ilość zębów tarczy obrotowej, zakres pomiaru ($\pm 150^{\text{obr}}/\text{min}$), przelicznik itp.

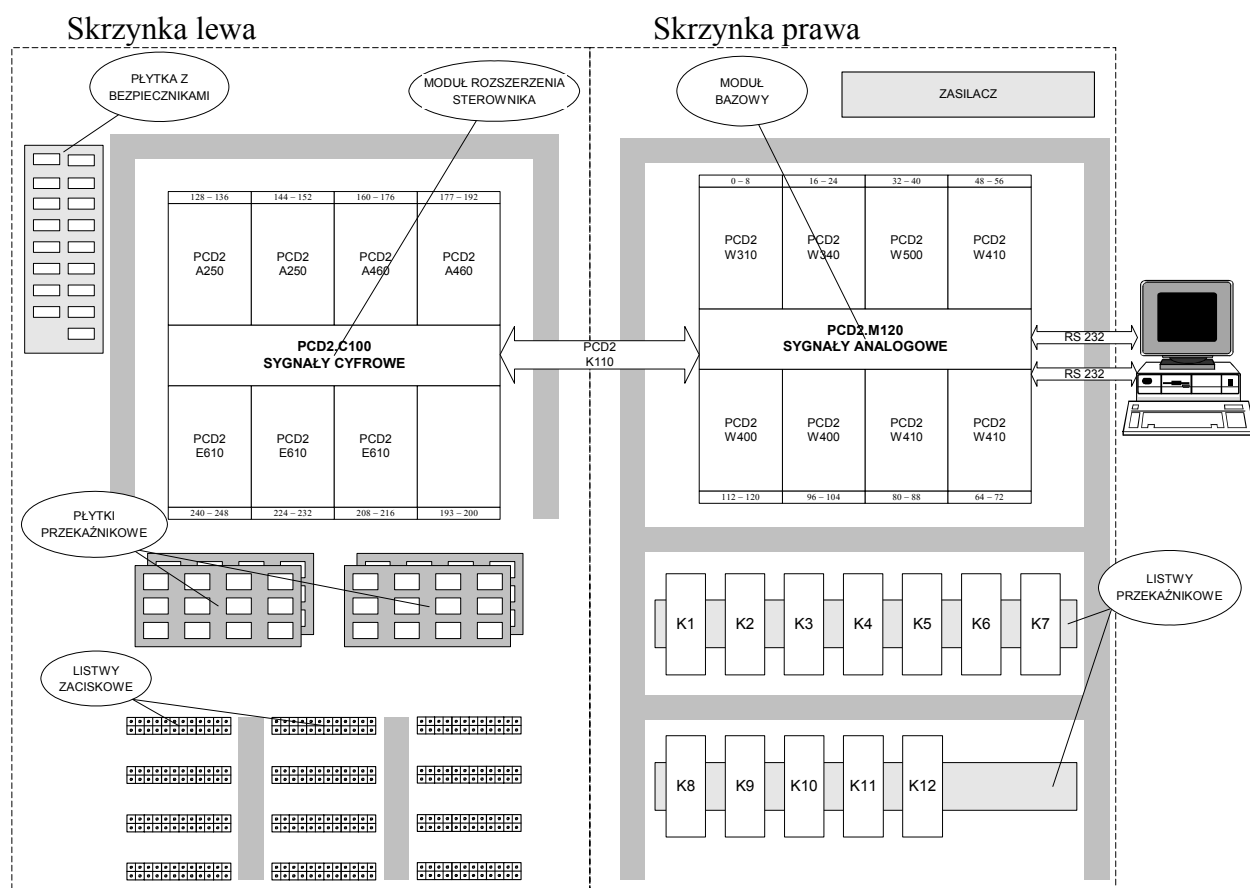
Niestety w ten sposób zbudowany i skonfigurowany układ pomiarowy zapewniał prawidłowy odczyt prędkości jedynie w przypadku obrotów w jednym, ustalonym kierunku. W momencie przesterowania silnika (stosunkowo dynamiczna zmiana kierunku obrotów), mierniki wskazywały zupełnie błędny odczyt (zły kierunek i wartość prędkości), a jednostka Safety System sygnalizowała awarię czujników. Ten stan rzeczy wynikał z faktu utraty synchronizacji jednostki pomiarowej systemu AC4 w momentach „przejścia” prędkości przez wartość zerową (gwałtowna zmiana kierunku). Jedynym wyjściem okazała się wymiana, we wspomnianej jednostce, dwóch układów scalonych odpowiedzialnych za procedury związane z pomiarem na ich nowsze wersje. Wprowadzona zmiana umożliwiła ustawienie w konfiguracji dodatkowego parametru – poziomu czułości w stanach przejściowych. Odpowiednia nastawa, w sposób zdecydowany i widoczny polepszyła warunki pomiaru, przez co odczyty prędkości były prawidłowe.

4.5 Dokumentacja techniczna

W poniższych podrozdziałach opisano zrealizowaną część monterską pracy dyplomowej.

4.5.1 Opis skrzynek z zainstalowanym sterownikiem

W skrzynkach zamontowany jest sterownik wraz z modułem rozszerzającym i zasilaczem, zespół przekaźników, a także listwy zaciskowe silnika. W lewej skrzynce umieszczono moduł rozszerzający wyłącznie z kartami cyfrowymi I/O, cztery płytki przekaźnikowe, bezpieczniki oraz listwy zaciskowe symulowanego silnika głównego 7RTA62U. W prawej skrzynce znajduje się sterownik zawierający wyłącznie karty analogowe I/O, pozostałe przekaźniki (K1...K12) oraz zasilacz do sterownika.



Rys. 4.7 Widok ogólny skrzynek łączeniowych

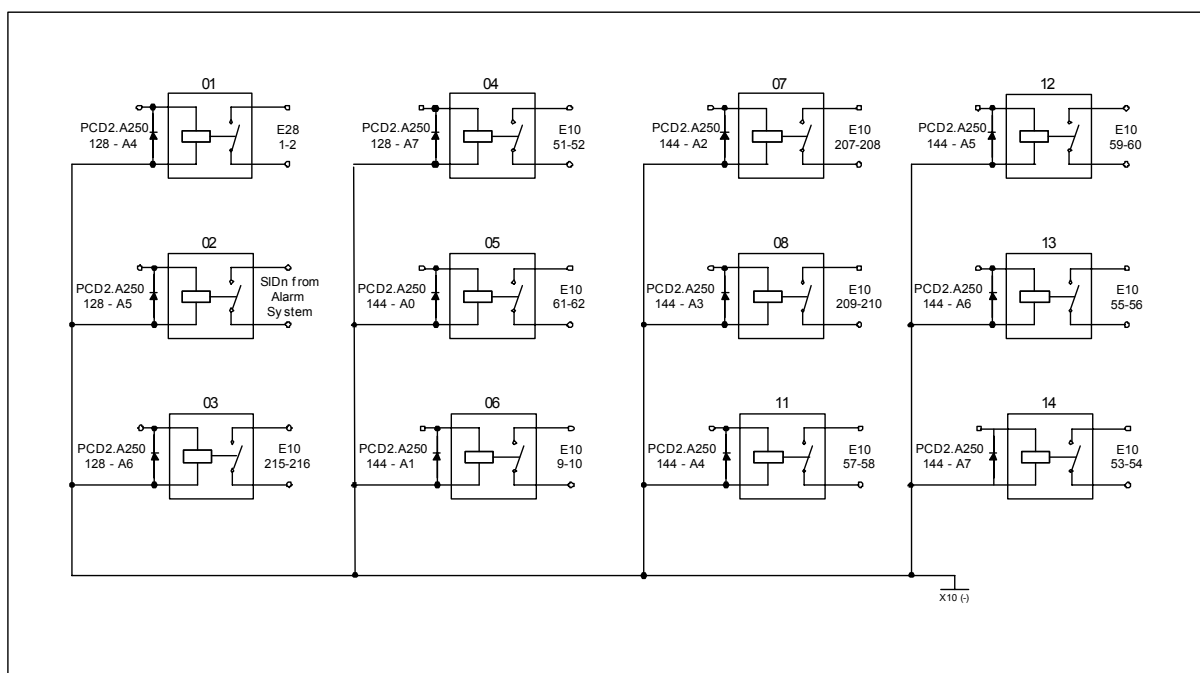
4.5.2 Opis płytek przekaźnikowych

Ze względu na konieczność galwanicznego oddzielenia sygnałów dyskretnych I/O pochodzących z AC4 oraz ze sterownika SAIA, zastosowano przekaźniki. Są one zamontowane na czterech płytkach oraz dwóch listwach. Przekaźniki te umieszczone są w skrzynkach⁴⁶ wraz ze sterownikiem.⁴⁷ Schematy połączeń zamieszczone są poniżej.

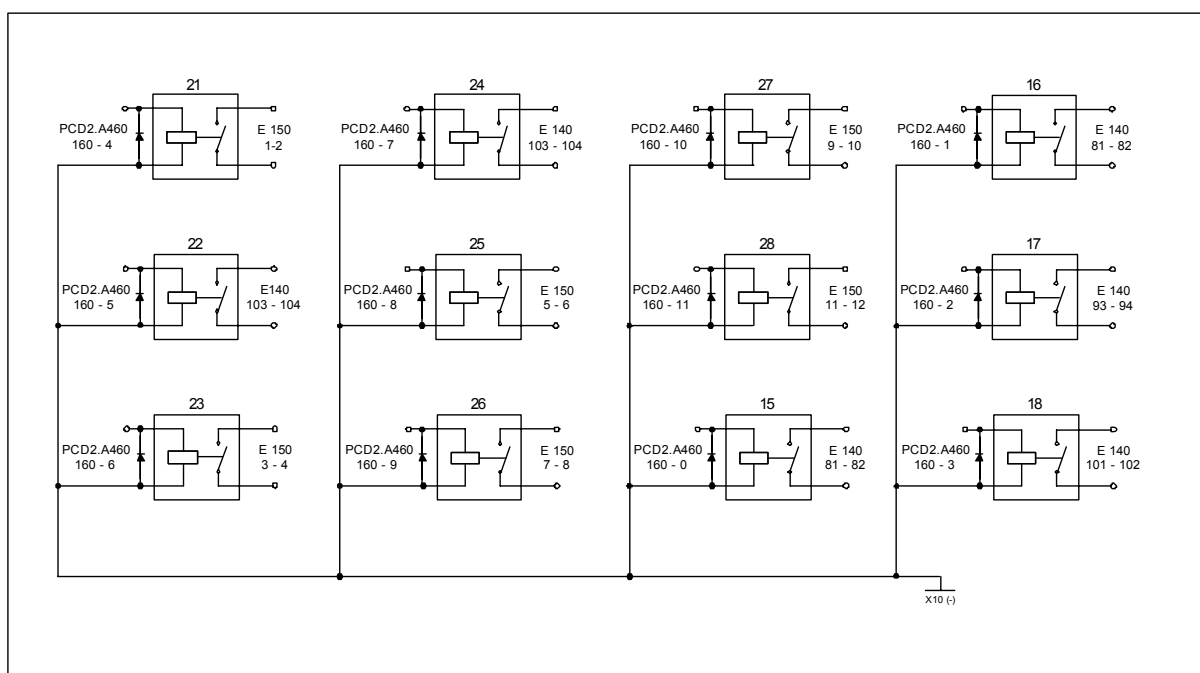
Płytką nr 1 rys. 4.8 zawiera 12 przekaźników (typ JQX-14FC) ponumerowanych od 01 do 08 i od 11 do 14. Cewki przekaźników dodatkowo są zbocznikowane diodami zabezpieczającymi (zgodnie z zaleceniami producenta sterownika). Sygnały ze sterownika wyzwalają stanem wysokim cewki przekaźników, które posiadają wspólną masę (logika dodatnia). Wyjściami przekaźników są styki normalnie otwarte, które oddziałują na odpowiednie wejścia na listwach zaciskowych AC4. Płytką nr 2 rys. 4.9 (przekaźniki 21...28 i 15...18) oraz nr 3 rys. 4.10 (przekaźniki 31-38 i 41-44) jest podobnie zaprojektowana i wykonana jak powyższa. Natomiast płytką nr 4 rys. 4.11 (przekaźniki 51-58 i 45, 46) służy do galwanicznego oddzielenia sygnałów przepływających z AC4 do sterownika. Sygnały wejściowe są podobnie jak w przypadku poprzednich obwodów wykonane w logice dodatniej. Sygnały wyjściowe posiadają wspólny dodatni potencjał (logika ujemna).

⁴⁶ zob. załącznik D

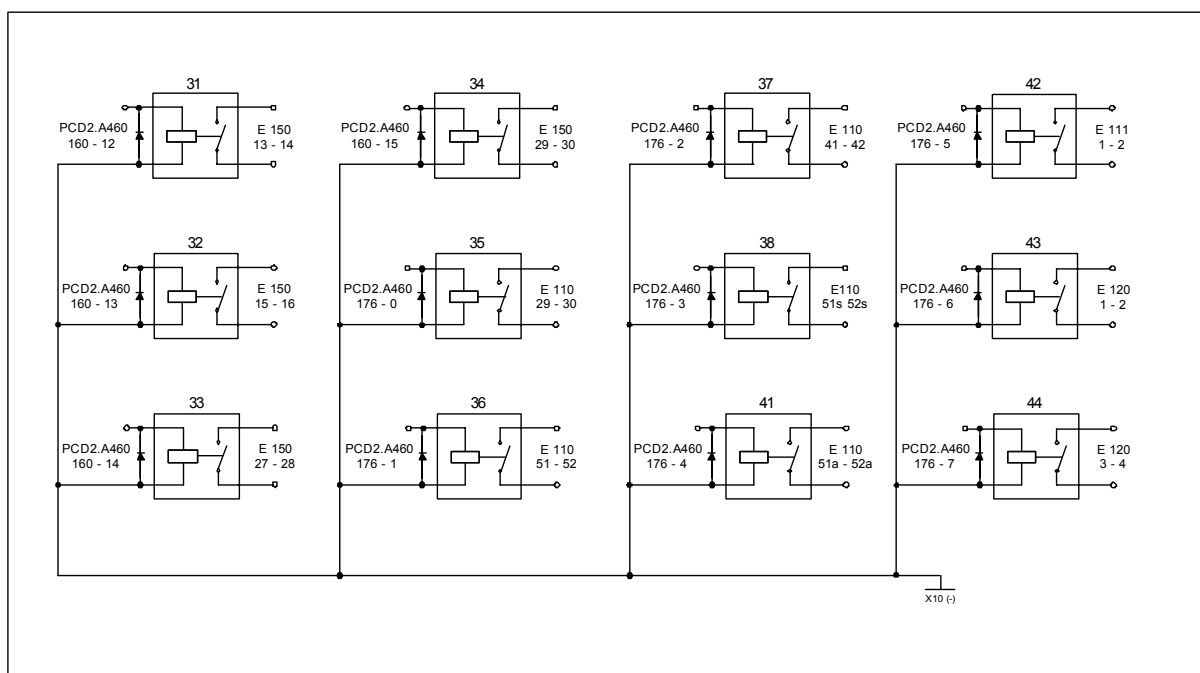
⁴⁷ zob. zdjęcie nr 3 w załączniku H



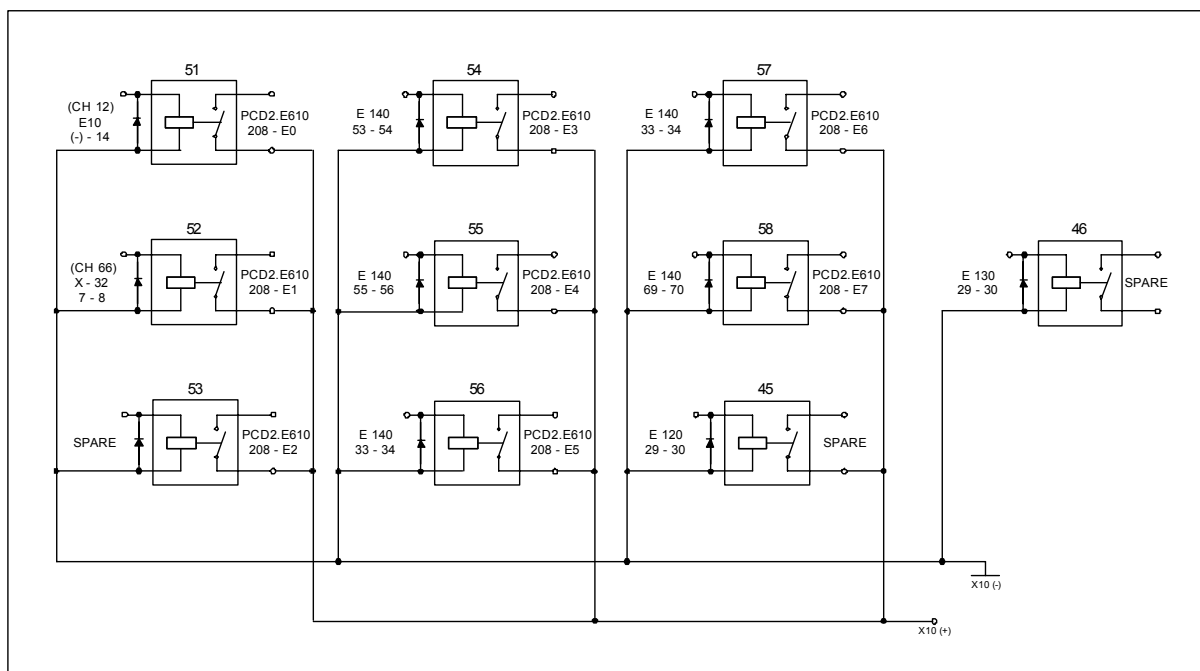
Rys. 4.8 Schemat połączeń dla płytki nr 1



Rys. 4.9 Schemat połączeń dla płytki nr 2



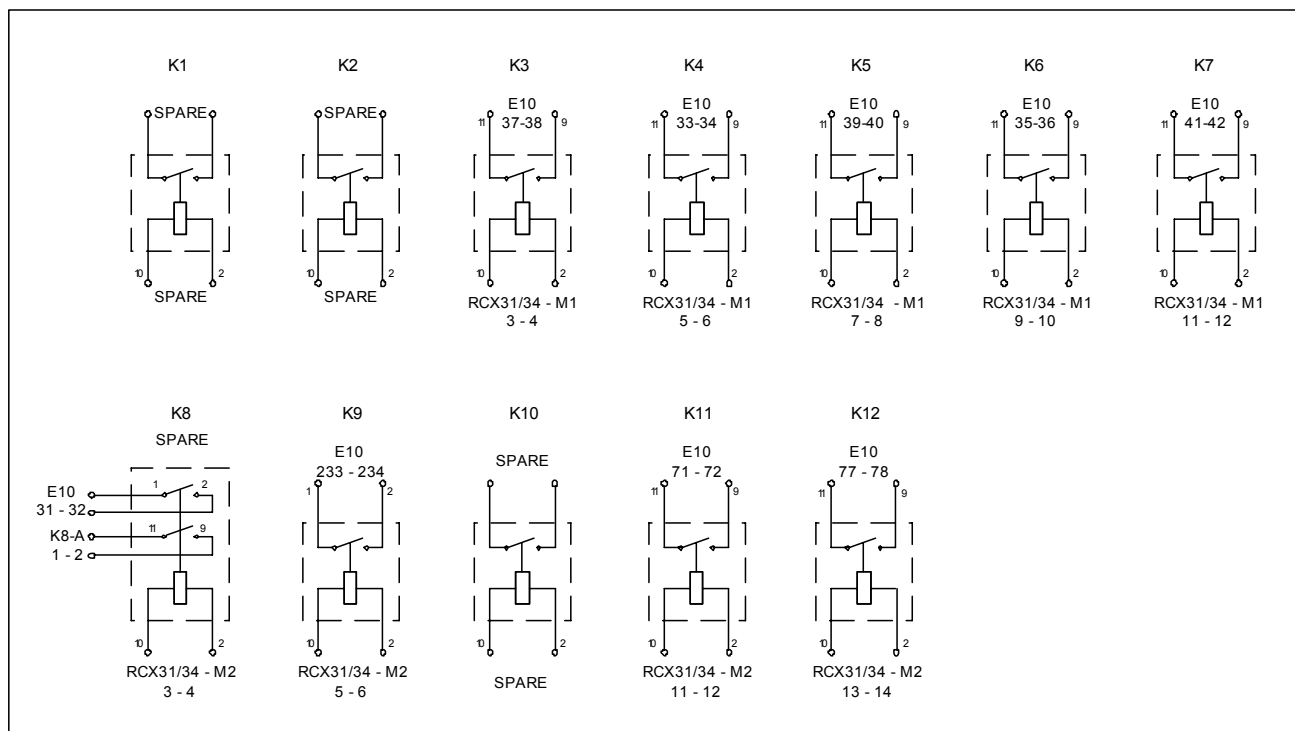
Rys. 4.10 Schemat połączeń dla płytki nr 3



Rys. 4.11 Schemat połączeń dla płytki nr 4

4.5.3 Opis listwy z przekaźnikami

Listwy z przekaźnikami umieszczone w prawej skrzynce⁴⁸, podobnie jak wyżej opisane płytki z przekaźnikami, służą do galwanicznego oddzielenia sygnałów dyskretnych I/O pochodzących z AC4 oraz ze sterownika SAIA. Oznaczone są one symbolami: K1...K12. Wykorzystano styki normalnie otwarte.

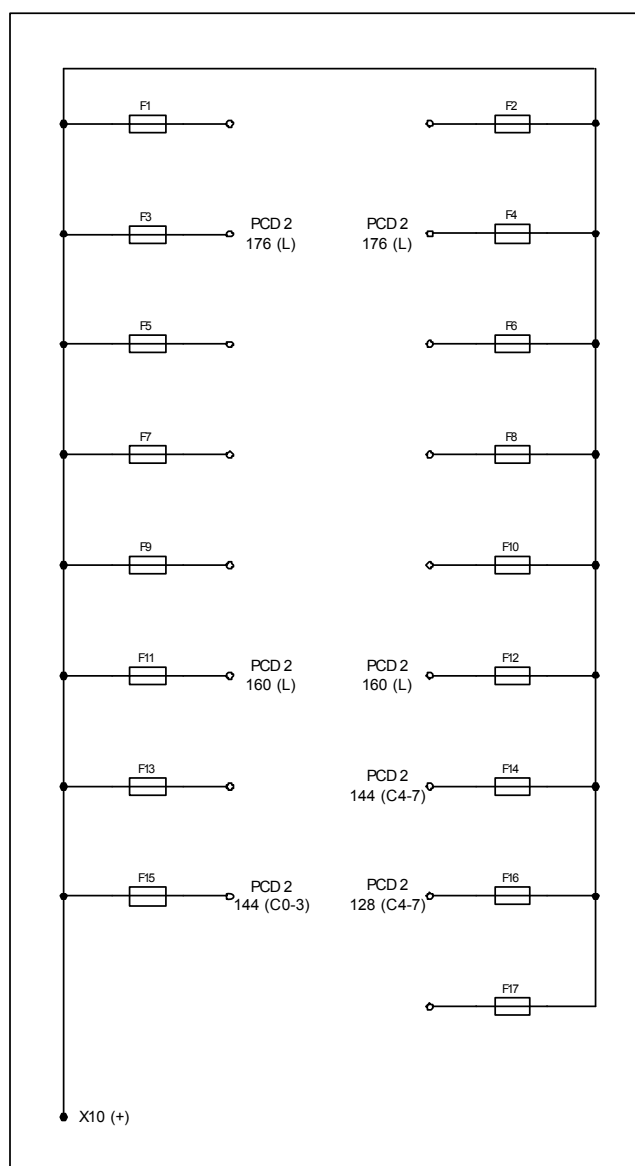


Rys. 4.12 Schemat listwy z przekaźnikami

⁴⁸ zob. załącznik D

4.5.4 Opis płytki z bezpiecznikami

Zgodnie z zaleceniami producenta⁴⁹ zastosowano zabezpieczenia zwarciovie styków prze-
kaźników w obwodach wyjściowych modułów PCD2.A250, jak też obwody zasilania modułów
PCD2.A460. Schemat połączeń płytki bezpiecznikowej zawierającej bezpieczniki topikowe (każdy
z nich F1...F17 zabezpiecza przed prądem zwarciovym do 0,5A) przedstawia rysunek 4.13.



Rys. 4.13 Schemat połączeń bezpieczników

⁴⁹ SAIA-Burgess Electronics, *Sterowniki serii PCD1 i PCD2. Podręcznik sprzętowy*, 1998r.

4.5.5 Opis listew zaciskowych

Umieszczone w lewej skrzynce, w czterech poziomych rzędach, listwy zaciskowe są opisane zgodnie z dokumentacją stoczniową symulowanego silnika. Doprowadzane są tam sygnały ze sterownika (część z nich przez przekaźniki) od góry, a wyprowadzane od dołu przewodami do odpowiednich listew AC4, jego indykatorów i falownika.⁵⁰

Legenda do załącznika C

- E 10, E28, E110 etc. – numer listwy zaciskowej na silniku,⁵¹
- numer zacisku,
- rodzaj sygnału,
 - DO – sygnał cyfrowy, wyjście ze sterownika,
 - AO – sygnał analogowy, wyjście ze sterownika,
 - AI – sygnał analogowy, wejście do sterownika,
 - DI – sygnał cyfrowy, wejście do sterownika,
 - SS – sygnał doprowadzony do listew SS,
 - RC – sygnał doprowadzony do listew RC,
 - CT – sygnał doprowadzony do listew CT,
- nazwa sygnału,⁵²
- symbol elementu,⁵³
- opis sygnału (funkcja).

⁵⁰ zob. załącznik C

⁵¹ zob. rys. 2.2

⁵² szerzej omówiony w rozdziale 2.2.1

⁵³ zob. załącznik H

4.6 Opis programu sterowania

W celu wykonywania instrukcji według ściśle określonego algorytmu sterownik, powinien posiadać w pamięci kod programu, zrozumiały dla procesora danego sterownika, jednoznacznie przyporządkowany temu algorytmowi. Programowanie najczęściej odbywa się z zastosowaniem software'owego pakietu programatora (unikatowego dla każdej firmy – producenta sterowników) w środowisku przyjaznym użytkownikowi. W przypadku sterownika firmy SAIA – Burgess Electronics, w celu jego programowania wprowadzono do użytku programator o nazwie PG4. Dzięki temu narzędziu możliwe jest projektowanie programu w postaci listy instrukcji IL (ang. *Instruction List*) lub w postaci graficznej za pomocą diagramu drabinkowego FBD (ang. *Function Plan*) czy diagramu logicznego LD (ang. *Logic Diagram*). Spośród tych trzech metod najwięcej funkcji i możliwości posiada metoda programowania w postaci listy instrukcji, lecz jest stosunkowo trudna i mało przejrzysta w porównaniu z pozostałymi dwoma. Dlatego autorzy niniejszej pracy zdecydowali się na zastosowanie metody łączącej elementy programowania drabinkowego i logicznego jako metody łatwej, przejrzystej i całkowicie wystarczającej, biorąc pod uwagę zakres i stopień skomplikowania projektu. W kolejnych podrozdziałach przedstawiono opis programu sterowania z uwzględnieniem algorytmów, dlatego, aby był on zrozumiały należy wyjaśnić znaczenie niektórych, podstawowych symboli stosowanych podczas programowania w PG4. Poniżej przedstawiono symbolikę wybranych elementów języka drabinkowego (FBD):

— —	- wejściowy styk cyfrowy lub wewnętrzny znacznik normalnie otwarty;
— / —	- wejściowy styk cyfrowy lub wewnętrzny znacznik normalnie zamknięty;
—()—	- wyjściowa cewka cyfrowa lub cewka wewnętrznego znacznika;
—(S)—	- cewka przerzutnika RS (ustawianie – Set);
—(R)—	- cewka przerzutnika RS (kasowanie – Reset);

Pozostałe zastosowane elementy zostały omówione przy okazji opisu programów. Warto jedynie wspomnieć, iż na przedstawionych diagramach połączenia sygnałów cyfrowych zaznaczone są kolorem **purpurowym**, wielkości typu całkowitego – **ciemno – turkusowym**, natomiast wielkości typu zmiennoprzecinkowego – **brązowym**.

Ogólna struktura projektu podzielona jest na dwie części, z których jedna to safety zawiera uproszczone procedury wprowadzające dynamikę mediów silnika (zmiany ciśnień powietrza, ole-

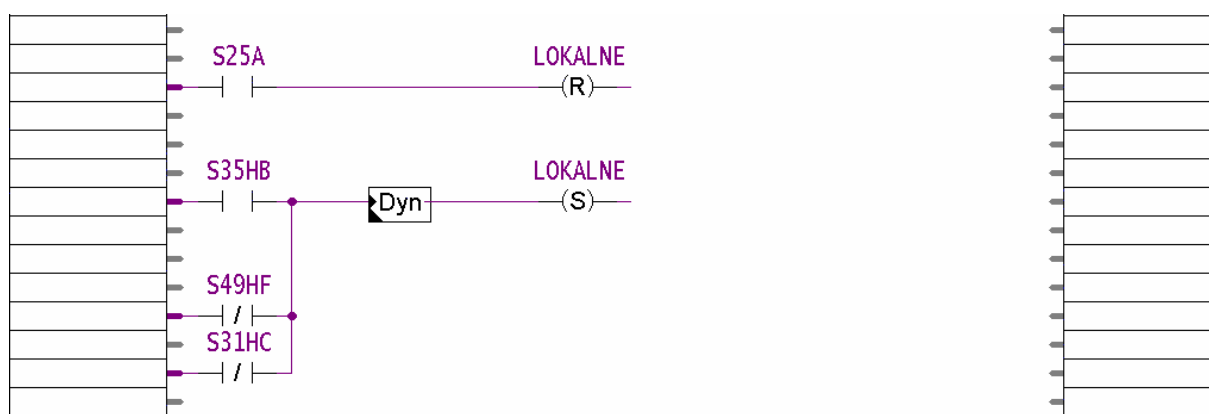
jów, temperatury itp.) oraz procedury bezpieczeństwa. Natomiast druga, *silnik* odpowiada za całość algorytmów związanych z funkcjami sterowania. W celu współpracy obu podprogramów skonfigurowano program główny „NorControl” tak, aby COB (Cyclic Organization Blocks), były różne dla każdego z podprogramów. Dla podprogramu „safety” COB ma wartość 1, natomiast dla „silnik” 0

4.6.1 Program „silnik”⁵⁴

Jak wcześniej wspomniano ta część projektu odpowiedzialna jest za procedury sterowania silnika asynchronicznego, w ten sposób, aby jak najlepiej odzwierciedlał pracę rzeczywistego silnika okrętowego, przy okazji generując strumień sygnałów zwrotnych, wymaganych do prawidłowego nadzorowania za pomocą systemu AutoChief-4.

Poniżej, w dalszej części rozdziału, przedstawione zostały elementy składowe programu, zgrupowane w ten sposób, aby możliwe było wyjaśnienie ich znaczenia od strony algorytmu.

Jednym z ważniejszych zadań jest identyfikacja miejsca sterowania (Local – stanowisko przysilnikowe; Remote – CMK lub BRIDGE). Od poprawnej identyfikacji bowiem zależy wybór formy algorytmu sterowania.

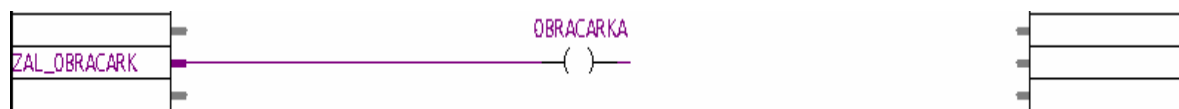


Rys. 4.14 Wybór stanowiska sterowania

Stanowisko Remote zostanie wybrane po podaniu chwilowego sygnału elektrycznego w celu uaktywnienia zaworu 25A (po wcześniejszym spełnieniu warunków przejęcia kontroli). Wówczas stan cewki LOKALNE ustawiony zostanie na „0” (LOKALNE = 0 $\Leftrightarrow$ Remote). Jednak jakakolwiek zmiana stanu sygnałów S35HB, S49HF lub S31HC (odpowiednio dźwignie 5.03, 5.07 oraz 3.12) spowoduje ponowne ustawienie cewki LOKALNE na „1” (LOKALNE = 1 $\Leftrightarrow$ Local).

Blok funkcyjny DYN (dynamize) reaguje na zbocze narastające sygnału wejściowego, generując na wyjściu krótki impuls. Eliminuje to ewentualne zakłócenia przy zmianie stanowiska sterowania.

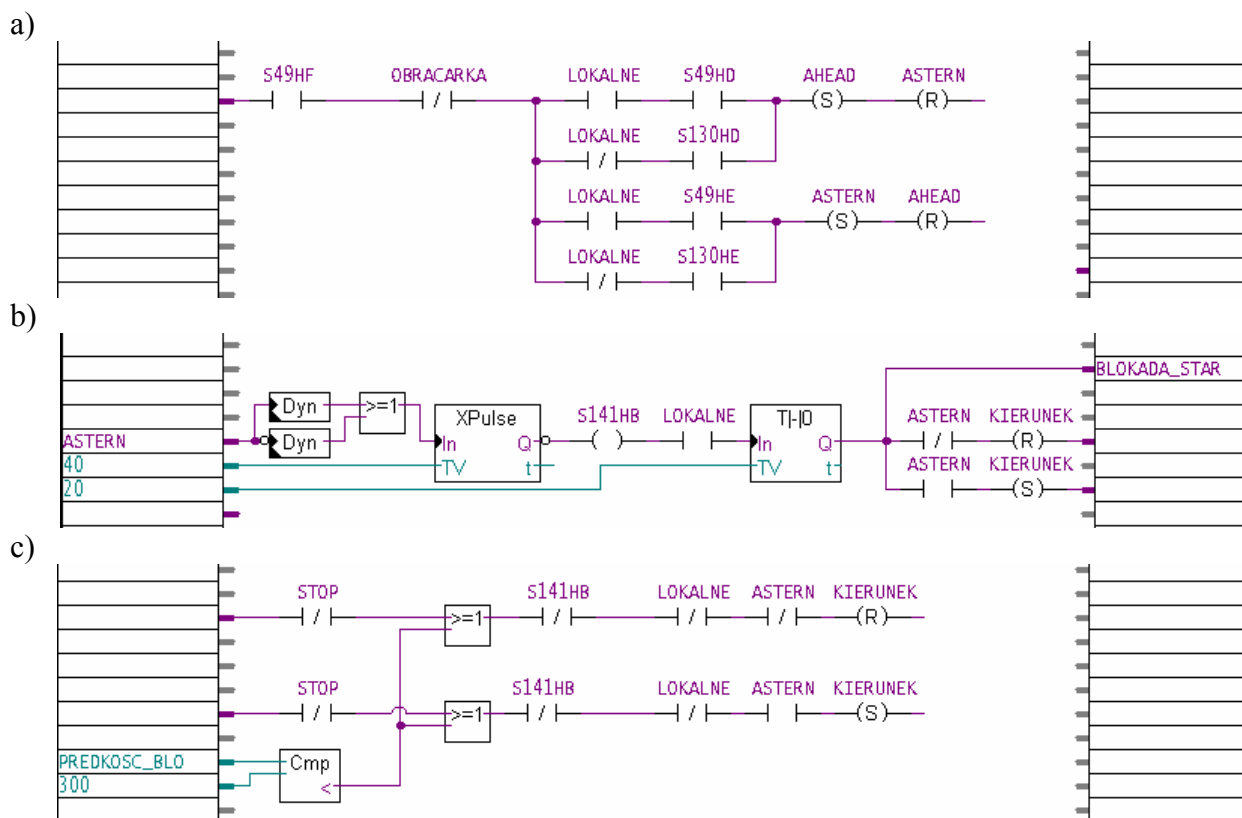
Na poniższym drabinkowym schemacie części programu przedstawiono prozaiczną, ale istotną dla przebiegu innych procesów, linię całego programu.



Rys. 4.15 Załączenie obracarki

Znacznik ZAL_OBRACARK uaktywniany jest z poziomu aplikacji wizualizacyjnej InTouch.

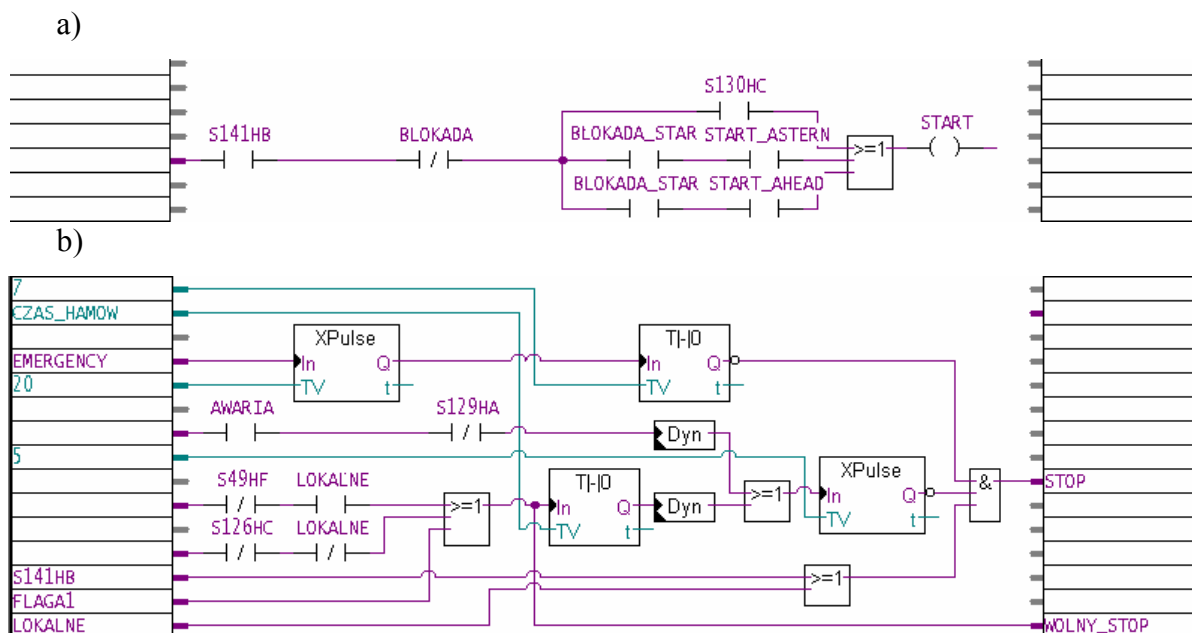
Poniższe instrukcje mają na celu dopuszczenie do ustawienia kierunku obrotów silnika.



Rys. 4.16 Procedury zmiany kierunku

⁵⁴ program ten został napisany przy współudziale studentów z Politechniki Gdańskiej, panów Łukasz Kurzyka oraz Krzysztofa Wicnabacha

Stopień skomplikowania tego schematu połączeń wynika z zastosowanej dynamiki silnika oraz specyfiki sterowania falownika. Na rysunku 4.16a pokazano procedurę „zapamiętania” rozkazu zmiany kierunku w celu jego późniejszego wykorzystania. Opóźnienie to wynika z konieczności wcześniejszego zatrzymania silnika (o ile jest w ruchu) uwzględniając inercję symulowanego układu. W przypadku sterowania zdalnego, sygnały 130HD i 130HE wysyłane są przez jednostkę Remote Control z pewnym przesunięciem czasowym w stosunku do zmiany rozkazu za pomocą telegrafu. System bowiem odczeka z decyzją przesterowania pomp paliwowych do momentu zmniejszenia przez silnik obciążenia do minimum (a więc również obrotów). Rysunki 4.16b i 4.16c prezentują dwa algorytmy zmiany kierunku wirowania silnika w zależności od przyjętego stanowiska sterowania. Pierwszy przypadek dotyczy stanowiska lokalnego, a znacznik BLOKADA_STAR uniemożliwia start silnika przed zakończeniem przesterowania teoretycznych pomp paliwowych (w okresie przesterowywania znacznik S141HB ma wartość „0”). Drugi przypadek algorytmu ma zastosowanie podczas sterowania zdalnego. Wcześniej omówiona blokada nie jest tutaj wymagana przez wzgląd na istnienie takowej w algorytmach systemu AC4. Cewka KIERUNEK jest w obydwu przypadkach podłączona za pośrednictwem karty cyfrowej do odpowiedniego wejścia sterującego falownika.

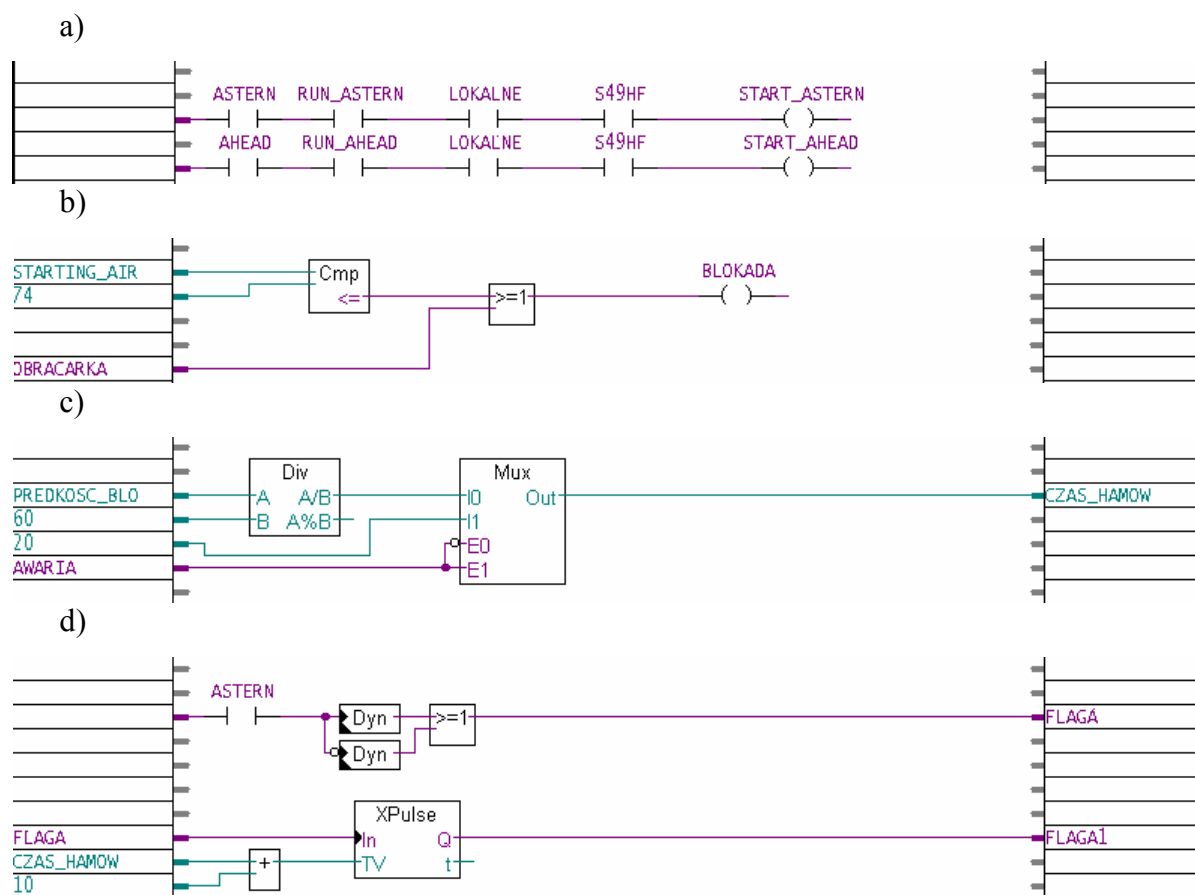


Rys. 4.17 Procedury START – STOP

Na powyższych schematach drabinkowych programu przedstawiono procedury startu i zatrzymania silnika. Z treści pierwszego rysunku (rys. 4.17a) wynika, że do startu niezbędne jest wystąpienie jednego z trzech sygnałów komend (S130HC – rozkaz startu ze stanowiska zdalnego;

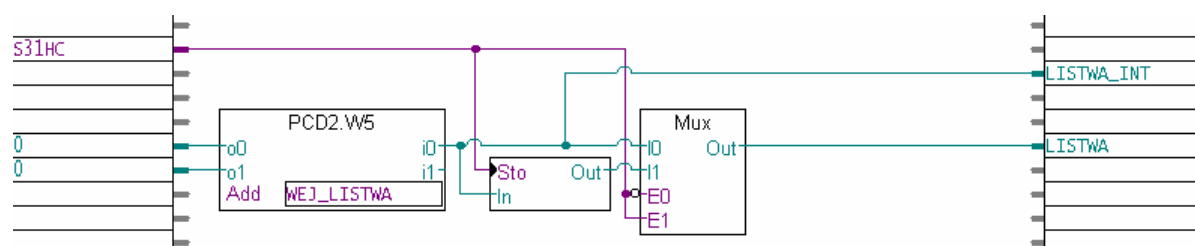
START_ASTERN, START_AHEAD – ze stanowiska lokalnego – patrz rys. 4.17b) oraz zapewnienie odbezpieczenia trzech blokad rozruchu (S141HB, BLOKADA_STAR, BLOKADA). Sygnał BLOKADA (rys. 4.18b) uniemożliwia rozruch w przypadku załączenia obracarki oraz zbyt niskiego ciśnienia powietrza startowego. Narastające zbocze sygnału START zostanie przyjęte przez falownik jako inicjujące rozruch silnika jedynie gdy na wejściu STOP listwy zacisków sterujących falownika, występował będzie wcześniej ustawiony logiczny stan wysoki. W przeciwnym wypadku rozkaz inicjalizacji zostanie zignorowany. Stąd też postać procedury wystawiania sygnału STOP (rys. 4.17b). Procedura ta ma za zadanie utrzymywanie wysokiego stanu sygnału STOP (przynajmniej podczas zamierzonych obrotów silnika lub decyzji startu) i wysłanie krótkiego impulsu na poziomie „0” z zamiarem całkowitego zatrzymania silnika⁵⁵. W celu wprowadzenia kontrolowanej dynamiki silnika, przed odłączeniem napięcia zasilającego cewki stojana należy zmniejszać, według określonego programu, prędkość silnika do minimalnych obrotów (wynikających ze specyfiki sterowania falownikiem), a dopiero po ich osiągnięciu odłączyć falownika. W opisywanym projekcie charakter hamowania silnika jest liniowy (wystarczające przybliżenie), o czasie wiele dłuższym niż hamowanie wybiegiem (wynikającym z niewielkiej inercji układu wirnika). Tą funkcję pośrednio spełnia opisana procedura stopu. W momencie bowiem rozkazu zatrzymania silnika lub zmiany jego kierunku (z dowolnego stanowiska sterowania), generowany jest sygnał WOLNY_STOP, który uruchamia odpowiednią procedurę łagodnego zatrzymywania – opisaną dalej. W tej samej chwili rozpoczyna działanie timer, opóźniający wysłanie impulsu STOP o czas CZAS_HAMOW zależny od bieżącej prędkości obrotowej silnika PREDKOSC_BLO (rys. 4.18c). W przypadku wystąpienia konieczności awaryjnego zatrzymania silnika (manualnie – przycisk Emergency Stop na wszystkich stanowiskach; automatycznie – sygnał Shutdown), procedura łagodnego zatrzymania jest omijana. Inicjuje się to sygnałem EMERGENCY.

⁵⁵ por. rys. 4.17b



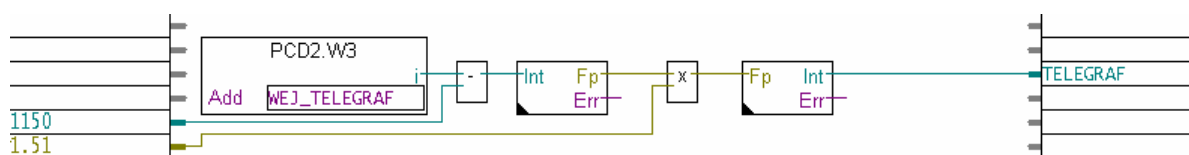
Rys. 4.18 Funkcje pomocnicze procedur START – STOP

Poniższa linia programu zapewnia zablokowanie wartości nastawy „listwy paliwowej” w momencie jej odsprężenia pneumatycznego od dźwigni 3.12⁵⁶. Informacji o tym dostarcza stan zaworu 31HC.



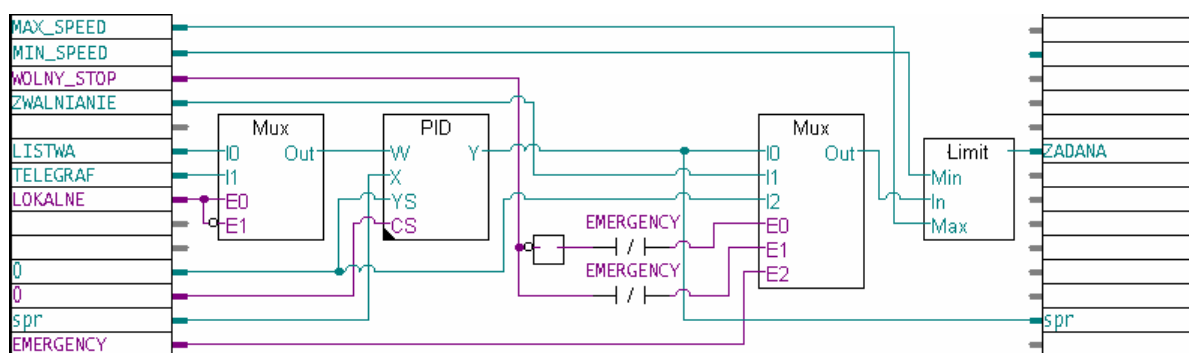
Rys. 4.19 Odczyt prędkości zadanej z dźwigni paliwowej

Sygnał analogowy z potencjometru (dźwigni) na stanowisku lokalnym (0 – 10V odczytywany z karty wejściowej PCD2.W500 za pomocą odpowiedniego bloku funkcyjnego) dociera do multiplexera oraz do elementu przechowującego. Wraz z narastającym zboczem sygnału S31HC, odczytana wartość nastawy potencjometru jest zapamiętywana i przyporządkowywana rejestrowi LISTWA do momentu ponownego wyzerowania sygnału S31HC (dosprężenia listwy z dźwignią).



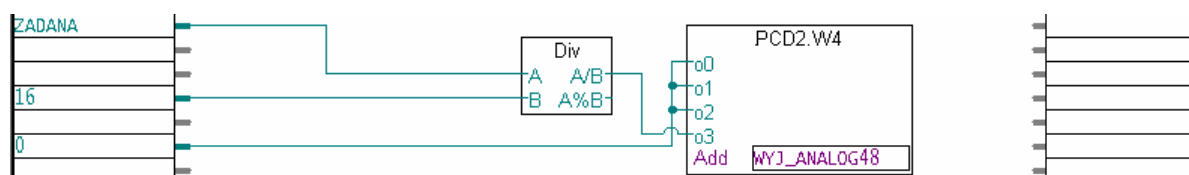
Rys. 4.20 Odczyt prędkości zadanej z telegrafu

Prędkość zadana z telegrafu na stanowiskach zdalnych (CMK, BRIDGE) podawana jest w rzeczywistych warunkach na przetwornik prąd/ciśnienie w postaci analogowej w standardzie 4 – 20mA. Wielkość ta odczytywana jest w bieżącym projekcie przez kartę PCD2.W300, wspomaganą programowo przez odpowiedni blok funkcyjny z grupy bibliotecznej Analog Module (rys. 4.20). Odczytana wartość jest przeliczana w celu skalibrowania względem żądanej do uzyskania prędkości silnika.



Rys. 4.21 Procedura przydziału wartości prędkości zadanej

Powyższy schemat przedstawia funkcje dystrybucji sygnału prędkości zadanej, w zależności od aktualnych wymagań systemu. Multiplexer umieszczony po lewej stronie rysunku służy do uaktywnienia źródła prędkości zadanej zależnie od wybranego stanowiska sterowania (sygnały analogowe LISTWA i TELEGRAF) i podania na wejście regulatora PID, kształtującego w odpowiedni sposób charakterystykę dynamiczną silnika. Natomiast drugi z multiplexerów przydziela sygnał prędkości zadanej uwarunkowany wymaganym trybem pracy (tryb pracy normalnej – wyjście regulatora PID, tryb łagodnego zatrzymania – sygnał ZWALNIANIE, tryb zatrzymania awaryjnego – szybkie przypisanie „0”). Sygnał ZADANA, ograniczony wartościami MAX_SPEED i MIN_SPEED, podawany jest na analogową kartę wyjściową (rys. 4.22).

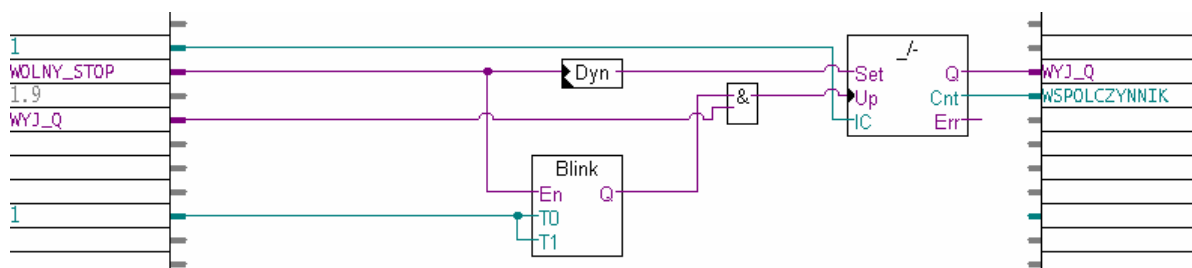


Rys. 4.22 Wyjście prędkości zadanej

⁵⁶ zob. załącznik J

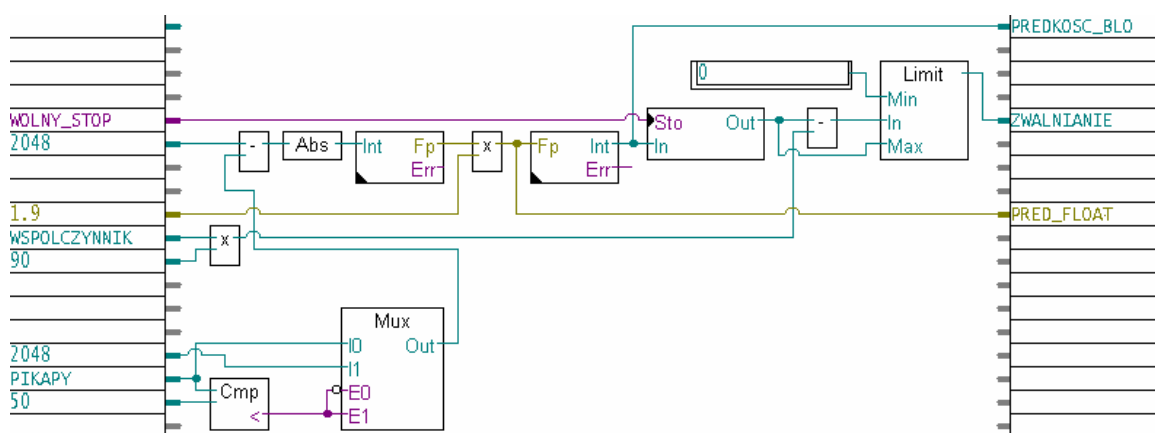
Konieczność podzielenia tej wartości przez 16 wynika z różnicy rozdzielczości konwerterów A/C i C/A analogowych modułów wejściowych i wyjściowych.

Jak już wcześniej wspomniano, do zwykłego zahamowania silnika lub zmiany jego kierunku stosowana jest procedura łagodnego zatrzymania. Opiera się ona o zasadę odejmowania od początkowej (pomierzonej w chwili wydania odpowiedniego rozkazu) wartości prędkości, liniowo narastającego przyrostu (całkowitej wielokrotności liczby 90 – WSPOLCZYNNIK*90). Sposób określania zawartości rejestru WSPOLCZYNNIK przedstawiono na rysunku 4.23.



Rys. 4.23 Sposób wyznaczania współczynnika iteracji

Sygnał WOLNY_STOP inicjuje zwiększanie stanu licznika (a więc także rejestru WSPOLCZYNNIK) o 1 z każdym narastającym zboczem impulsów taktujących, generowanych przez blok Blink. Na rysunku 4.24 pokazane jest wykorzystanie tak określonego współczynnika iteracji. Po przemnożeniu przez stałą, dobraną eksperymentalnie liczbę 90, przyrost odejmowany jest od zapamiętanej prędkości PREDKOSC_BLO i przypisywany do rejestru ZWALNIANIE. Wcześniejsze zabiegi obliczeniowe, przed „odczepem” do rejestru PREDKOSC_BLO, mają na celu określenie wartości bezwzględnej (nieistotny kierunek obrotów) z rzeczywistej prędkości pomierzonej przez czujniki indukcyjne (PIKAPY).

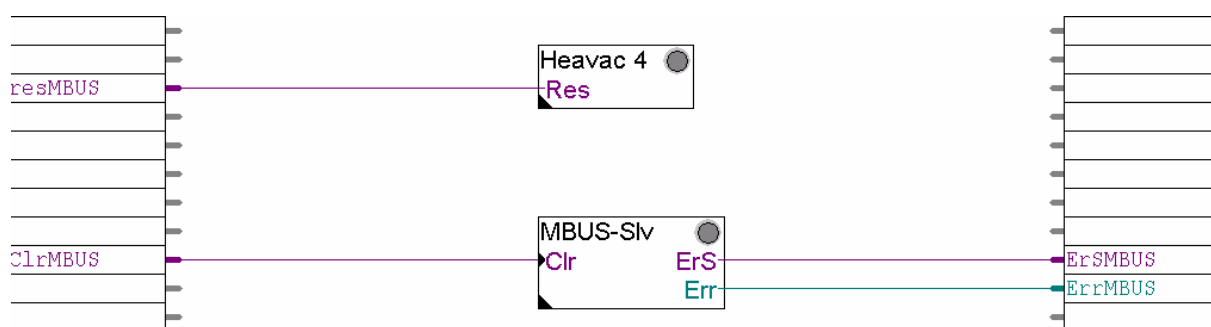


Rys. 4.24 Procedura łagodnego zwalniania

4.6.2 Program „safety”

Ta część programu ma na celu zamodelowanie uproszczonych procesów zachodzących w silniku podczas jego pracy lub w przypadku jego odstawienia. Zamodelowane sygnały zostały przedstawione w programie wizualizacyjnym InTouch oraz część z nich na rzeczywistych indykatorach znajdujących się w pulpicie sterowniczym w CMK⁵⁷. Istotne sygnały zostały przedstawione za pomocą trendów w programie wizualizacyjnym.

Poniżej przedstawione zostały elementy składowe programu „safety”. Program został podzielony na części w taki sposób, aby przystępnie przedstawić działanie poszczególnych algorytmów.



Rys. 4.25 Moduły komunikacyjne InToucha ze sterownikiem

W celu przedstawienia na ekranie komputera zmian występujących w sterowniku zastosowano komunikację, za pomocą protokołu RTU, pomiędzy sterownikiem a programem wizualizacyjnym InTouch. Szczegóły komunikacji zostały opisane szerzej w rozdziale 3.5.

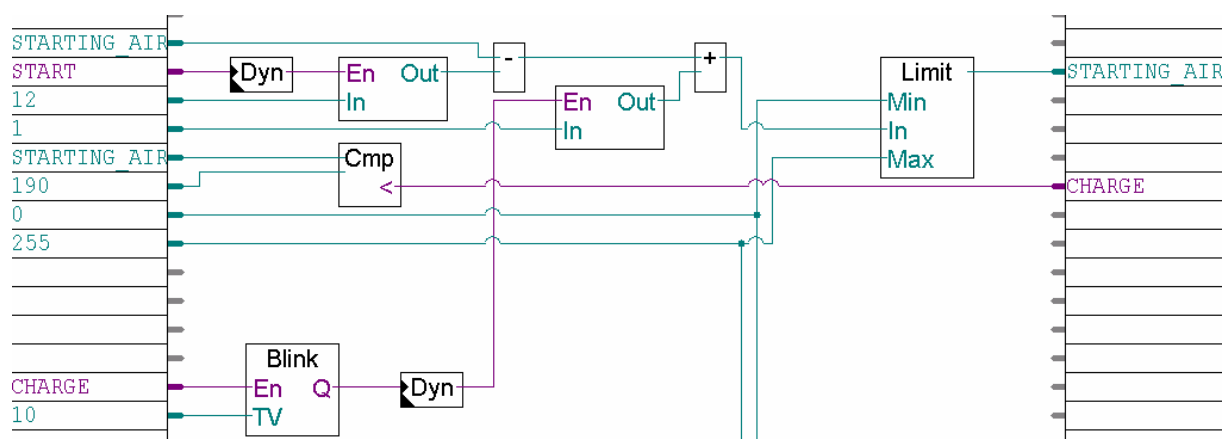
Blok Heavac 4 to element standardowej rodziny bibliotecznej programu PG4 o nazwie HVC-Init 20.70, nie wymagający dodatkowej konfiguracji. Natomiast blok MBUS-Slv jest elementem biblioteki Modbus 1.20 doinstalowanej do pakietu PG4 (nie będącej jego standardowym członem). Parametry tego bloku muszą być skonfigurowane identycznie jak parametry serwera Modbus (rys. 4.26)

⁵⁷ zob. zdjęcie nr 2 w załączniku H

Parameter	Value
Station number	1
Serial channel	Channel 1
Hardware type	RS 232
Transmission speed	9600 bps
Bits number	8 bits
Parity bit	None
Stop bits	1 stop bit
Protocol	RTU
Floating-point	No Fp
Timeout (synchro)	1,0
Max stations (synchro)	4
Load on the CPU	Medium
Address offset	1 (Modicon)
Function	
Base address	
File address	
Number of elements	
Request received	0
Last error	
Error counter	

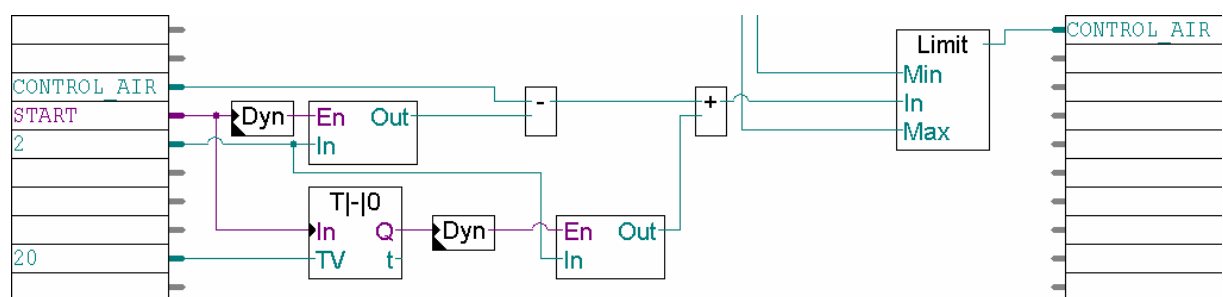
Rys. 4.26 Konfiguracja bloku MBUS-Slv

Pierwszy parametr (Station number) określa unikalny numer identyfikacyjny sterownika – istotny w przypadku połączenia kilku sterowników w sieć. Parametr Serial channel definiuje numer portu szeregowego, który będzie wykorzystany do komunikacji z aplikacją InTouch (port Channel 0 używany jest do przesyłania kodu programu z programatora do sterownika). W oknie edycyjnym Hardware type określa się rodzaj wykorzystanego interfejsu, natomiast w kolejnych siedmiu definiuje się parametry transmisji. Dla poprawności odczytu należy również określić rodzaj adresowania (Address offset). W oknie tym możliwe do wyboru są dwie opcje – 0 (SAIA) lub 1 (Modicon). Wybierając opcję Modicon adresy zmiennych InTouch pokrywają się całkowicie z adresami w sterowniku programowalnym, natomiast w opcji SAIA numery adresów przesunięte są o 1 (np. zmienna InTouch 0001 odpowiada zmiennej sterownika 0000).



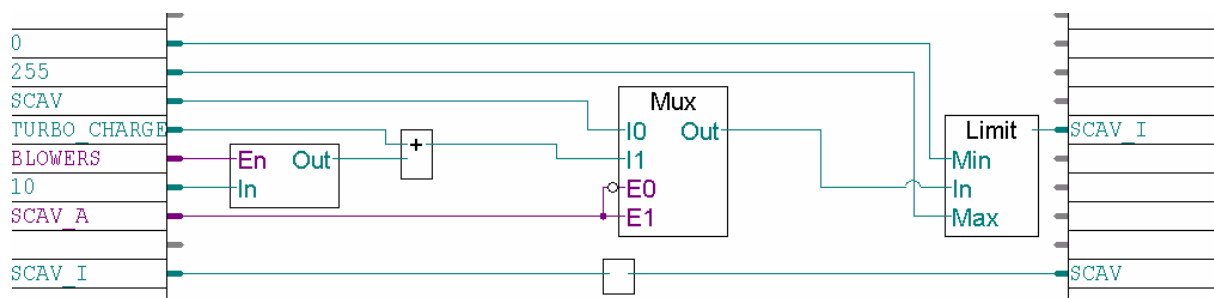
Rys. 4.27 Procedura doładowania powietrza rozruchowego

Powyżej przedstawiono fragment programu odpowiadający za symulację pracy sprężarki doładującej powietrze rozruchowe. W przypadku gdy ciśnienie powietrza startowego będzie poniżej 190 (3 MPa) następuje załączenie sprężarki, czyli zmienna dyskretna CHARGE przyjmuje stan wysoki. Rozpoczyna się proces doładowywania powietrza. Na generator impulsów jest podawany sygnał CHARGE, a ten poprzez blok DYNAMIZE podaje sygnał dyskretny na blok *Move when enabled*. Po pojawieniu się stanu wysokiego na wejściu *En* tego bloku następuje przepisanie sygnału analogowego o wartości 1 na sumator. Na wyjściu sumatora znajduje się ograniczenie wartości sygnału w zakresie 0 – 255 ze względu na ośmiobitową rozdzielczość karty wyjściowej. Zainicjowanie procesu rozruchu silnika START powoduje spadek ciśnienia w instalacji powietrza rozruchowego, co realizowane jest przez blok *Move when enabled*. Wysoki stan na tym bloku powoduje pomniejszenie o 12 aktualnej wartości STARTING_AIR. W programie nie uwzględniono pętli histerezy zadziałania presostatów sterujących pracą sprężarki.



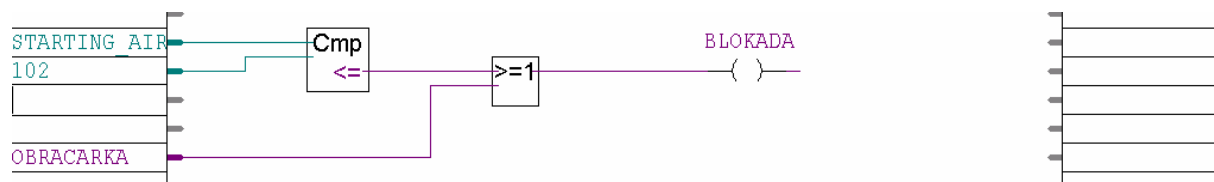
Rys. 4.28 Spadek ciśnienia powietrza sterującego

Przedstawiona część programu realizuje chwilowy spadek ciśnienia powietrza sterującego w instalacji. Zainicjowanie tego procesu jest zapoczątkowane w momencie rozruchu silnika, czyli gdy START przyjmuje wartość wysoką. Algorytm programu jest podobny do doładowania powietrza.



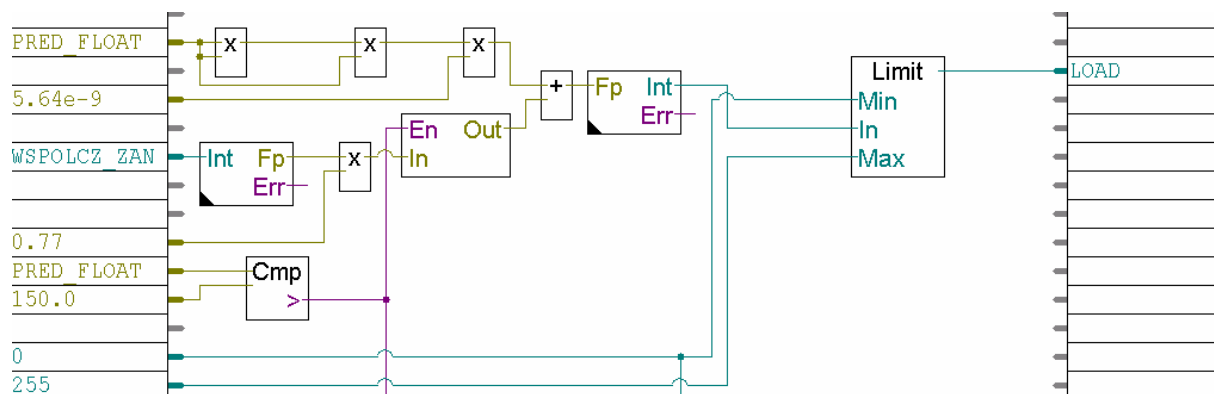
Rys. 4.29 Zmiany ciśnienia powietrza przepływającego

Powietrze przepływające jest zwiększane o 10 (0,1Bar) w przypadku załączenia dmuchawy pomocniczej. Blok *Mux* oraz *Limit* zastosowano, aby umożliwić wybór trybu pracy AUTO / MANUAL w programie wizualizacyjnym.



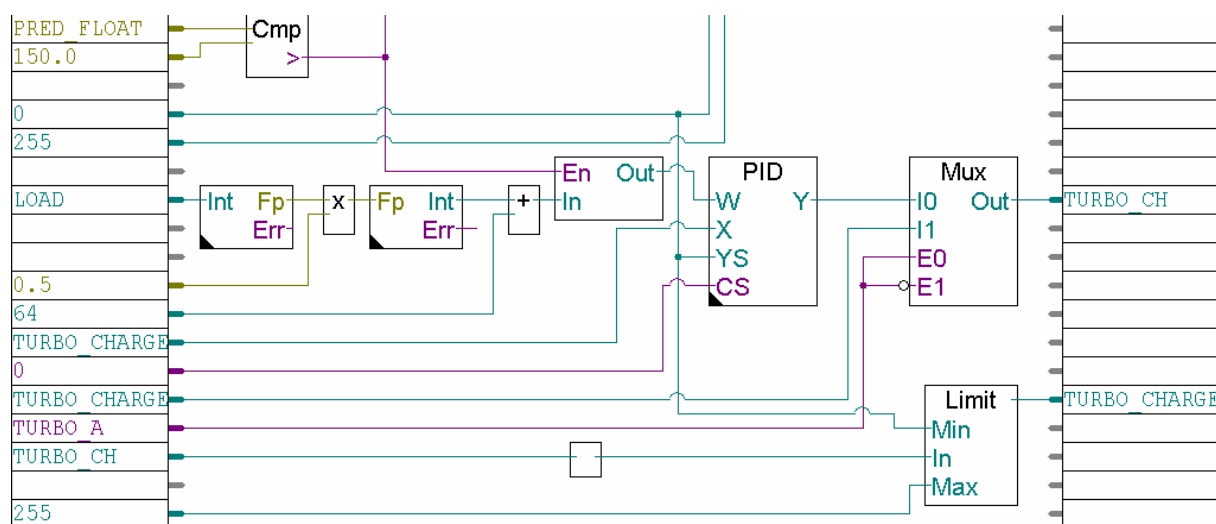
Rys. 4.30 Blokada rozruchu

Blokada rozruchu silnika następuje w przypadku zbyt niskiego ciśnienia (1,6 MPa) powietrza rozruchowego lub załączonej obracarki.



Rys. 4.31 Funkcja zmiany obciążenia

Zmiana obciążenia jest funkcją prędkości oraz współczynnika zanurzenia. Prędkość obrotowa w postaci zmiennoprzecinkowej jest podniesiona do trzeciej potęgi. Wartość ta jest sumowana wraz ze współczynnikiem zanurzenia, który również jest w postaci zmiennoprzecinkowej. Suma obu zmiennych jest zamieniana na liczbę całkowitą i poprzez blok ograniczenia *Limit* podana na *LOAD* (współczynnik obciążenia).



Rys. 4.32 Zmiana prędkości obrotowej turbodmuchawy

Prędkość obrotowa turbodmuchawy jest funkcją obciążenia silnika, gdyż ilość spalin zwiększa się ze wzrostem obciążenia. W celu zamodelowania inercji mas wirujących zastosowano regulator PID. Nastawy regulatora dobrano w sposób empiryczny i wynoszą one:

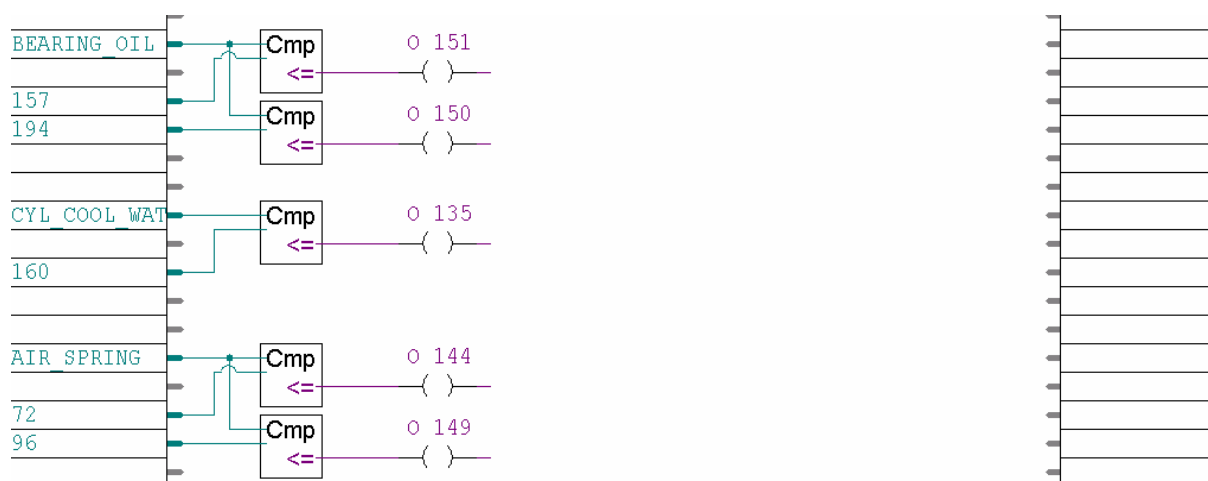
Factor P 100

Factor I 6

Factor D 0

Sampling rate [s] 0,1

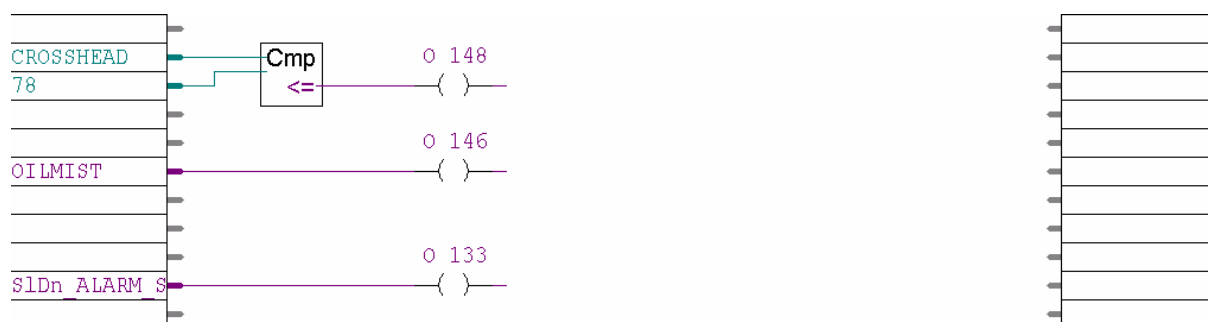
Za pomocą Muitepleksera zrealizowano wybór trybu AUTO/MANUAL.



Rys. 4.33 Sygnały powodujące SHUT DOWN silnika głównego

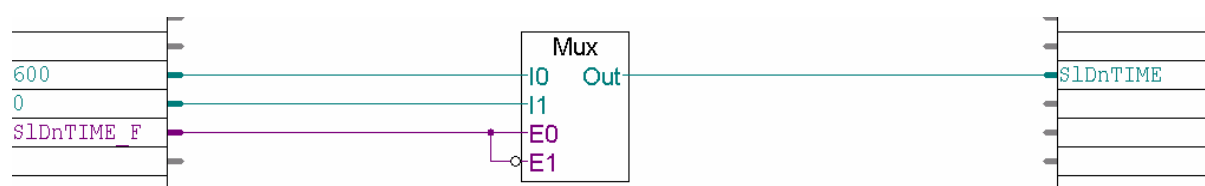
Bloki komparatorów umożliwiają porównanie aktualnych wartości analogowych odpowiednich sygnałów z wartościami progowymi. Przekroczenie tych wartości powoduje przekazanie sygnałów do systemu

bezpieczeństwa. Zadziałanie sygnalizacji można zaobserwować w pulpicie Auto Chiefa. Przekroczenie wartości krytycznych powoduje zatrzymanie silnika.



Rys. 4.34 Sygnały powodujące SLOW DOWN silnika głównego

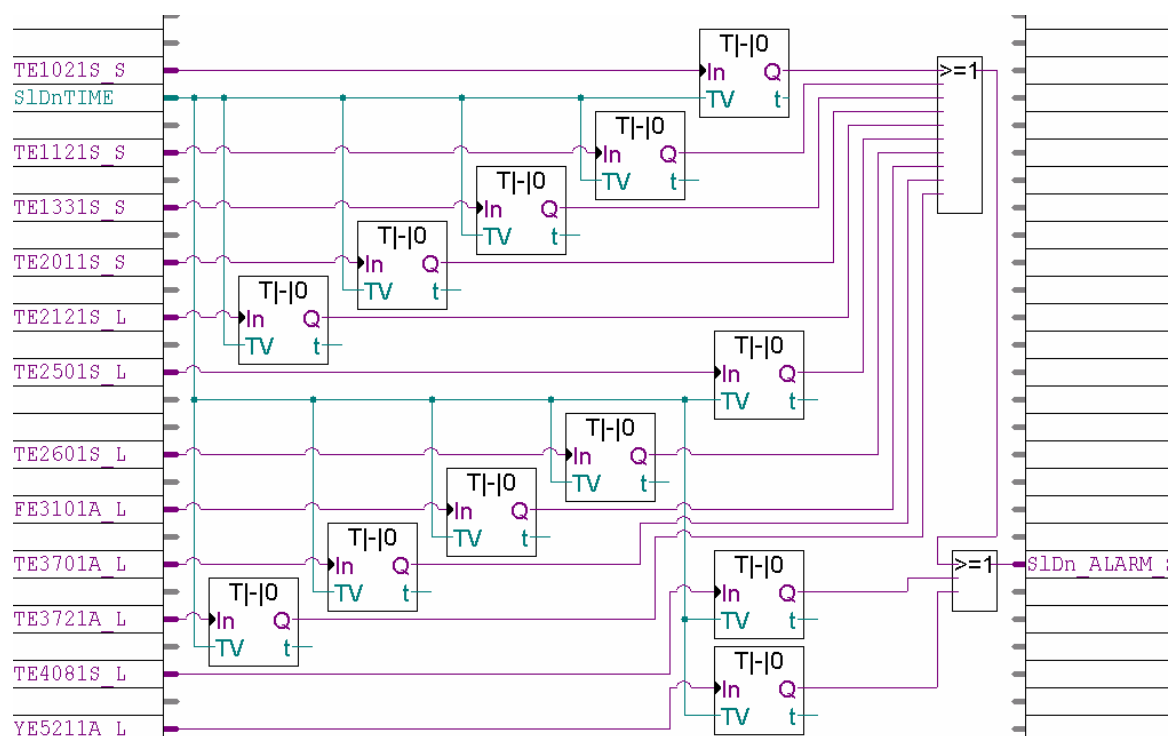
Sygnał analogowy CROSSHEAD jest porównywany z wartością progową 78 (0,9[MPa]) poprzez blok komparatora. Uaktywniona cewka O 148 przekazuje sygnał do systemu bezpieczeństwa. OILMIST zadawany z InToucha podobnie jak powyższy sygnał przekazywany jest do systemu bezpieczeństwa. Identyfikacyjnie działa sygnał grupowy SLDn_ALARM_S, który jest wynikiem symulacji alarmów systemu alarmowego. Sygnały te są przedstawione na rys. 4.36



Rys. 4.35 Wybór opóźnienia

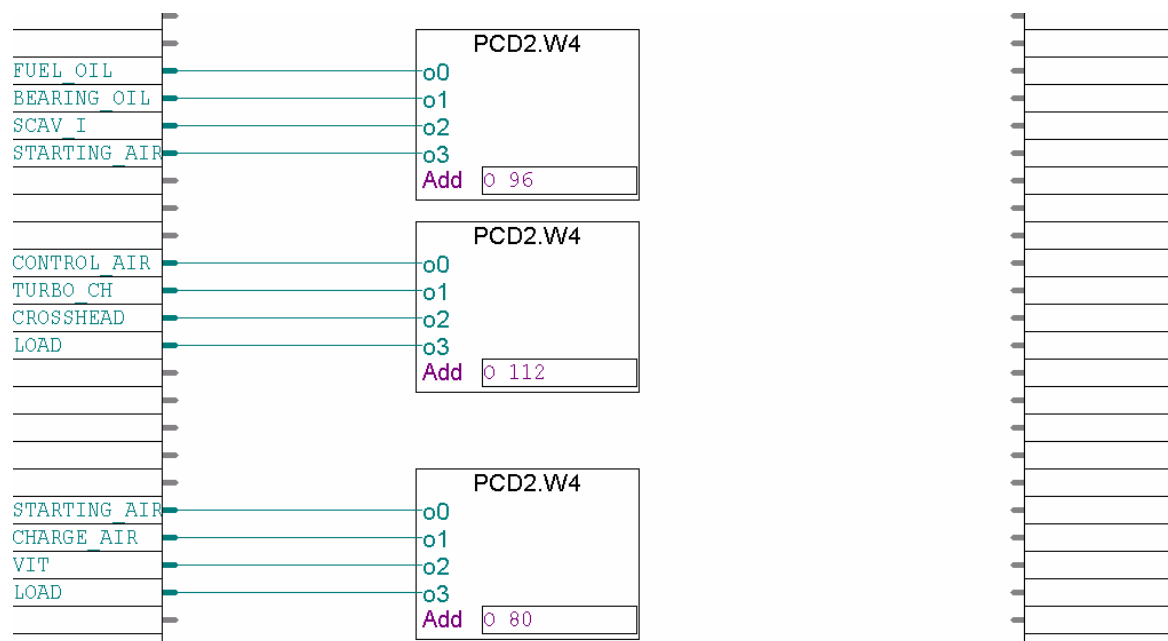
Ze względu na dydaktyczny charakter pracy wprowadzono możliwość zlikwidowania sześćdziesięciosekundowego opóźnienia w przekazaniu sygnału z systemu alarmowego do systemu bezpieczeństwa (Slow Down from Alarm System – op. code 20 pulpitu SSU⁵⁸ w CMK).

⁵⁸ zob. rys. 2.6



Rys. 4.36 Zespół sygnałów alarmowych uruchamiających Slow Down from Alarm System

Wszystkie sygnały wejściowe (z lewej) oznaczone kolorem fioletowym mają możliwość uruchomienia w systemie bezpieczeństwa Slow Down from Alarm System, co prowadzi do zmniejszenia obciążenia silnika głównego.



Rys. 4.37 Moduły wyjść analogowych

Bloki PCD2.W4 służą do wysłania na sterownik sygnałów analogowych o rozdzielczości ośmiobitowej. Sygnały te są zasymulowane w programie wizualizacyjnym InTouch. Numery początkowe adresów: 80, 96 oraz 112.

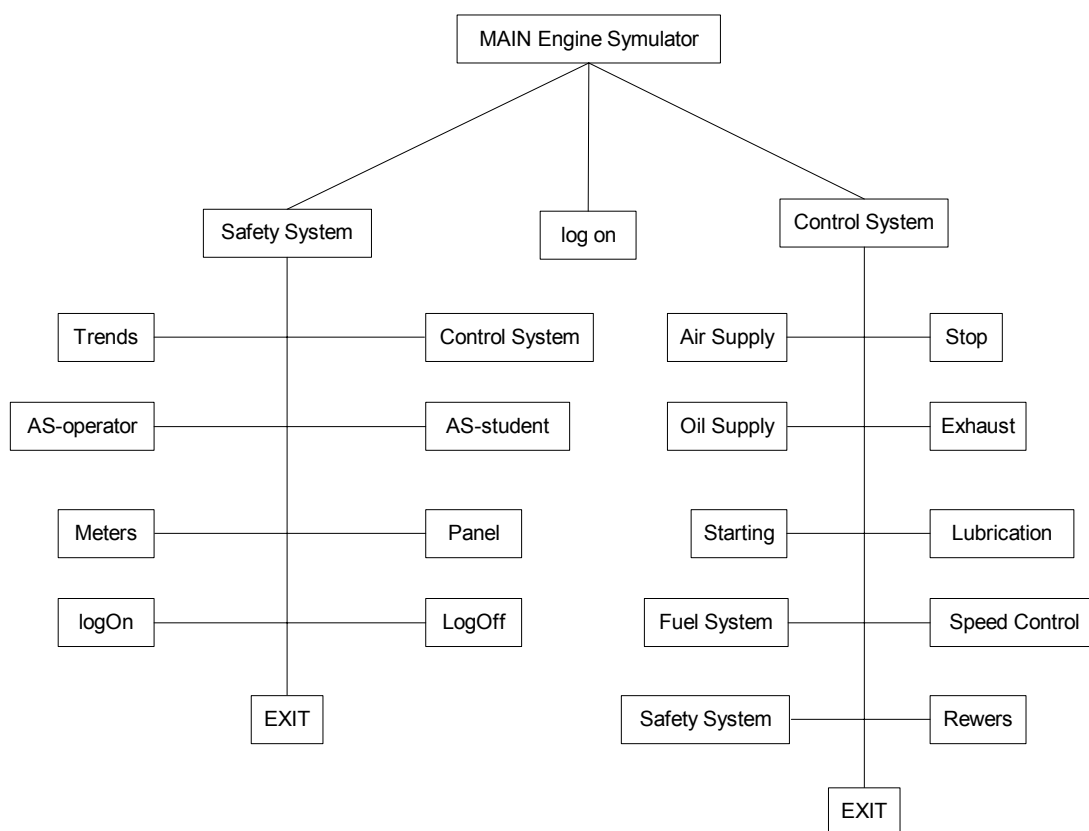
4.7 Opis zrealizowanej aplikacji wizualizacyjnej

W celu zobrazowania ogółu procesów zachodzących podczas symulacji, uznaną jako niezbędne dla kompletności projektu, zastosowanie aplikacji wizualizacyjnej będącej w pakiecie InTouch. Jak wcześniej wspomniano, podczas wyboru oprogramowania, projektanci kierowali się powszechnością dostępu na rynku oraz stosunkowo dobrą znajomością pakietu. Również duży zakres funkcji oferowanych przez program wpłynął w znacznym stopniu na fakt jego zastosowania.

4.7.1 Opis interfejsu graficznego symulacji

Ze względu na ściśle dydaktyczny charakter pracy, aplikacja wizualizacyjna zaprojektowana została tak aby przejrzystość ukazać działanie poddanych symulacji elementów. Dlatego też podzielono ją na dwie części.

W celu ułatwienia pracy z systemem opracowano system MENU umieszczonego u dołu aplikacji, pozwalającego na uruchomienie poszczególnych okien i funkcji.



Rys. 4.38 Interfejs nawigacyjny

a) *Safety System*, przedstawiono tutaj wizualizację wartości monitorowanych, sygnałów analogowych z uwzględnieniem ich poziomów alarmowych oraz zamodelowano interakcje, z oknem *Control System*. Dostępna jest również opcja wglądu za pomocą trendu bieżącego, dzięki któremu możliwe jest prześledzenie kolejności i charakteru działania poszczególnych sygnałów w dziedzinie czasu. Dodatkowym elementem dydaktycznym jest fakt zachowania symboliki zgodnej ze stosowaną w dokumentacji stoczniowej silnika 7RTA62U.

W aplikacji zamieszczono także panel operatorski, dostępny jedynie osobom uprawnionym po podaniu odpowiedniego kodu (np. prowadzący zajęcia), umożliwiający zadawanie wartości wielkości analogowych mających wpływ na działanie systemu, ustawianie pewnych stanów początkowych symulacji, stanów awaryjnych itp.

Poniżej wymieniono poszczególne okna, które mogą zostać wyświetlone z poziomu *Safety System*:

- *Trends* – okno przedstawiające trendy parametrów analogowych i dyskretnych, wybranych z listy przez operatora,
- *Alarm System - operator* – okno dostępne po zalogowaniu się. Zasymulować można tu zadajnikami niektóre spośród sygnałów wchodzących do systemu alarmowego, a następnie do systemu bezpieczeństwa powodując przy przekroczeniu odpowiednich wartości zdjęcie obciążenia z SG (Slow Down from Alarm System),
- *Alarm System - indicators* – podobnie jak w poprzednim oknie widoczne są tu te same parametry, lecz bez możliwości ich zmiany (tylko indykatory),
- *Meters* – mierniki, ich fizyczne odwzorowanie znajduje się w pulpicie CMK,
- *Panel* – okno dostępne po zalogowaniu się. Wszystkie przedstawione w tym oknie zadajniki powiązane są ze wskaźnikami umieszczonymi w rzeczywistym pulpicie operatora w CMK, których zmiany mogą spowodować załączenie się sygnału: Alarm, Slow Down, Shut Down. W prawym dolnym rogu znajduje się również przycisk *Recipes*⁵⁹ zawierający przykładowe receptury (np. *default*, *minimal preferences*),
- *LogOn* oraz *LogOff* – możliwość zalogowania się (po podaniu właściwej nazwy operatora i hasła) uzyskując dostęp do okna *Alarm System - operator* oraz *Panel* oraz wylogowania się (*LogOff*),
- *EXIT* – wyjście do okna tytułowego, które widoczne jest także po wejściu do programu. Zakończenie pracy programu następuje po kliknięciu: *File*, a następnie *Exit*,

⁵⁹ receptury oraz ich konfiguracja zostały szerzej omówione w rozdziale 5.2

- wskaźnik *Communication Status*.

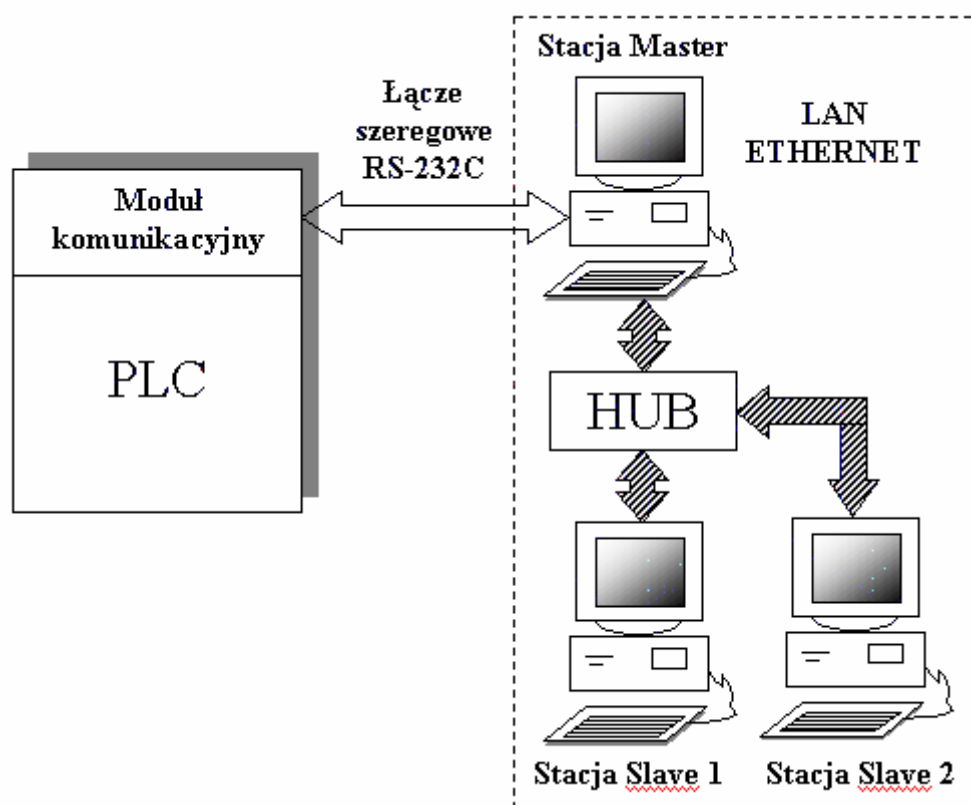
b) W menu *Control System* przedstawiono schematy mnemotechniczne symulowanych systemów podobnie jak w opisywanej wcześniej normie DENIS-1. Rozwinięta opcja przemieszczania się pomiędzy oknami schematów oraz zgrupowanie elementów pod względem funkcjonalnym, ułatwia zrozumienie podstawowych sekwencji działań w pneumatycznych i hydraulicznych blokach logiki sterującej silnika. Procedury wyświetlania wartości liczbowej parametrów, ich poziomów alarmowych itd., ograniczone zostały (w tej jednostce) jedynie do niezbędnych, aby nie komplikować i nie zaciemniać obrazu schematów. Poniżej opisano poszczególne okna, które mogą zostać wyświetlone z poziomu *Control System*⁶⁰.

- *Safety System*- tym przyciskiem można przejść do menu głównego *Safety System*,
- *Air Supply* – ukazuje układ pneumatyczny zasilany z dwóch butli sprężonego powietrza o ciśnieniu 30 bar oraz niezależnego systemu zasilania o ciśnieniu 8 bar,
- *Oil Supply* – przedstawia fragment instalacji olejowej zasilającej silnik,
- *Starting* – okno przedstawia działanie układu rozruchowego silnika głównego,
- *Speed Ctrl.* – demonstruje działanie i przedstawia zadane wartości ważniejszych parametrów w instalacji odpowiadającej za zadawanie oraz regulację prędkości obrotowej silnika głównego,
- *Revers* – przedstawia fragment instalacji odpowiadającej za przesterowanie silnika,
- *Stop* – część instalacji odpowiadającej za zatrzymanie silnika,
- *Exhaust / Air Spring* – działanie zaworu wydechowego (instalacja olejowa i sprężyna powietrzna),
- *Lubrication* – najważniejsze elementy instalacji smarowania silnika,
- *Fuel System* – instalacja paliwowa zasilająca silnik,
- *EXIT* – przycisk powodujący przejście do okna tytułowego,
- wskaźnik *Communication Status*.

⁶⁰ Opisane okna zostały stworzone w głównej mierze przez studentów z Politechniki Gdańskiej, pana Łukasz Kurzyka oraz Krzysztofa Wicenbacha.

4.8 Struktura sieci

Całości projektu dopełnia odpowiednia konfiguracja systemu połączenia sterownika programowalnego z komputerem nadrzędnym, a tego z kolei ze stacjami operatorskimi. Najistotniejsze, patrząc od strony funkcjonalności systemu, jest połączenie PLC z komputerem, na którym aktywna jest nadrzędna aplikacja wizualizacyjna stanowiąca źródło informacji dla podrzędnych stacji operatorskich o procesach zachodzących w sterowniku.

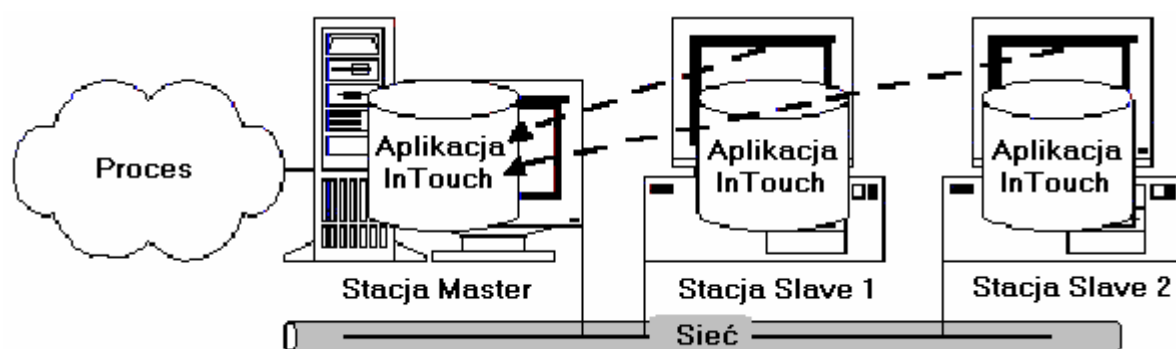


Rys. 4.39 Struktura sieci

W mikrokomputerach z rodziny IBM PC powszechnie stosowane jest stosunkowo tanie i nieskomplikowane w realizacji łącze w standardzie RS-232C, będące pod kontrolą systemu operacyjnego poprzez urządzenia logiczne COM1 oraz COM2. Od strony sterownika zapewniona została całkowita zgodność standardu (choć możliwe jest również zastosowanie modułu obsługującego standard RS-485 chcąc połączyć większą ilość sterowników w sieć). Aby jednak komunikacja po złączu szeregowym mogła dojść do skutku, jej przebieg musi być kontrolowany przez odpowiedni protokół, a więc program, który w specyficzny sposób (wynikający z osobliwości protokołu) ustala parametry transmisji. Główne parametry, wpisywane do rejestru parametrów transmisji, to długość słowa, ilość bitów stopu, określenie parzystości itp. W bieżącym projekcie wykorzystano protokół

Modbus⁶¹, którego nieskomplikowana konfiguracja umożliwia komunikację pomiędzy sterownikiem SAIA, a aplikacją wizualizacyjną stworzoną w pakiecie InTouch. Program Modbus bowiem stanowi jednocześnie serwer danych dla wspomnianych aplikacji na stacji nadrzędnej (tylko tutaj uruchomiony) i stacjach operatorskich. Dla poprawności przesyłu protokół transmisji musi być również kontrolowany „od strony” sterownika. Konfiguracja bloków została opisana w rozdziale 4.6.2.

Dystrybucja danych pomiędzy stacjami odbywa się za pośrednictwem lokalnej sieci (ang. *Local Area Network – LAN*), o strukturze gwiazdowej. Poprawność transmisji, odbywającej się w protokole TCP/IP, kontroluje, umieszczony w centrum struktury, kontroler HUB. Teoretycznie, rozpatrując sieć jako odrębną część, komputery wchodzące w jej skład mają jednakowy priorytet dostępu do zasobów danych. Jednak z powodu umieszczenia na jednym z komputerów programu Modbus (serwera danych), jest on traktowany jako jednostka nadrzędna (stacja Master) w stosunku do pozostałych dwóch (stacja Slave 1 i 2).



Rys. 4.40 Organizacja dostępu do danych aplikacji InTouch

⁶¹ szerzej rozdział 3.5

5 Badanie i testowanie zamodelowanego silnika

Aplikacja rozpoczyna swoje działanie od ukazania się okna tytułowego⁶², dzięki któremu mamy możliwość wyboru (oczywiście nie wiążącego do końca działania aplikacji) jednostki funkcjonalnej (*Safety System* lub *Control System*) oraz wstępnego zalogowania użytkownika.

Po wybraniu jednostki *Safety System* ukazane zostanie okno operacyjne *Safety System Menu*.

Okno operacyjne widoczne jest przez cały czas działania wybranej opcji (*Safety System* / *Control System*). Umieszczone są tu przyciski, dzięki którym w łatwy sposób możliwa jest zmiana okna, przycisk zmiany jednostki (w tym wypadku na *Control System*), sygnalizator transmisji między aplikacją, a sterownikiem oraz przycisk *EXIT* powodujący przejście do okna tytułowego (niestety zamknięcie aplikacji jest możliwe jedynie przez przyciśnięcie kombinacji klawiszy ALT + F4 na klawiaturze konkretnej stacji operatorskiej). Do uruchomienia tego pulpitu niezbędne jest posiadanie wyższych uprawnień (zalogowania się jako prowadzący ćwiczenia), w przeciwnym wypadku przycisk uruchamiający jest nieaktywny. Sytuacja nieaktywności pulpitu występować będzie zazwyczaj na podrzędnych stacjach operatorskich (stanowiskach osób wykonujących ćwiczenie). Nie jest wówczas możliwa jakakolwiek ingerencja w parametry symulacji. Nieprzerwanie aktywne są natomiast okna mierników wyświetlających wartości parametrów analogowych łącznie z sygnalizacją poziomów alarmowych oraz okno trendów bieżących. Za pomocą okna trendów umożliwiające jest monitorowanie przebiegu czterech sygnałów analogowych i czterech sygnałów dyskretnych jednocześnie, co daje duże korzyści w momencie obserwowania wpływu określonych elementów na przebieg procesu.

Po wybraniu jednostki *Control System* ukazane zostanie okno operacyjne *Control System Menu* na dole ekranu oraz pierwsze z okien prezentacyjnych – *Air Supply*.

W oknie prezentacyjnym *Air Supply* zamieszczono schemat mnemotechniczny systemu zasilania silnika w powietrze. Poszczególne podinstalacje tego systemu zaznaczone zostały różnymi kolorami (zależnie od ciśnienia i przeznaczenia źródła), których systematyka jest wspólna dla reszty okien. Przykładowo, jeśli użyto koloru jasnozielonego to w odpowiednich oknach oznaczać to będzie podinstalację powietrza sterującego o ciśnieniu 8 barów. Podobnie sytuacja wygląda w oknie *Oil Supply*, prezentującym system zasilania w olej smarujący.

Okno Starting ukazuje procesy zachodzące w silniku w momencie wydania komendy startu. Obecność powietrza o określonym ciśnieniu jest sygnalizowana wypełnieniem „wnętrza” rury lub symbolu zaworu. Odpowiednio okno *Revers* przedstawia procedury przesterowywania pomp pali-

⁶² zob. załącznik G

wowych w celu zmiany kierunku obrotów silnika; okno *Speed Control* sposoby sterowania regulatora Woodward PGA200 w zależności od przyjętego stanowiska sterowania; okno *Stop* - procedury związane ze zwykłym i awaryjnym zatrzymaniem silnika; okno *Exhaust* – sterowanie zaworem wydechowym; okno *Lubrication* – procesy smarowania tulei cylindrowych oraz pomp paliwowych; okno *Fuel System* ukazuje instalację paliwową, a więc procesy wtrysku paliwa do cylindrów.

Zapoznanie się ze strukturą instalacji, wpływu poszczególnych sygnałów na przebieg procesów, ułatwia w znacznym stopniu opcja zaawansowanego przemieszczania się pomiędzy oknami. Z wiadomych przyczyn umieszczenie schematu mnemotechnicznego wszystkich instalacji silnika w jednym oknie prezentacyjnym byłoby niemożliwe. Dlatego wloty lub wyloty rur instalacji umieszczone na skraju niemal każdego okna zaopatrzone zostały w przyciski odwoławcze w postaci strzałek, których kierunek jest jednocześnie oznaczeniem kierunku działania medium. Po naciśnięciu strzałki aplikacja otwiera okno prezentacyjne, w którym zawarty jest element kontynuacji wybranej instalacji. Dokładne miejsce połączenia sygnalizowane jest migającą (przez 10 sekund) strzałką informacyjną. Ze względu na dużą ilość odwołań w instalacjach zasilających (*Air Supply*, *Oil Supply*), w oknach tych przyciski odwoławcze nie zostały zainstalowane.

5.1 Wymiana danych InTouch – sterownik

Program InTouch umożliwia obróbkę dwóch typów zmiennych. Pierwsze z nich to zmienne⁶³ I/O (wejście/wyjście), które są realnym odzwierciedleniem stanu procesu lub mają wpływ na jego przebieg. Drugi typ zmiennych to zmienne typu Memory (wewnętrzne), na podstawie których dokonywane są obliczenia i od których zależą połączenia animacyjne elementów okien prezentacyjnych. Zmienne tego typu są dostępne jedynie w obrębie aplikacji wizualizacyjnej jednego stanowiska.

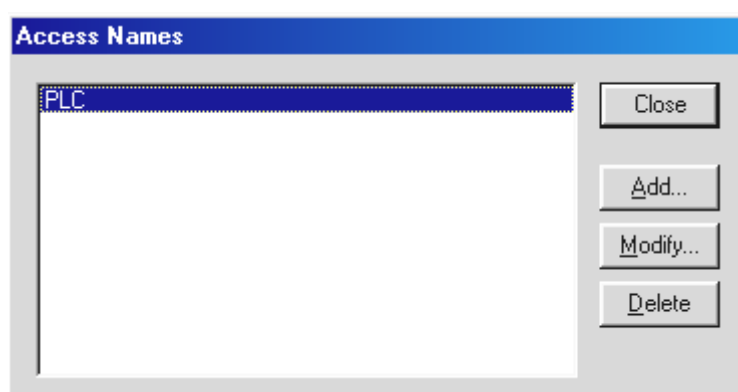
Wszystkie informacje ze sterownika do aplikacji wizualizacyjnej (zmienne typu I/O) docierają za pośrednictwem serwera danych. Transmisja danych⁶⁴ odbywająca się po złączu szeregowym (RS-232) musi być kontrolowana przez odpowiedni protokół. W związku z tym dane przesyłane są w postaci, w pewien sposób, zakodowanej. Funkcję dekodera spełnia w tym przypadku wspomniany program – serwer o nazwie Modbus⁶⁵. Podczas deklaracji zmiennych typu I/O program InTouch

⁶³ zob. załącznik E

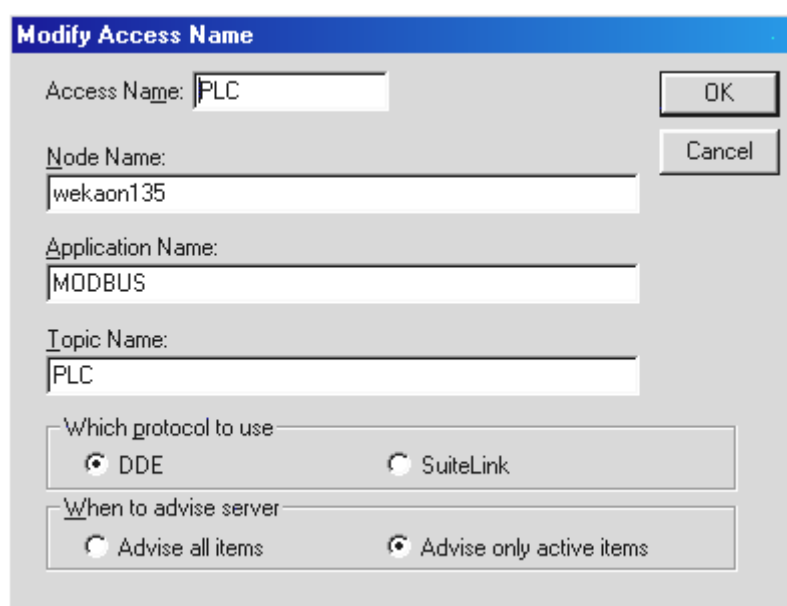
⁶⁴ zob. załącznik B

⁶⁵ szerzej omówiony w rozdziale 3.5

żąda podania tzw. nazwy dostępu, która określa grupę danych – miejsce przechowywania przez serwer informacji o określonej danej.



Rys. 5.1 Podanie tytułu nazwy dostępu



Rys. 5.2 Deklaracja nazwy dostępu

W oknie przedstawionym na rys. 5.1, użytkownik ma możliwość zadeklarować postać nazwy dostępu – strumienia danych. W okienku edycyjnym, umieszczonym na górze, zawarto łańcuch znaków odpowiadający tytułowi nazwy dostępu – wiążący przy deklaracji zmiennych I/O⁶⁶. W okienku edycyjnym (rys. 5.2) podano nazwę komputera gdzie zadeklarowany i uruchomiony jest serwer danych *Wekaon135* (nazwę tą wprowadza się opcjonalnie, gdy aplikacja uruchomiona jest w sieci – w przypadku opisywanego projektu jest to nazwa komputera nadrzędnego). Jeszcze niżej wprowadzono nazwę programu zarządzającego zasobami danych – serwera. Nazwa tematu *PLC*, dla ułatwienia, jest tożsama z tytułem nazwy dostępu. Wybór protokołu wewnętrznego programu

⁶⁶ zob. rys. 5.3

InTouch oraz sposobu dopytywania serwera należy ustawić tak, jak widoczne jest to na rysunku 5.3.

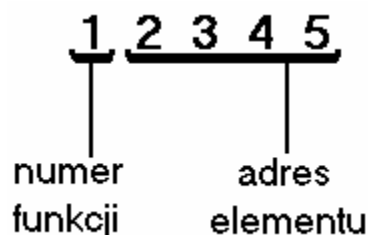
The screenshot shows the 'Tagname Dictionary' window with the following details:

- Tab:** Details
- Buttons:** New, Restore, Delete, Save, <<, Select..., >>, Cancel, Close
- Tagname:** CONTROL_AIR
- Type:** I/O Integer
- Group:** \$System
- Access:** Read only (selected), Read Write
- Comment:** (empty)
- Log Data:** (unchecked)
- Log Events:** (unchecked)
- Retentive Value:** (unchecked)
- Retentive Parameters:** (unchecked)
- Initial Value:** 0
- Min EU:** 0
- Max EU:** 10
- Deadband:** 0
- Min Raw:** 0
- Max Raw:** 255
- Eng Units:** (empty)
- Conversion:** Linear (selected), Square Root
- Access Name:** PLC (circled with an arrow)
- Item:** 40005
- Use Tagname as Item Name:** (unchecked)
- Log Deadband:** 0

Rys. 5.3 Deklaracja zmiennej I/O

Program Modbus⁶⁷ umożliwia odczytanie zawartości rejestrów wewnętrznych sterownika programowalnego (przechowujących zarówno zmienne w formacie całkowitym jak również zmiennoprzecinkowym), wewnętrznych znaczników oraz stanu wejść i wyjść cyfrowych modułów I/O sterownika.

Odmienność charakteru wyżej przedstawionych danych wymaga jednocześnie różnic w sposobie adresowania (odwoływania się do źródła). Standardem ogólnie przyjętym, stosowanym również w programie Modbus jest metoda odwoływania się do określonej funkcji serwera. Jak widać na rysunku 5.3 (pole *Item* w dole okna), adres zmiennej przechowywanej w zasobach serwera określa się za pomocą pięciu cyfr, których znaczenie określone zostało na rysunku 5.4.



Rys. 5.4 Postać adresu zmiennej I/O

⁶⁷ szerzej w rozdziale 3.5

Pierwsza cyfra oznacza numer funkcji służącej do odczytu i zapisu zmiennej. W powszechnym stosowaniu są trzy funkcje:

- 0 – odczyt/zapis stanu wewnętrznych binarnych znaczników sterownika,
- 1 – odczyt/zapis stanu wejść/wyjść fizycznych modułów I/O sterownika,
- 4 – odczyt/zapis zawartości wewnętrznych rejestrów sterownika.

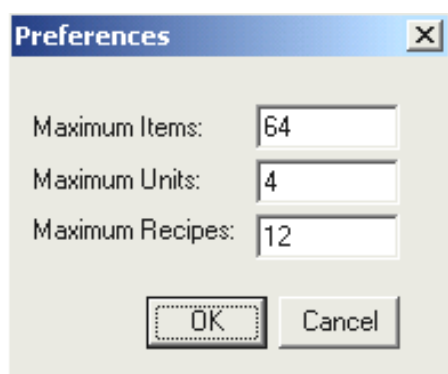
Cyfry na pozycjach 2 – 5 określają rzeczywisty adres zmiennej zastosowany w sterowniku PLC. Tak więc w przykładzie pokazanym na rysunku 5.4, zmiennej aplikacji InTouch typu I/O Integer o nazwie CONTROL_AIR przyporządkowany będzie rejestr wewnętrzny sterownika o adresie 0005.

5.2 Funkcja przypisywania wartości predefiniowanych (receptury)⁶⁸

W prezentowanej aplikacji wizualizacyjnej umieszczono okno panelu zmiany parametrów analogowych symulacji (ciśnienia, temperatury oraz przepływy mediów występujących w silniku). Można tego dokonać za pomocą symboli suwaków umieszczonych w pulpicie panelu. Jednak ze względu na dużą ilość omawianych sygnałów, ustawienie każdego z osobna zajęłoby operatorowi sporo czasu. Dlatego projektanci podjęli decyzję o zastosowaniu procedury ustawiania pewnych wartości predefiniowanych – różnych profili parametrów. W tym celu skorzystano z możliwości pakietu InTouch polegających na wywoływaniu tzw. receptur. W efekcie, po przyciśnięciu jednego przycisku, wszystkim określonym zmiennym zostaną przypisane zdefiniowane wartości. Funkcja wywołania receptury jest niezwykle prosta, lecz naturalnie wcześniej musi zostać odpowiednio zadeklarowana postać określonej receptury. Receptura to nic innego jak plik w odpowiednim formacie (*CSV – Comma Selected Variable*), zawierający interesujące użytkownika dane. W skład pakietu InTouch wchodzi program Recipe Manager, dzięki któremu w stosunkowo łatwy sposób, unikając błędów formatu, można stworzyć omawiany plik.

Pierwszym krokiem po uruchomieniu programu Recipe Manager jest skonfigurowanie postaci tworzonego pliku. Dokonać tego można wybierając z menu Options polecenie Preferences. To spowoduje wyświetlenie okna konfiguracji (rys. 5.5).

⁶⁸ szerzej: Wonderware InTouch – *Podręcznik użytkownika, Menadżer receptur*, Astor, Kraków 1997r.



Rys. 5.5 Okno konfiguracji receptury

Parametr *Maximum Items* określa maksymalną ilość elementów, których wartości będą zapamiętane (jest to ściśle związane z ilością zmiennych aplikacji InTouch, których wartości będą zmieniane za pomocą wywołania receptury). Zalecany jest nadmiar tej wielkości nad wymaganą.

Parametr *Maximum Units* definiuje maksymalną ilość jednostek, przy czym w jednostce przyporządkowuje się elementom programu *Recipe Manager* zmienne programu InTouch (nazwy niekoniecznie tożsame). W opisywanym przypadku, w celu uniknięcia pomyłki zastosowano identyczne nazewnictwo elementów „bazy danych” i zmiennych InTouch. Parametr ten więc mógłby być ustawiony na 1 (domyślna liczba 4 niczego w naszym przypadku nie zmienia).

Parametr *Maximum Recipes* określa maksymalną ilość definiowanych receptur (profilu).

Po tak przeprowadzonej konfiguracji, wybranie polecenia *New* z menu *File* spowoduje otwarcie trzech okien edycyjnych.

W pierwszym z nich, *Template Definition*, należy wpisać do komórek w kolumnie *Item Name* nazwy elementów bazy danych (pamiętając o wcześniejszej uwadze odnośnie identyczności nazw ze zmiennymi InTouch). W komórkach kolumny *Item Type* należy podać typ zmiennej – *Analog*, *Discrete* lub *Message*. Po zakończeniu wpisywania należy przejść do okna *Unit Definition*. Automatycznie zostały wypełnione komórki kolumn *Item Name* i *Item Type*. Należy jedynie w komórce skrzyżowania kolumny *Unit 1* i wiersza *Unit Names >>>* podać nazwę jednostki, wykorzystywaną przy późniejszym wywoływaniu receptury w aplikacji InTouch oraz wypełnić komórki kolumny *Unit 1* nazwami identycznymi jak w kolumnie *Item Name*.

Właściwa deklaracja postaci receptur następuje w oknie *Recipe Definition*. Po wprowadzeniu nazw receptur w komórkach szczytowych kolumn *Recipe #* (również istotnych podczas wywoływania), należy wypełnić wszystkie pozostałe komórki tych kolumn wymaganymi wartościami zgodnymi z określonym typem.

W przypadku chęci dodania receptur do istniejących w projekcie należy jedynie otworzyć pliki receptury *panel.csv* oraz *prof.csv* i w oknie *Recipe Definition* wprowadzić dodatkowe kolumny *Recipe #* z nowymi nazwami.

Uwaga:

W przypadku przeniesienia tych plików do innego katalogu, niż C:\Program Files\InTouch\NorControl\ należy zmienić ścieżkę dostępu w przyciskach Recipes umieszczonych w oknach: Alarm System – Operator oraz Panel.

5.2.1 Opis zastosowanych receptur

W recepturze *panel.csv* zawarto zmienne występujące w oknie *Panel*. Wartości maksymalne oraz minimalne są dobrane zgodnie z zakresem pomiarowym indykatorów. Wartości default odpowiadają przybliżonym parametrom pracy silnika głównego w stanie normalnej pracy. Dla poszczególnych receptur przedstawiono wartości zarówno z zakresu indykatora (wartość rzeczywista – *Real*) jak również wartość *Integer* przesyłaną do sterownika. W celu przejrzystego przedstawienia uwzględnionych sygnałów zamieszczono je poniżej w formie tabelarycznej. Wszystkie poniżej przedstawione sygnały występują w postaci analogowej.

Nazwa zmiennej	default		maximal preference	minimal preference
FUEL_OIL	[-]	200	255	0
	MPa	0,78	1	0
BEARING_OIL	[-]	240	255	0
	MPa	0,33	0,35	0
SCAV	[-]	0	255	0
	MPa	0	0,4	0
STARTING_AIR	[-]	240	255	0
	MPa	3,76	4	0
CONTROL_AIR	[-]	225	255	0
	MPa	0,88	1	0
TURBO_CHARGE	[-]	0	255	0
	RPM	0	2000	0
CROSSHEAD	[-]	230	255	0
	Mpa	1,44	1,6	0
RATIO_DRAFT	[-]	10	100	0
	[%]	10	100	0
CYL_COOL_WAT	[-]	190	250	0
	MPa	0,3	0,4	0
AIR_SPRING	[-]	200	250	0
	MPa	0,88	1	0

Tab. 5.1 Parametry receptury *panel.csv*

W recepturze *prof.csv* zawarto zmienne występujące w oknie *AS-operator*. W odróżnieniu od poprzedniej tabeli, zastosowano tu sygnały cyfrowe, które wywołują alarmy w systemie alarmowym.

Nazwa zmiennej	Analog Digital	default	maximal preference	minimal preference	before SIDn	after SIDn	before alarm	after alarm
TE1121S	A	70	100	0	94	95	89	90
TE1331S	A	90	150	0	124	125	119	120
TE2011S	A	40	100	0	54	55	49	50
TE2121S	A	50	100	0	64	65	59	60
TE2501S	A	60	100	0	79	80	69	70
TE3701A	A	300	600	0	529	530	514	515
TE3721A	A	250	600	0	529	530	514	515
TE4081A	A	50	300	0	119	120	79	80
FE3101A_S	D	0	1	0	0	1	0	1
YE5211A_L	D	0	1	0	1	1	0	1
YE5211A_H	D	0	1	0	0	1	0	0

Tab. 5.2 Parametry receptury prof.csv

5.3 Uruchomienie programu

Kolejność uruchamiania elementów nie jest bez znaczenia dlatego poniżej zamieszczono opis kolejnych etapów tego procesu:

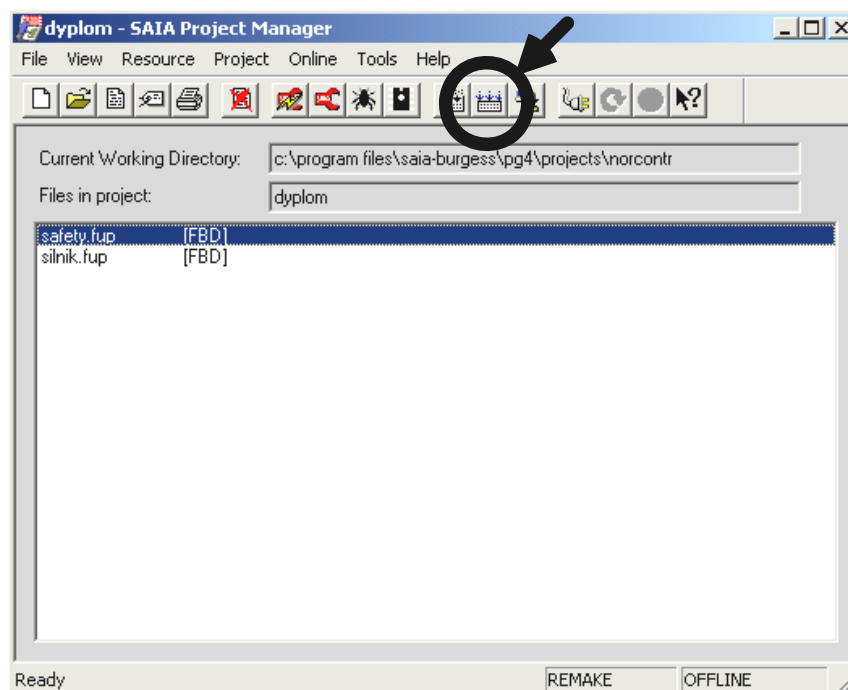
1. włączenie zasilania systemu AutoChief-4 oraz sterownika programowalnego SAIA,
2. uruchomienie aplikacji wizualizacyjnej InTouch wraz z programem obsługi danych – serwerem Modbus (plik startowy *NorControl.bat*) na komputerze nadrzędnym (np. wekaon135),
3. uruchomienie aplikacji wizualizacyjnych InTouch bez programu obsługi danych (plik startowy *NorControl.bat*) na komputerach podrzędnych (np. wekaon134, wekaon136, wekaon137),
4. zmiana stanowiska sterowania z przysilnikowego na CMK – konieczne do zorientowania systemu tuż po załączeniu zasilania. Kolejne zmiany będą odpowiednio interpretowane.

UWAGA:

W przypadku braku odpowiedniego programu w pamięci sterownika, pomiędzy 1, a 2 punktem postępowania należy wykonać instrukcje zawarte w rozdziale 5.3.1.

5.3.1 Przesyłanie programu do sterownika

W celu załadowania kodu programu sterowania do pamięci sterownika należy uruchomić na komputerze nadrzędnym (np. wekaon135) programator PG4 otwierając w oknie *SAIA Projects Library*, projekt o nazwie *NorControl*. Wówczas w oknie *SAIA Projects Manager* pojawią się pliki składowe projektu. Nie ingerując w ich zawartość, należy przycisnąć ikonę *Rebuild All* lub wybrać to samo polecenie z menu *Project* (rys. 5.6).



Rys. 5.6 Okno SAIA Project Manager

Wywoła to procedurę skompilowania, połączenia plików składowych oraz wysłania ich kodu do pamięci sterownika. Podczas prawidłowej akcji okno statusu powinno informować o postępach przesyłu. Po pomyślnym zakończeniu okno *SAIA Project Manager* można zamknąć.

Przed rozpoczęciem ćwiczeń laboratoryjnych należy upewnić się czy sterownik PLC jest zasilany i nie świeci się dioda *ERROR* widoczna na sterowniku oraz czy podłączone są obydwa przewody komunikacyjne pomiędzy komputerem serwerem (*master*), a PCD2.⁶⁹

Następnie należy uruchomić plik *NorControl.bat*. Plik ten spowoduje uruchomienie poniższych aplikacji:

- InTouch Viewer, w programie tym należy zaznaczyć aplikacje o nazwie „*NorControl*” i uruchomić Windows Viewer za pomocą ikony,



- program komunikacyjny *Modbus*.

W przypadku braku programu w sterowniku należy załadować go ponownie za pomocą aplikacji PG4. W tym celu należy otworzyć bibliotekę projektów, zaznaczyć program „*NorControl*” i załadować go na sterownik za pomocą ikony



⁶⁹ zob. rys 4.39

5.4 Przykładowe ćwiczenia dydaktyczne

Ze względów praktycznych, na pulpicie imitującym stanowisko sterowania przysilnikowego, zamiast zamontowania fizycznych dźwigni:

- zatrzymania silnika (ang. *STOP LEVER*⁷⁰),
- manewrowej (ang. *LOCAL MANOEUVRING LEVER*),
- paliwowej sterowania awaryjnego (ang. *FUEL LEVER*),

zamontowano przyciski, które w wystarczająco dobrym stopniu je odwzorowują. Dlatego w dalszej części tego rozdziału gdy będzie mowa o przesterowaniu którejś z dźwigni w zadaną pozycję, to należy rozumieć, iż oznacza to naciśnięcie konkretnego przycisku o tej nazwie.

Realizacja poniższych ćwiczeń jest możliwa gdy silnik znajduje się w normalnych warunkach, tzn.: nie jest realizowana funkcja Slow Down lub Shut Down i zapewniona jest komunikacja pomiędzy współpracującymi urządzeniami.

5.4.1. Uruchomienie i zatrzymanie silnika ze stanowiska przysilnikowego

Stanowisko przysilnikowe jest w praktyce niezmiernie rzadko używane, gdyż jest ono przeznaczone do sterowania w przypadkach awaryjnych, np. po trzech nieudanych rozruchach lub niesprawności pozostałych stanowisk.

W celu uruchomienia silnika ze stanowiska przysilnikowego należy:

- a) uruchomić dmuchawę pomocniczą nr 1 (AUX. BLOWER No1),
- b) dźwignię zatrzymania silnika (STOP LEVER) przełączyć w pozycję RUN,
- c) dźwignię paliwową (FUEL LEVER), ustawić w pozycji EMERGENCY CONTROL i nastawić (za pomocą zamontowanego tam potencjometra) wartość prędkości obrotowej, czyli dawkę paliwa.

Ostatnimi czynnościami zmierzającymi do uruchomienia są: wybór kierunku pracy silnika i jego zastartowanie poprzez przestawienie dźwigni manewrowej (*LOCAL MANOEUVRING LEVER*) w pozycję:

- 1) dla kierunku naprzód: RUN AHEAD, a następnie chwilowe przytrzymanie w pozycji START AHEAD, do momentu inicjacji rozruchu, który jest możliwy dopiero po przesterowaniu pomp,
- 2) dla kierunku wstecz: RUN ASTERN, a następnie chwilowe przytrzymanie w pozycji START ASTERN, do momentu inicjacji rozruchu.

Podczas pracy silnika, można poprzez zmianę położenia dźwigni paliwowej (potencjometru) – *FUEL LEVER* – regulować jego prędkość obrotową.

W celu zatrzymania silnika wystarczy przesterować dźwignię zatrzymania silnika (*STOP LEVER*) w pozycję *STOP*. Po tej czynności realizowany jest program powolnego zatrzymywania silnika, przez zmniejszanie dawki paliwa. Stosuje się to ze względów eksploatacyjnych (np. zmniejszenia zużycia układu tuleja cylindrowa – tłok).

Istnieje również możliwość awaryjnego zatrzymania silnika, w każdej chwili, z dowolnego miejsca sterowania naciskając *EMERGENCY STOP*. W tym przypadku nie jest realizowane powolne zatrzymanie. Po użyciu tego przycisku, powodującego nagłe odcięcie paliwa, silnik zatrzymuje się po wykonaniu kilku obrotów.

5.4.2 Przekazywanie kontroli pomiędzy CMK a stanowiskiem przysilnikowym

Istotną czynnością jest przekazanie kontroli nad silnikiem ze stanowiska lokalnego, do stanowiska znajdującego się w CMK. Stanowisko lokalne znajduje się w jego pobliżu silnika głównego, a więc w warunkach uciążliwych ze względu na duży poziom hałasu i wysoką temperaturę. Natomiast w CMK zapewniona jest klimatyzacja a także zminimalizowany poziom hałasu. Przekazanie kontroli ze stanowiska lokalnego jest możliwe po spełnieniu poniższych warunków:

- a) dźwignię zatrzymania silnika (*STOP LEVER*) przełączyć w pozycję *RUN*,
- b) dźwignię paliwową (*FUEL LEVER*), ustawić w pozycji *REMOTE CONTROL*,
- c) ustawić dźwignię manewrową (*LOCAL MANOEUVRING LEVER*) w pozycji *REMOTE*,
- d) przekazać kontrolę do CMK za pomocą przycisku *REMOTE CONTROL*, zainstalowanego w lewej części pulpitu stanowiska lokalnego.

Po tych czynnościach należy potwierdzić w CMK przyjęcie kontroli nad silnikiem za pomocą przycisku *CONTROL ROOM CONTROL* w polu *COMMAND POS*. Przekazanie kontroli sygnalizowanej jest pulsującym światłem w panelu *REMOTE CONTROL SYSTEM*.

W sytuacjach awaryjnych może zająć potrzeba przekazania kontroli do stanowiska przysilnikowego, można to zrobić na dwa sposoby:

⁷⁰ dźwignia 5.03

- 1) przez przyciśnięcie w panelu *REMOTE CONTROL SYSTEM* w polu *COMMAND POS.* przycisku *LOCAL CONTROL*,
- 2) przesterowanie dowolnej dźwigni w inną pozycję (za wyjątkiem zmiany nastawy potencjometru *FUEL LEVER*).

5.4.3 Uruchomienie i zatrzymanie silnika ze stanowiska w CMK

Warunkiem uruchomienia silnika ze stanowiska w CMK, jest wcześniejsze przejęcie nad nim kontroli (przekazanie kontroli z mostka⁷¹, bądź ze stanowiska przysilnikowego⁷²).

W celu uruchomienia silnika, poza włączonymi urządzeniami pomocniczymi i pracującymi z właściwymi parametrami, wystarczy przestawić manetkę telegrafu (zainstalowanego po prawej stronie pulpitu) z pozycji środkowej STOP, na wybraną wartość w odpowiednim kierunku.

Parametry, jakie można obserwować to:

- ciśnienie paliwa za filtrem (*FUEL OIL AFTER FLTER PRESSURE*),
- ciśnienie oleju smarnego łożysk głównych (*LUB. OIL INLET TO MAIN BEARING PRESS.*),
- ciśnienie powietrza przepłukującego (*SCAVANGE AIR PRESS.*),
- ciśnienie powietrza startowego (*ME START AIR PRESS.*),
- ciśnienie powietrza sterującego (*CONTROL AIR PRESS.*),
- prędkość obrotowa turbosprężarki (*RPM TURBOCHARGER*),
- prędkość obrotowa silnika,
- ciśnienie oleju smarnego łożysk wodzikowych i napędu zaworu wydechowego (*LUB. OIL INLET CROSSHEAD BEARING PRESS.*),
- wskaźnik obciążenia *LOAD INDICATOR*.

Wyżej wymienione parametry można obserwować na miernikach i wyświetlaczach umieszczonych w pulpicie a także w aplikacji wizualizacyjnej.

⁷¹ zob. rozdział 5.4.4

⁷² zob. rozdział 5.4.2

5.4.4 Przekazanie kontroli na mostek, obsługa i odczytywanie informacji z paneli umieszczonych w tym pulpicie

Układy zdalnego sterowania silnikiem głównym ze sterówki umożliwiają wykonanie wszystkich stanów pracy silnika bez pośrednictwa nastawni siłownianej. Układy te realizują następujące cele:

- bezpieczne wykorzystanie silnika głównego przy manewrowaniu,
- optymalną kolejność operacji sterowania silnikiem głównym, zwiększenie dokładności i szybkości przeprowadzania manewrów,
- minimalne obciążenie nawigatora sterowaniem silnika, zachowując takie postępowanie, jak przy stosowaniu telegrafu maszynowego,
- uwolnienie mechanika wachtowego od stałego przebywania na stanowisku sterowania silnikiem głównym.

Sterowanie pracą silnika z mostka jest stosowane przede wszystkim, gdy statek jest w ruchu (na morzu, bądź w czasie manewrów).

Warunki przekazania kontroli na mostek:

- wcześniejsze przekazanie kontroli ze stanowiska przysilnikowego do CMK,⁷³
- wyrażenie zamiaru przekazania kontroli do stanowiska na mostku przez naciśnięcie

BRIDGE CONTROL w polu *COMMAND POS.* (w panelu *REMOTE CONTROL*), a następnie przyjęcie tejże za potwierdzeniem na mostku naciśnięciem przycisku *BRIDGE CONTROL* w polu *COMMAND POSITION*.

Przekazanie kontroli z mostka do CMK dokonuje się przez:

- naciśnięcie w pulpicie mostkowym *CONTROL ROOM CONTROL* w polu *COMMAND POSITION*,
- potwierdzenie przyjęcia kontroli w CMK przyciskiem *CONTROL ROOM CONTROL* w polu *COMMAND POS.*

Uwaga: Miejsce sterowania zostanie zmienione dopiero po potwierdzeniu przyjęcia kontroli w CMK

Przejęcie kontroli z mostka do CMK dokonuje się przez

- naciśnięcie w CMK przycisku *CONTROL ROOM CONTROL* w polu *COMMAND POS.*,

⁷³ zob. rozdział 5.4.2

- potwierdzenie oddania kontroli w CMK przyciskiem *CONTROL ROOM CONTROL* w polu *COMMAND POSITION*.

Uwaga: Miejsce sterowania zostanie zmienione dopiero po potwierdzeniu oddania kontroli na mostku

W pulpicie mostkowym można odczytać wartości takich parametrów jak:

- ciśnienie powietrza rozruchowego (*START AIR PRESS.*),
- zadana prędkość obrotowa silnika (*COMMAND RPM*),
- prędkość obrotowa silnika (*ENGINE RPM*).

Poza odczytem wymienionych parametrów można m.in.:

- przekazać/przyjąć kontrolę miejsca sterowania,
- kontrolować funkcje Shut Down i Slow Down,
- potwierdzać i kasować alarmy,
- sterować pracą silnika,
 - uruchomienie,
 - zatrzymanie,
 - rewers.

Zakończenie

Wszystkie zadania ujęte w zakresie pracy zostały zrealizowane, jednakże praca nie wyczerpała wszystkich zagadnień związanych z systemem bezpieczeństwa silnika głównego. Stworzyła ona solidne podstawy do rozwoju symulatora. Obszerną i czasochłonną częścią pracy dyplomowej było wykonanie prac projektowo – monterskich, których osoby kontynuujące to zagadnienie nie będą musiały wykonywać. Z założenia praca została tak zrealizowana, aby temat mógł być kontynuowany. Przykładem tego może być zaprojektowanie skrzynki łączeniowej z uwzględnieniem sygnałów alarmowych. Dla celów dydaktycznych jest wskazane rozszerzenie systemu bezpieczeństwa o współpracę z systemem alarmowym. Z uwagi na niewątpliwy rozwój symulatora zadbałismy o przejrzystość dokumentacji technicznej, zawierając w niej także informacje potrzebne do kontynuacji tego zagadnienia. Realizacja budowy symulatora powstała przy współudziale studentów z Politechniki Gdańskiej, którzy przystosowali Remote Control System do współpracy z wirtualnym modelem silnika oraz wykonali część wizualizacji.

Praca wraz ze stanowiskiem laboratoryjnym ma służyć do celów dydaktycznych. Pozwala na poznanie od podstaw zarówno systemu bezpieczeństwa silnika głównego jak i sterowników programowalnych, łącznie ze sposobami ich oprogramowywania. Realizacja przyjętych na wstępie założeń okazała się trudniejsza niż oczekiwano, mimo to rozwiązano napotkane problemy natury technicznej, takie jak: dopasowanie standardów torów pomiarowych, ustawienie czujników indukcyjnych, wymiana oprogramowania w jednostce SSU8810, konfiguracja AC4 oraz komunikacja pomiędzy sterownikiem a InTouchem.

Z pewnością praca dyplomowa przyczyniła się do pogłębienia naszej wiedzy z zakresy automatyzacji systemów energetycznych, a przede wszystkim umiejętności programowania sterowników PLC i techniki wizualizacji.

Literatura

1. Astor, *Wonderware InTouch, Opis funkcji, pól i zmiennych systemowych*, Kraków 1997r.
2. Astor, *Wonderware InTouch, Podręcznik użytkownika*, Kraków 1997r.
3. Astor, *Wonderware InTouch, Podręcznik użytkownika, Menadżer receptur*, Kraków 1997r.
4. H. Cegielski – Poznań, *Dokumentacja stocznioowa dla silnika 7RTA62U / 8168*, Poznań 1997r.
5. Hajda J., Kasprzyk J., Legierski T., Wyrwał J., *Programowanie Sterowników PLC*, Gliwice 1998r.
6. Kongsberg NorControl Automation A/S, *AutoChief-4. Main Engine Remote Control System Installation Documentation For Sulzer RTA Engines Built According DENIS-1 Specification*, Norway 1999r.
7. Kongsberg NorControl Automation A/S, *Remote Control System*, Norway 1995r.
8. Kongsberg NorControl Automation A/S, *SSU8810 User's Manual SSU8810 Safety System Unit*, Norway 1995r.
9. Kowalski Zbigniew, *Opis techniczny automatyki siłowni i systemów ogólnostatkowych*, Gdańsk 1999r.
10. Michalski Ryszard, *Siłownie okrętowe*, Szczecin 1987r.
11. PN-92/E-01200/02 *Symbole graficzne stosowane w schematach. Elementy symboli, symbole rozróżniające i inne symbole ogólnego zastosowania*.
12. *Poradnik Inżyniera Elektryka* tom 1, Warszawa 1996r.
13. SAIA-Burgess Electronics, *Sterowniki serii PCD1 i PCD2. Podręcznik sprzętowy*, SAIA-Burgess Electronics 1998r.
14. Sołdek Jerzy, *Automatyzacja statków*, Gdańsk 1985r.
15. Śmierzchalski Roman, *Koncepcja systemu sterowania i nadzoru siłowni okrętowej do symulacji procesów rzeczywistych na statku*, Gdynia 2001r.
16. Śmierzchalski Roman, *Laboratorium Automatyzacji Systemów Energetycznych*, Gdynia 1995r.
17. Śmierzchalski Roman, *Materiały pomocnicze do wykładów z Automatyzacji Systemów Energetycznych*, Gdynia 2000r.
18. Wärtsilä NSD Corporation, *DENIS-1 Specification for engines RTA52/62/72/84M/84C RTA52U/62U/72U84CU/ RTA84*, 1997r.

19. Witryna internetowa <http://www.hcp.com.pl/w2>
20. Witryna internetowa <http://www.modbus.com>
21. Witryna internetowa <http://www.modicon.org>
22. Witryna internetowa <http://www.saia-burgess.com>
23. Wojnowski Władysław, *Okrętowe silownie spalinowe*, Gdańsk 1992r.

Wykaz rysunków

Rys. 1.1 Zintegrowany układ automatyki (rozwiązanie NorControl)	9
Rys. 2.1 Silnik typu RTA62U	13
Rys. 2.2 Diagram przedstawiający przepływ sygnałów	14
Rys. 2.3 Przykładowa konfiguracja systemu AutoChief-4	21
Rys. 2.4 Uogólniona zasada działania układu SSU po wykryciu awarii	25
Rys. 2.5 SSU jako część systemu zdalnego sterowania	30
Rys. 2.6 Panel SSU8810	33
Rys. 3.1 Skład pakietu PG4	36
Rys. 3.2 Widok sterownika	38
Rys. 3.3 Sieć Modbus	45
Rys. 4.1 Widok poglądowy sposobu umiejscowienia kart adaptacyjnych	52
Rys. 4.2 Schemat ogólny modułu wejścia cyfrowego z pętlą kontroli ciągłości linii	53
Rys. 4.3 Moduł prądowego wejścia analogowego	53
Rys. 4.4 Moduł analogowego wyjścia prądowego	55
Rys. 4.5 Listwa zaciskowa sygnałów sterujących falownika	61
Rys. 4.6 Sposób zamontowania czujników indukcyjnych oraz przebiegi czasowe sygnałów w przypadku obrotów w lewo i prawo	62
Rys. 4.7 Widok ogólny skrzynek łączeniowych	64
Rys. 4.8 Schemat połączeń dla płytki nr 1	66
Rys. 4.9 Schemat połączeń dla płytki nr 2	66
Rys. 4.10 Schemat połączeń dla płytki nr 3	67
Rys. 4.11 Schemat połączeń dla płytki nr 4	67
Rys. 4.12 Schemat listwy z przekaźnikami	68
Rys. 4.13 Schemat połączeń bezpieczników	69
Rys. 4.14 Wybór stanowiska sterowania	72
Rys. 4.15 Załączenie obracarki	73
Rys. 4.16 Procedury zmiany kierunku	73
Rys. 4.17 Procedury START – STOP	74
Rys. 4.18 Funkcje pomocnicze procedur START – STOP	76
Rys. 4.19 Odczyt prędkości zadanej z dźwigni paliwowej	76
Rys. 4.20 Odczyt prędkości zadanej z telegrafu	77
Rys. 4.21 Procedura przydziału wartości prędkości zadanej	77
Rys. 4.22 Wyjście prędkości zadanej	77
Rys. 4.23 Sposób wyznaczania współczynnika iteracji	78
Rys. 4.24 Procedura łagodnego zwalniania	78
Rys. 4.25 Moduły komunikacyjne InToucha ze sterownikiem	79
Rys. 4.26 Konfiguracja bloku MBUS-Slv	80
Rys. 4.27 Procedura doładowania powietrza rozruchowego	81
Rys. 4.28 Spadek ciśnienia powietrza sterującego	81
Rys. 4.29 Zmiany ciśnienia powietrza przepłukującego	82
Rys. 4.30 Blokada rozruchu	82
Rys. 4.31 Funkcja zmiany obciążenia	82
Rys. 4.32 Zmiana prędkości obrotowej turbodmuchawy	83
Rys. 4.33 Sygnały powodujące SHUT DOWN silnika głównego	83
Rys. 4.34 Sygnały powodujące SLOW DOWN silnika głównego	84
Rys. 4.35 Wybór opóźnienia	84
Rys. 4.36 Zespół sygnałów alarmowych uruchamiających Slow Down from Alarm System	85
Rys. 4.37 Moduły wyjść analogowych	85

Rys. 4.38 Interfejs nawigacyjny	86
Rys. 4.39 Struktura sieci	89
Rys. 4.40 Organizacja dostępu do danych aplikacji InTouch	90
Rys. 5.1 Podanie tytułu nazwy dostępu	93
Rys. 5.2 Deklaracja nazwy dostępu	93
Rys. 5.3 Deklaracja zmiennej I/O	94
Rys. 5.4 Postać adresu zmiennej I/O	94
Rys. 5.5 Okno konfiguracji receptury	96
Rys. 5.6 Okno SAIA Project Manager	100
Rys. G1 Widok menu głównego	134
Rys. G2 Okno menu jednostki Safety System po zalogowaniu operatora	134
Rys. G3 Okno prezentacji trendów bieżących	135
Rys. G4 Okno wyboru monitorowanego sygnału	135
Rys. G5 Okno nastaw parametrów systemu alarmowego	136
Rys. G6 Okno wyboru receptur systemu alarmowego	136
Rys. G7 Okno wskaźników parametrów systemu alarmowego	136
Rys. G8 Okno nastaw parametrów symulacji	137
Rys. G9 Okno wyboru receptur parametrów symulacji	137
Rys. G10 Okno menu jednostki Control System	138
Rys. G11 Okno układu zasilania powietrzem	138
Rys. G12 Okno układu zasilania olejem	138
Rys. G13 Okno wizualizacji procedur startowych	139
Rys. G14 Okno wizualizacji kontroli prędkości z wyborem stanowiska sterowania	139
Rys. G15 Okno wizualizacji procedury rewersu silnika	140
Rys. G16 Okno wizualizacji procedur zatrzymania silnika i blokady jego uruchomienia	140
Rys. G17 Okno wizualizacji sterowania zaworem wydechowym	141
Rys. G18 Okno wizualizacji procesów smarowania	141
Rys. G19 Okno wizualizacji układu paliwowego	142
Rys. H1 Stanowisko przysilnikowe, falownik oraz sterowany silnik	143
Rys. H2 Pulpit w CMK	143
Rys. H3 Pulpit sterowniczy na mostku	144
Rys. H4 Skrzynka łączeniowa zawierająca sterownik PCD	144

Wykaz tabel

Tab. 2.1 Identyfikacja funkcji sygnału	16
Tab. 2.2 Identyfikacja grupy sygnału	17
Tab. 2.3 Identyfikacja zastosowania sygnału	18
Tab. 2.4 Stanowiska sterowania SG	28
Tab. 2.5 Rodzaje redukcji obrotów	28
Tab. 4.1 Charakterystyka konwertera	54
Tab. 4.2 Charakterystyka przetwarzania karty	55
Tab. 4.3 Wykaz zainstalowanych modułów I/O	56
Tab. 5.1 Parametry receptury panel.csv	97
Tab. 5.2 Parametry receptury prof.csv	98

Załączniki

Załącznik A: Przykładowe skrypty w InTouchu

{Safety System}

```

IF TE1121S >= 95 THEN
  TE1121S_L = 1; TE1121S_S = 1; ELSE
  TE1121S_L = 0; TE1121S_S = 0; ENDIF;
IF TE1121S >= 90 THEN
  TE1121A_L = 1; ELSE
  TE1121A_L = 0; ENDIF;

IF TE1331S >= 125 THEN
  TE1331S_L = 1; TE1331S_S = 1; ELSE
  TE1331S_L = 0; TE1331S_S = 0; ENDIF;
IF TE1331S >= 120 THEN
  TE1331A_L = 1; ELSE
  TE1331A_L = 0; ENDIF;

IF TE2011S >= 55 THEN
  TE2011S_L = 1; TE2011S_S = 1; ELSE
  TE2011S_L = 0; TE2011S_S = 0; ENDIF;
IF TE2011S >= 50 THEN
  TE2011A_L = 1; ELSE
  TE2011A_L = 0; ENDIF;

IF TE2121S >= 65 THEN
  TE2121S_L = 1; TE2121S_S = 1; ELSE
  TE2121S_L = 0; TE2121S_S = 0; ENDIF;
IF TE2121S >= 60 THEN
  TE2121A_L = 1; ELSE
  TE2121A_L = 0; ENDIF;

IF TE2501S >= 80 THEN
  TE2501S_L = 1; TE2501S_S = 1; ELSE
  TE2501S_L = 0; TE2501S_S = 0; ENDIF;
IF TE2501S >= 70 THEN
  TE2501A_L = 1; ELSE
  TE2501A_L = 0; ENDIF;

IF TE2601S >= 120 THEN
  TE2601S_L = 1; TE2601S_S = 1; ELSE
  TE2601S_L = 0; TE2601S_S = 0; ENDIF;
IF TE2601S >= 110 THEN
  TE2601A_L = 1; ELSE
  TE2601A_L = 0; ENDIF;

IF FE3101A_S >= 1 THEN
  FE3101A = 1; ELSE
  FE3101A = 0; ENDIF;

IF TE3701A >= 515 THEN
  TE3701A_A = 1; ELSE
  TE3701A_A = 0; ENDIF;
IF TE3701A >= 530 THEN
  TE3701S_L = 1; TE3701A_S = 1; ELSE
  TE3701S_L = 0; TE3701A_S = 0; ENDIF;

IF TE3721A >= 515 THEN
  TE3721A_A = 1; ELSE
  TE3721A_A = 0; ENDIF;
IF TE3721A >= 530 THEN
  TE3721A_L = 1; TE3721A_S = 1; ELSE
  TE3721A_L = 0; TE3721A_S = 0; ENDIF;

IF TE4081S >= 120 THEN
  TE4081S_L = 1; TE4081S_S = 1; ELSE
  TE4081S_L = 0; TE4081S_S = 0; ENDIF;
IF TE4081S >= 80 THEN

```

```

TE4081A_L = 1; ELSE
TE4081A_L = 0; ENDIF;

```

```

YE5211A_H_S = YE5211A_H;

```

okno "panel"

```

IF TURBO_A == 0 THEN
  SCAV_A = 1;
ENDIF;

```

{Safety System}

```

IF CONTROL_AIR < 140 THEN
  CONTROL_AIR_S = 1; ELSE
  CONTROL_AIR_S = 0; ENDIF;

```

```

IF STARTING_AIR < 102 THEN
  STARTING_AIR_S = 1; ELSE
  STARTING_AIR_S = 0; ENDIF;

```

```

IF FUEL_OIL < 170 THEN
  FUEL_OIL_S = 1; ELSE
  FUEL_OIL_S = 0; ENDIF;

```

Okno "sygnały analogowe"

```

wcLoadList("lista1","list.txt");
wcLoadList("lista2","list.txt");
wcLoadList("lista3","list.txt");
wcLoadList("lista4","list.txt");

```

okno „sygnały dyskretne"

```

wcLoadList("lista5","list2.txt");
wcLoadList("lista6","list2.txt");
wcLoadList("lista7","list2.txt");
wcLoadList("lista8","list2.txt");

```

Okno „tytuł"

```

palec = palec + dodaj;
IF palec > 100 THEN
  dodaj = -10;
ENDIF;
IF palec <= 0 THEN
  dodaj = 10;
ENDIF;

```

okno „Exhaust"

```

wirówka = wirówka + dodaj;
IF wirówka > 100 THEN
  dodaj = -10;
  IF migaj == 1 THEN
    poz = 100;
  ENDIF;
ENDIF;
IF wirówka < 0 THEN
  dodaj = 10;
  IF migaj == 1 THEN
    poz = 0;
  ENDIF;
ENDIF;

```

```

{ PRZYPISANIE PISAKOM WARTOSCI 0 }

pusty= 0 ;
pusty_ = 0 ;

{ PRZESTEROWANIE POMP PALIWOWYCH }

IF (S130HD OR S49HD) AND posow > 0 THEN
    posow = posow - 10;
ENDIF;
IF (S130HE OR S49HE) AND posow < 100 THEN
    posow = posow + 10;
ENDIF;
IF posow == 100 THEN
    krzywik1 = 0;
    krzywik2 = 1;
    olej1 = 1;
    olej2 = 0;
ENDIF;
IF posow == 0 THEN
    krzywik1 = 1;
    krzywik2 = 0;
    olej1 = 0;
    olej2 = 1;
ENDIF;
IF posow <> 0 AND posow <> 100 THEN
    olej1 = 0;
    olej2 = 0;
ENDIF;

{ STEROWANIE TLOKIEM SILNIKA - ANIMACJA }

IF migaj == 1 THEN
    kat = kat + 20;
    IF kat >= 360 THEN
        kat = 1;
    ENDIF;
ENDIF;

{ STEROWANIE DZWIGNIA 5.03 }

IF START_ASTERN == 0 AND S49HD == 0 AND
START_AHEAD == 0 AND S49HE == 0 THEN
    s4 = 50;
ENDIF;
IF S49HD THEN
    s4 = 75;
ENDIF;
IF S49HD AND START_AHEAD THEN
    s4 = 100;
ENDIF;
IF S49HE THEN
    s4 = 25;
ENDIF;
IF S49HE AND START_ASTERN THEN
    s4 = 0;
ENDIF;

{ STEROWANIE TLOKIEM ROZDZIELACZA }

IF (S130HD OR S49HD) AND NOT(obracarka) THEN
    rozdziel = 1;
ENDIF;
IF (S130HE OR S49HE) AND NOT(obracarka) THEN
    rozdziel = 0;
ENDIF;

{ STEROWANIE SPRZEGLEM PNEUMATYCZNYM }

IF sprzeglo == 0 THEN

    IF obrot < 130 THEN
        obrot = obrot + 5;
    ENDIF;
ENDIF;
IF sprzeglo == 1 THEN
    gorny = LISTWA;
    obrot = LISTWA;
ENDIF;

    IF obrot < 130 THEN
        dosprzeglij = 1;
    ELSE
        dosprzeglij = 0;
    ENDIF;

    { STRZALKI INFORMACYJNE }

    CALL miganie (zmien);

    {ograniczenie PREDKOSC_BLO}

    IF PREDKOSC_BLO <= 7 THEN
        PREDKOSC_BLO_O = 0 ;ELSE
        PREDKOSC_BLO_O = PREDKOSC_BLO;
    ENDIF;

    quick function

    IF zm1 AND LICZNIK >= 10 THEN
        zmien = 0;
    ENDIF;

    Data change
    BEARING_OIL_R = BEARING_OIL/728.57;

    CONTROL_AIR_I = CONTROL_AIR / 255;
    CONTROL_AIR_R = CONTROL_AIR / 25.5;

    CROSSHEAD_R = CROSSHEAD/159.375;
    CYL_COOL_WAT_R = CYL_COOL_WAT / 637.5;
    FUEL_OIL_R = FUEL_OIL/255;

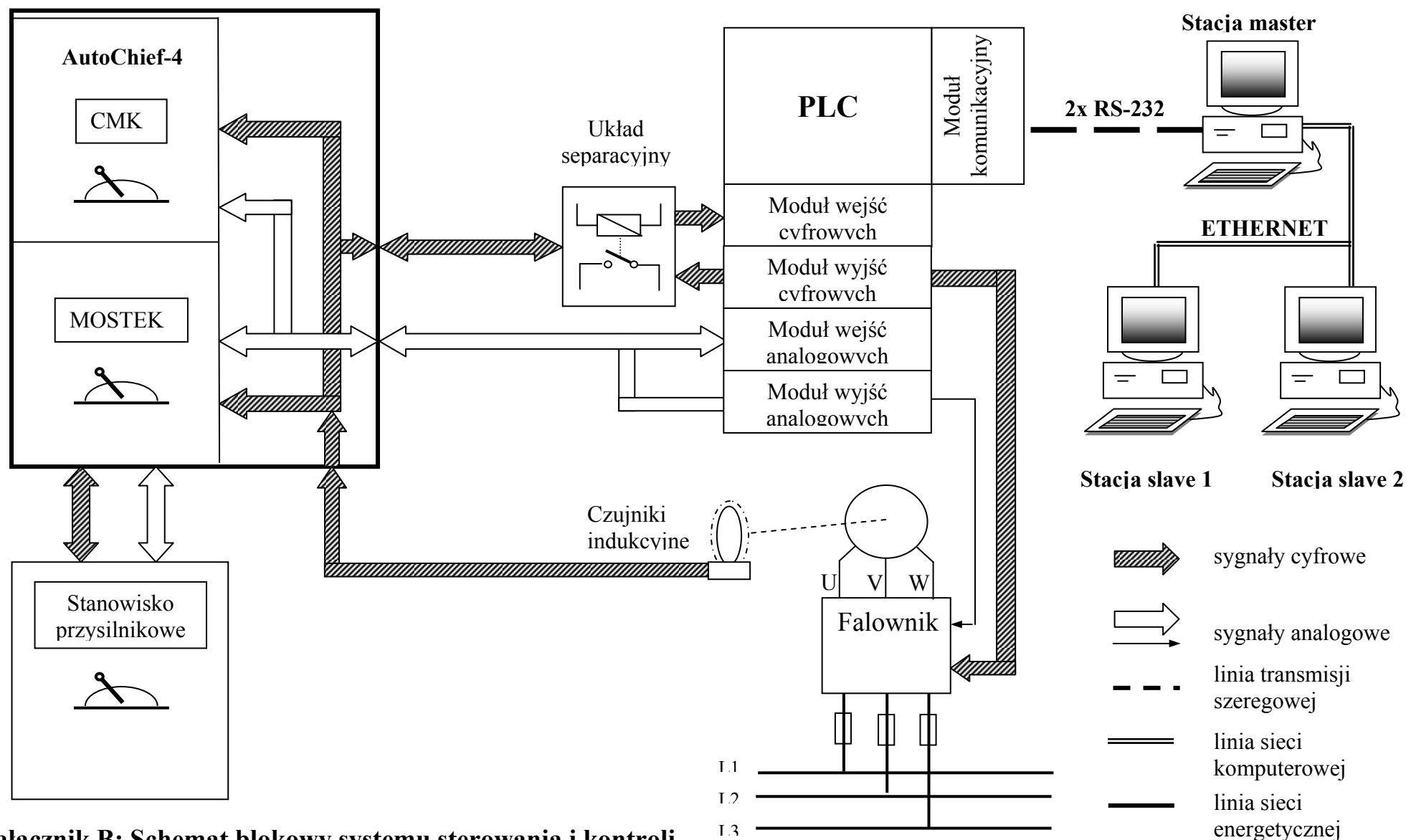
    IF PREDKOSC_BLO > 300 THEN
        migaj = 1;
    ELSE
        migaj = 0;
    ENDIF;

    SCAV_R = SCAV / 637.5;

    STARTING_AIR_R = STARTING_AIR /63.75;
    STARTING_AIR_B = STARTING_AIR / 6.375;

    IF zmien == 0 THEN
        f37 = 0;
        f38 = 0;
        f38A = 0;
        f39 = 0;
        f39A = 0;
        f48 = 0;
        f49 = 0;
        f118 = 0;
        f119 = 0;
        f120 = 0;
        f120A = 0;
        f121A = 0;
        f135 = 0;
        f136 = 0;
        f161 = 0;
    ENDIF;

```

Załącznik B: Schemat blokowy systemu sterowania i kontroli

E140											
81	82	81	82	93	94	101	102	103	104	103	104
DO-A	DO-S	DO	DO	DO-SS	DO-SS						
TE3731A	TE3731A	TE4031A	LS4351A	TE1121A	TE1121S						
Exhaust Gas Temp after Turbocharger 1	Exhaust Gas Temp after Turbocharger 1	Charge Air Temp after Air Cooler 1	Air Spring Oil Leakage Level	Cyl. Cool. Water Temp. Outlet	Cyl. Cool. Water Temp. Outlet						

E110										E111	
29	30	31	32	41	42	51	52	51	52	1	2
DO	DO	DO	DO	DO	DO					DO	
TE1371A	TE1381A	LS4071A	TE2011S	TE2011A	FE3101A						
Chargeair Cool. Water Temp. Inlet Cooler	Chargeair Cool. Water Temp. OutletCooler1	Charge Air Condense Water Detection in Air Rec.	Main Bearing Oil Temp., Supply	Main Bearing Oil Temp., Supply	Cyl. Lube Oil Flow Cyl. 1+2 or Cyl.1						

E10											
61	62	63	64	71	72	77	78	79	80	201	202
DO-SS	AO-RC	DI-RC	DI-RC	AO-RC	AO-RC						
PS4342S	PT4301C	ZV7091C	ZV7092C	GE5331C	PT4041C						
169HB	308HA	E13	E13		321HA						
Air Spring Pressure Very low	Starting Air Pressure	VIT+FQS Actuator Retracting	VIT+FQS Actuator Extension	VIT+FQS Actuator Position	Charge Air press. In Air receiver						

E10											
1	2	5	6	7	8	9	10	20	21	22	23
DO-CT	DO-RC	DO-RC	DO-RC	DO-CT	DO-CT						
PS5001C	ZS5004C ZS5003C	ZS5005C	PS5011C	ZS5022W	ZS5023W						
141HA	S3 / S5	S10	141HB	S1	S2						
Remote Cotrol	Stop Lever Position	Fuel Lever position	Rev. Servos & rotation Direction	Local Maouvring Lever Position Ahead	Local Maouvring Lever Position Astern						

E150											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
AO	AO	AO	AO	AO	DO						
PT4401A 306HB	PT1361A 304HC	PT2001A 304HA	PT2021A 306HD	PT3401A 306HA	PS4301A 173HA						
Control Air Pressure Supply	Chargeair Cool. Water Press. Inlet Cooler	Main Bearing Oil Press., Supply	Crosshead Bearing Oil Press., Supply	Fuel Oil Press. Before Injection Pumps	Starting Air Pressure before Shut-off Valve						

E120								E130			
1	2	3	4	29	30	29	30	29	30	29	30
DO-SS	DO	DO	DO	DO	DO			DO	DO		
TE1111A	TE3411A	TE4081A	TE4081S	TE2501S	TE2501A						
Cyl. Cool. Water temp. Inlet	Fuel Oil Temp. Before Inj. Pumps	Charge Air Temp Piston Underside, Cyl.1	Charge Air Temp Piston Underside, Cyl.1	Main Bearing Oil Temp., Supply	Main Bearing Oil Temp., Supply						

E10											
207	208	209	210	215	216	221	222	231	232	233	234
DO-SS	DO-SS	DO-RC	AO-RC	DI-RC	DI-RC						
AS2401S AS2401S XS2411A	PS4421S	ZS5016C	GT5151C	ZV7002C	ZV7014C						
MK5	169HI	S13	308HA	126HA	129HA						
Oilmist Concentration in Crankcase	Safety Control Air Pressure	Turning Gear Disengaged	Load indicator	Cyl. Prelubrication valve	Start cut-off valve						

E10											
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
DI-RC	DI-RC	DI-RC	DI-RC	DI-RC	DI-RC						
ZV7001C	ZV7011C	ZV7012C	ZV7013C	ZV7015C	ZV7016C						
25A	130HA	130HB	130HC	130HD	130HE						
Remote Contr. Take Over valve	Start Ahead	Start Astern	Start	Rev. Ahead	Rev.Astern						

E150											
13	14	15	16	27	28	29	30				
AO			DO	DO							
PT4321A			PS2721A	PS2722A							
306HC											
Air Spring Pressure Supply			Axial Detuner Chamber Oil Press Aft. Side	Axial Detuner Chamber Oil Press Fore Side							

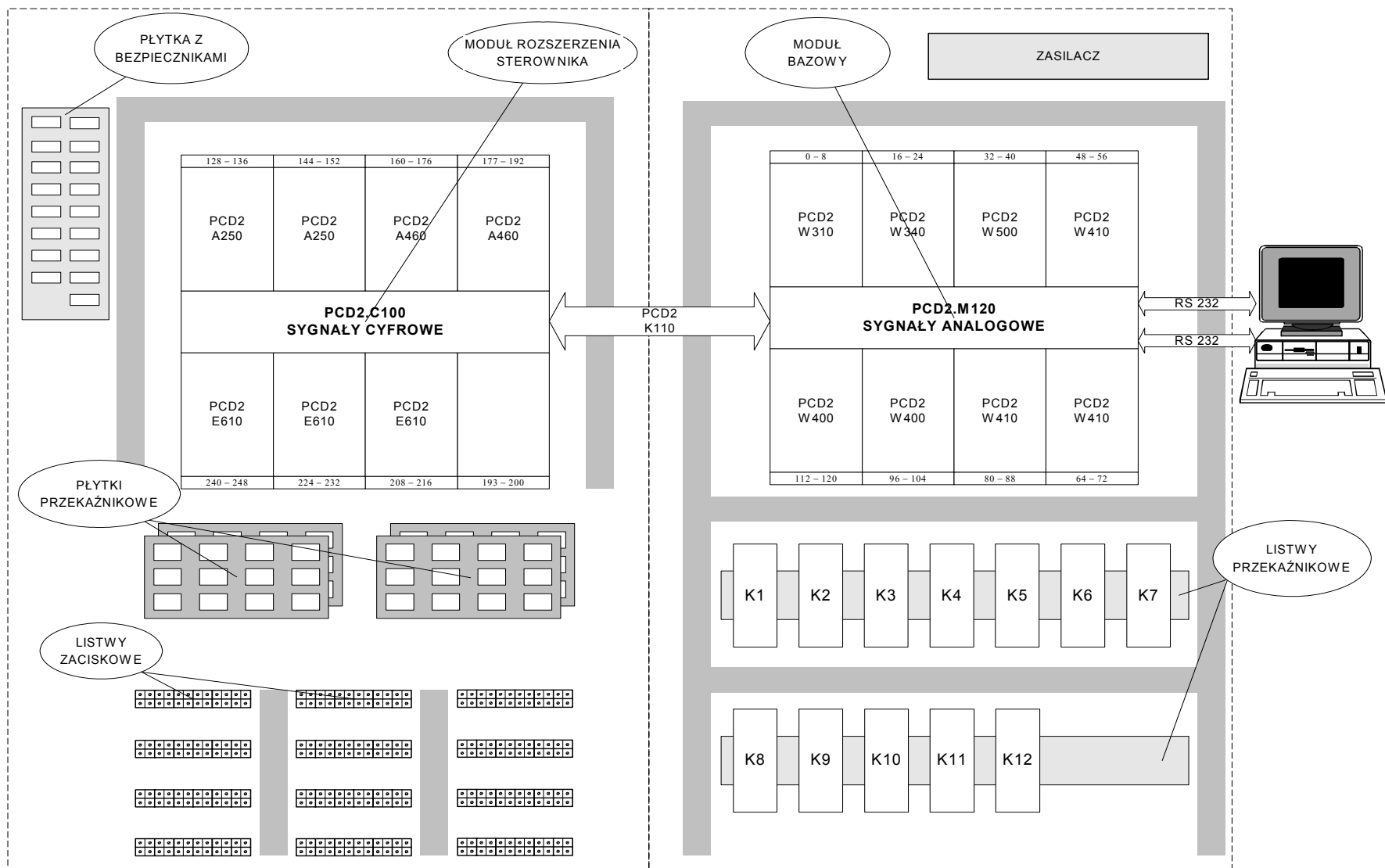
E130				E140							
53	54	55	56	33	34	33	34	69	70	69	70
DO	DO	DO-A	DO-S	DO-A	DO-S						
LS3441A	TE3701A	TE3701A	TE3721A	TE3721A							
Fuel Oil Leakage level	Exhaust Gas Temp after Cyl. 1	Exhaust Gas Temp after Cyl. 1	Exhaust Gas Temp before Turbocharger 1	Exhaust Gas Temp before Turbocharger 1							

E10				E28					
242	243	43	44	1	2				
DI-SS	DI-RC	DO-SS	DO-SS	AI-SS	AI-RC				
ZV7051S	CX7017	PS2541S/ FS2521S							
38A	126HC	E28.01							
Safety ShDn Valve	Stop	Piston Cool. Oil no Flow/ High diff. Press. Cyl.1	Slow down from alaram system	RPM	Telegraph				

E10											
45	46	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
DI-SS	DO-SS	DO-SS	DO-SS	DO-SS	DO-SS						
ZV7061S	PS1101S	PS2001S	PS2002S	PS2021S	PS4341S						
126HB	169HD	169HQ	169HC	171HA	169HA						
Emergency Stop Valve	Cyl. Cool Water Inlet Press Low	ShDn1 Main Bearings Oil Press. Very Low	ShDn2 Main Bearings Oil Press. Low	Crosshead Bearing Oilpress	Air Spring Pressure low						

Załącznik C: Listwy łączeniowe⁷⁴

⁷⁴ legenda w rozdziale 4.5.5



Załącznik D: Rozmieszczenie elementów w skrzynkach łączeniowych

Załącznik E: Lista zmiennych użytych w programie InTouch

Zmienne odczytywane ze sterownika				
Nazwa zmiennej	Typ	Nazwa dostępu	Element	Funkcja
PLC	I/O Discrete	IOStatus	PLC	Wskazuje status komunikacji pomiędzy InTouchem a sterownikiem.
Air_Spring	I/O Integer	PLC	40015	PS4341S – Symuluje zmianę ciśnienie powietrza sprężyny powietrznej.
Air_Spring_SH	I/O Discrete	PLC	10144	Zmienna sygnalizuje SHUT DOWN silnika głównego, wywołanego zbyt niskim ciśnieniem powietrza sprężyny powietrznej.
Air_Spring_SL	I/O Discrete	PLC	10149	Zmienna sygnalizuje SLOW DOWN silnika głównego, wywołanego zbyt niskim ciśnieniem powietrza sprężyny powietrznej.
Awaria	I/O Discrete	PLC	00051	Zmienna symuluje awarię trzech nieudanych startów.
Bearing_Oil	I/O Integer	PLC	40002	Zmienna symuluje zmianę ciśnienia oleju smarowego w łożyskach głównych.
Bearing_Oil_SH	I/O Discrete	PLC	10151	PS2002S – Zmienna sygnalizuje SHUT DOWN silnika głównego wywołanego zbyt niskim ciśnieniem oleju smarowego w łożyskach głównych.
Bearing_Oil_SL	I/O Discrete	PLC	10150	PS2001S – Zmienna sygnalizuje SLOW DOWN silnika głównego wywołanego zbyt niskim ciśnieniem oleju smarowego w łożyskach głównych.
Blokada	I/O Discrete	PLC	00045	Sygnalizacja blokady rozruchu silnika. Realizacja algorytmu została uwzględniona w programie sterownika.
Blowers	I/O Discrete	PLC	40209	Zmienna sygnalizująca pracę dmuchaw pomocniczych.
CONTROL_AIR	I/O Integer	PLC	40005	Zmienna symulująca zmianę ciśnienia powietrza sterującego.
CROSSHEAD	I/O Integer	PLC	40007	PS2001S – Zmienna symulująca zmianę ciśnienia oleju w łożyskach wodzikowych.
CROSSHEAD_S	I/O Discrete	PLC	10148	Zmienna symulująca SLOW DOWN wywołany zbyt niskim ciśnieniem oleju w łożyskach wodzikowych.

CUT_OFF	I/O Discrete	PLC	10229	Zmienna sygnalizująca pracę zaworu CUT_OFF.
CYL_COOL_WAT	I/O Integer	PLC	40014	Zmienna symulująca zmianę ciśnienia wody chłodzącej cylindry.
CYL_COOL_WAT_S	I/O Discrete	PLC	10135	Zmienna sygnalizuje SHUT DOWN silnika głównego wywołanego zbyt niskim ciśnieniem wody chłodzącej cylindry.
EMMERGENCY	I/O Discrete	PLC	10208	Zmienna sygnalizująca pracę zaworu 126HB. Wykorzystana w oknie <i>STOP</i> .
FE3101A_S	I/O Discrete	PLC	00108	Zmienna sygnalizująca przepływ oleju smarującego tuleje.
FUEL_OIL	I/O Integer	PLC	40001	Zmienna symulująca zmianę ciśnienia paliwa za filtrem.
LISTWA	I/O Integer	PLC	40053	Zmienna symulująca położenie listwy paliwowej.
LOAD	I/O Integer	PLC	40008	Wskaźnik obciążenia.
LOKALNE	I/O Discrete	PLC	00058	Zmienna informująca o rodzaju stanowiska sterowania.
OBRACARKA	I/O Discrete	PLC	10134	Zmienna sygnalizująca pracę obracarki.
OILMIST	I/O Discrete	PLC	00018	Zmienna symulująca zbyt wysokie stężenie mgły olejowej w skrzyni korbowej.
PLC	I/O Discrete	PLC	PLC	Wskazuje status komunikacji pomiędzy InTouchem, a sterownikiem.
PREDKOSC_BLO	I/O Integer	PLC	40055	Zmienna wskazująca wartość bezwzględną prędkości obrotowej silnika głównego.
RATIO_DRAFT	I/O Integer	PLC	40030	Zmienna symulująca zmianę współczynnika zanurzenia.
RUN	I/O Dis- crete	PLC	10245	Zmienna sygnalizująca pracę dźwigni 5.07 zawór S49HF.
S126HC	I/O Discrete	PLC	10231	CX7017C – zmienna sygnalizująca STOP.
S130HC	I/O Discrete	PLC	10226	Zmienna sygnalizująca pracę zaworu START z CMK.
S130HD	I/O Discrete	PLC	10225	Zmienna sygnalizująca zawór przesterowania AHEAD z CMK.
S130HE	I/O Discrete	PLC	10224	Zmienna sygnalizująca zawór przesterowania ASTERN z CMK.

S141HB	I/O Discrete	PLC	10145	Zmienna sygnalizująca pełne przesterowanie pomp paliwowych.
S25A	I/O Discrete	PLC	10230	Zmienna sygnalizująca przejęcie zdalnego sterowania.
S49HD	I/O Discrete	PLC	10243	Zmienna sygnalizująca zawór przesterowania AHEAD ze stanowiska lokalnego.
S49HE	I/O Discrete	PLC	10241	Zmienna sygnalizująca zawór przesterowania ASTREN ze stanowiska lokalnego.
SCAV	I/O Integer	PLC	40003	Zmienna symulująca zmianę ciśnienia powietrza przepływającego.
SCAV_A	I/O Discrete	PLC	00041	Zmienna pomocnicza umożliwiająca wyłączenie symulacji automatycznej zmiany ciśnienia powietrza przepływającego.
SHUT_DOWN	I/O Discrete	PLC	10208	Zmienna sygnalizująca pracę zaworu 126HB. Wykorzystana w oknie STOP.
Sprzegło	I/O Discrete	PLC	10246	Zmienna sygnalizująca zmianę położenia przełącznika REMOTE przy listwie paliwowej.
START_AHEAD	I/O Discrete	PLC	10242	Zmienna sygnalizująca zmianę położenia przycisku START AHEAD ze stanowiska lokalnego.
START_ASTERN	I/O Discrete	PLC	10240	Zmienna sygnalizująca zmianę położenia przycisku START ASTERN ze stanowiska lokalnego.
STARTING_AIR	I/O Integer	PLC	40004	Zmienna symulująca zmianę ciśnienia powietrza startowego.
TE1021S_S	I/O Discrete	PLC	00101	Zmienna sygnalizująca zbyt wysoką temperaturę (powyżej 90 ⁰ C) wody chłodzącej tłoki.
TE1121S_S	I/O Discrete	PLC	00102	Zmienna sygnalizująca zbyt wysoką temperaturę (powyżej 95 ⁰ C) wody chłodzącej cylindry.
TE1331S_S	I/O Discrete	PLC	00103	Zmienna sygnalizująca zbyt wysoką temperaturę (powyżej 125 ⁰ C) wody chłodzącej powietrze doładowujące w obiegu wysokotemperaturowym.
TE2011S_S	I/O Discrete	PLC	00104	Zmienna sygnalizująca zbyt wysoką temperaturę (powyżej 50 ⁰ C) oleju chłodzącego łożysko główne.
TE2121S_S	I/O Discrete	PLC	00105	Zmienna sygnalizująca zbyt wysoką temperaturę (powyżej 60 ⁰ C) łożyska oporowego.
TE2501S_S	I/O Discrete	PLC	00106	Zmienna sygnalizująca zbyt wysoką temperaturę (powyżej 80 ⁰ C) oleju chłodzącego cylindry.
TE2601S_S	I/O Discrete	PLC	00107	Zmienna sygnalizująca zbyt wysoką temperaturę (powyżej 120 ⁰ C) oleju łożysk turbodmuchawy.

TE3701A_S	I/O Discrete	PLC	00109	Zmienna sygnalizująca zbyt wysoką temperaturę (powyżej 530 ⁰ C) spalin z pierwszego cylindra.
TE3721A_S	I/O Discrete	PLC	00110	Zmienna sygnalizująca zbyt wysoką temperaturę (powyżej 530 ⁰ C) spalin przed turbodoładowaniem.
TE4081S_S	I/O Discrete	PLC	00111	Zmienna sygnalizująca zbyt wysoką temperaturę (powyżej 120 ⁰ C) powietrza w przestrzeni podtłokowej.
TURBO_A	I/O Discrete	PLC	00042	Zmienna pomocnicza umożliwiająca wyłączenie symulacji zmiany prędkości obrotowej turbodmuchaw.
TURBO_CHARGE	I/O Integer	PLC	40006	Zmienna symulująca prędkość obrotową turbodmuchawy.
YE5211A_H_S	I/O Discrete	PLC	00112	Zmienna sygnalizująca wysokie wibracje turbodmuchaw.
ZAL_OBRACARK	I/O Discrete	PLC	00050	Zmienna umożliwiająca załączenie obracarki.

Zmienne występujące wewnątrz Intoucha

Nazwa zmiennej	Typ	Funkcja
AIR_SPRING_R	Memory Real	Zmienna pomocnicza wykorzystana do przeskalowania (0÷255 → 0÷1.6MPa) miernika ciśnienia sprężyny powietrznej.
BEARING_OIL_R	Memory Real	Zmienna pomocnicza wykorzystana do przeskalowania (0÷255 → 0÷0.35MPa) miernika ciśnienia oleju smarowego w łożyskach głównych.
CONTROL_AIR_B	Memory Real	Zmienna pomocnicza wykorzystana do przeskalowania (0÷255 → 0÷10Bar) miernika ciśnienia powietrza sterującego.
CONTROL_AIR_R	Memory Real	Zmienna pomocnicza wykorzystana do przeskalowania (0÷255 → 0÷1MPa) miernika ciśnienia powietrza sterującego.
CONTROL_AIR_S	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (0.5MPa) ciśnienia sterującego.
CROSS_HEAD_R	Memory Real	Zmienna pomocnicza wykorzystana do przeskalowania (0÷255 → 0÷1.6MPa) miernika ciśnienia oleju w łożyskach wozdrikowych.
CYL_COOL_WAT_R	Memory Real	Zmienna pomocnicza wykorzystana do przeskalowania (0÷255 → 0÷0.4MPa) miernika ciśnienia wody chłodzącej cylindry.

czlowiek	Memory Integer	Zmienna pomocnicza umożliwiająca animację postaci człowieczka w oknie tytułowym.
dodaj	Memory Integer	Zmienna pomocnicza.
dosprzeglij	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza wykorzystana do animacji sprzęgła pneumatycznego.
drzwi	Memory Integer	Zmienna pomocnicza wykorzystana w oknie tytułowym do animacji otwierających się drzwi.
f118	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza umożliwiająca bezpośrednie przejście do okna <i>Speed Control</i> oraz <i>Starting</i> .
f119	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza umożliwiająca bezpośrednie przejście pomiędzy oknami <i>Revers</i> oraz <i>Starting</i> .
f120	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza umożliwiająca bezpośrednie przejście pomiędzy oknami <i>Stop</i> oraz <i>Speed Control</i> .
f120A	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza umożliwiająca bezpośrednie przejście pomiędzy oknami <i>Stop</i> oraz <i>Speed Control</i> .
f121A	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza umożliwiająca bezpośrednie przejście pomiędzy oknami <i>Stop</i> oraz <i>Speed Control</i> .
f135	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza umożliwiająca bezpośrednie przejście pomiędzy oknami <i>Stop</i> oraz <i>Revers</i> .
f136	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza umożliwiająca bezpośrednie przejście pomiędzy oknami <i>Stop</i> oraz <i>Revers</i> .
f161	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza umożliwiająca bezpośrednie przejście pomiędzy oknami <i>Stop</i> oraz <i>Speed Control</i> .
f37	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza umożliwiająca bezpośrednie przejście pomiędzy oknami <i>Air Supply</i> oraz <i>Starting</i> .
f38	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza informująca o źródle sygnału z następujących okien <i>Air Supply</i> , <i>Lubrication</i> , <i>Speed Control</i> , <i>Stop</i> oraz <i>Revers</i> .
f38A	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza informująca o źródle sygnału z okien <i>Air Supply</i> oraz <i>Exhaust</i> .
f39	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza informująca o źródle sygnału z okien <i>Speed Control</i> , <i>Stop</i> oraz <i>Air Supply</i> .
f39A	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza umożliwiająca bezpośrednie przejście pomiędzy oknami <i>Air Supply</i> oraz <i>Starting</i> .
f48	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza informująca o źródle sygnału z okien <i>Oil Supply</i> oraz <i>Lubrication</i> .
f49	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza informująca o źródle sygnału z okien: <i>Lubrication</i> , <i>Oil Supply</i> , <i>Exhaust</i> oraz <i>Revers</i> .

FE3101A	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przepływ oleju smarującego tuleje.
FUEL_OIL_R	Memory Real	Zmienna pomocnicza wykorzystana do przeskalowania ($0 \div 255 \rightarrow 0 \div 1 \text{MPa}$) miernika ciśnienia paliwa za filtrem.
FUEL_OIL_S	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (0.65MPa) ciśnienia paliwa za filtrem.
gorny	Memory Integer	Zmienna pomocnicza umożliwiająca sterowanie sprzęgłem pneumatycznym.
kat	Memory Integer	Zmienna wykorzystana do animacji tłoka.
krzywik1	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza.
krzywik2	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza.
LICZNIK	Memory Integer	Zmienna pomocnicza wykorzystana do 10 sekundowego migania strzałek informujących o źródle sygnału.
LOAD_I	Memory Real	Zmienna pomocnicza wykorzystana do przeskalowania ($0 \div 255 \rightarrow 0 \div 100\%$) wskaźnika obciążenia.
migaj	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza wykorzystana przy animacji rozdzielacza.
obrot	Memory Integer	Zmienna wykorzystana przy animacji pracy sprzęgła pneumatycznego.
olej1	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza.
olej2	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza.
palec	Memory Integer	Zmienna pomocnicza wykorzystana do animacji w oknie tytułowym poruszającej się dłoni.
pisak1	Indirect Analog	Zmienna pomocnicza wykorzystana do wykreślenia pierwszego sygnału analogowego oknie trendów.
pisak2	Indirect Analog	Zmienna pomocnicza wykorzystana do wykreślenia drugiego sygnału analogowego w oknie trendów.
pisak3	Indirect Analog	Zmienna pomocnicza wykorzystana do wykreślenia trzeciego sygnału analogowego oknie trendów.
pisak4	Indirect Analog	Zmienna pomocnicza wykorzystana do wykreślenia czwartego sygnału analogowego oknie trendów.
pisak5	Indirect Discrete	Zmienna pomocnicza wykorzystana do wykreślenia pierwszego sygnału cyfrowego oknie trendów.

pisak6	Indirect Discrete	Zmienna pomocnicza wykorzystana do wykreślenia drugiego sygnału cyfrowego oknie trendów.
pisak7	Indirect Discrete	Zmienna pomocnicza wykorzystana do wykreślenia trzeciego sygnału cyfrowego oknie trendów.
pisak8	Indirect Discrete	Zmienna pomocnicza wykorzystana do wykreślenia czwartego sygnału cyfrowego oknie trendów.
posow	Memory Integer	Zmienna wykorzystana do animacji zaworu rewersującego.
poz	Memory Integer	Zmienna umożliwiająca animację zaworu wydechowego.
pusty	Memory Integer	Zmienna pomocnicza wykorzystana do przypisania pisakom wartości 0.
recip	Memory Message	Zmienna wykorzystana do realizacji receptur.
rozdziel	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza wykorzystana do realizacji animacji rozdzielacza.
SCAV_R	Memory Real	Zmienna pomocnicza wykorzystana do przeskalowania ($0 \div 255 \rightarrow 0 \div 0.4 \text{MPa}$) miernika ciśnienia powietrza przepływającego.
SIDnTIME_F	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza służąca do wyboru czasu trwania opóźnienia (domyślnie 1, tj. 60s) sygnału do systemu alarmowego.
STARTING_AIR_B	Memory Integer	Zmienna pomocnicza wykorzystana do przeskalowania ($0 \div 255 \rightarrow 0 \div 40 \text{Bar}$) miernika ciśnienia powietrza rozruchowego.
STARTING_AIR_I	Memory Real	Zmienna pomocnicza wykorzystana do przeskalowania ($0 \div 255 \rightarrow 0 \div 4 \text{MPa}$) miernika ciśnienia powietrza rozruchowego.
STARTING_AIR_S	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (1.6MPa) ciśnienia powietrza rozruchowego.
TE1121A_L	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (powyżej 90°C) temperatury wody chłodzącej cylindry.
TE1121S	Memory Integer	Zmienna pomocnicza symulująca temperaturę wody chłodzącej cylindry.
TE1121S_L	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (powyżej 95°C) temperatury wody chłodzącej cylindry.
TE1331A_L	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (powyżej 120°C) temperatury wody chłodzącej powietrze doładowujące w obiegu wysokotemperaturowym.

TE1331S	Memory Integer	Zmienna pomocnicza symulująca temperaturę wody chłodzącej powietrze doładowujące w obiegu wysokotemperaturowym.
TE1331S_L	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (powyżej 125 ⁰ C) temperatury wody chłodzącej powietrze doładowujące w obiegu wysokotemperaturowym.
TE2011A_L	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (powyżej 50 ⁰ C) temperatury oleju chłodzącego łożysko główne.
TE2011S	Memory Integer	Zmienna pomocnicza symulująca temperaturę oleju chłodzącego łożysko główne.
TE2011S_L	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (powyżej 55 ⁰ C) temperatury oleju chłodzącego łożysko główne.
TE2121A_L	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (powyżej 60 ⁰ C) temperatury łożyska oporowego.
TE2121S	Memory Integer	Zmienna pomocnicza symulująca temperaturę łożyska oporowego.
TE2121S_L	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (powyżej 65 ⁰ C) temperatury łożyska oporowego.
TE2501A_L	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (powyżej 70 ⁰ C) temperatury oleju chłodzącego cylindry.
TE2501S	Memory Integer	Zmienna pomocnicza symulująca temperaturę oleju chłodzącego cylindry.
TE2501S_L	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (powyżej 80 ⁰ C) temperatury oleju chłodzącego cylindry.
TE2601A_L	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (powyżej 110 ⁰ C) temperatury oleju łożysk turbodmuchawy.
TE2601S	Memory Integer	Zmienna pomocnicza symulująca temperaturę oleju łożysk turbodmuchawy.
TE2601S_L	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (powyżej 120 ⁰ C) temperatury oleju łożysk turbodmuchawy.
TE3701A	Memory Integer	Zmienna pomocnicza symulująca temperaturę spalin z pierwszego cylindra.
TE3701A_A	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (ALARM powyżej 515 ⁰ C) temperatury spalin z pierwszego cylindra.

TE3701S_L	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (SLOW DOWN powyżej 530 ⁰ C) temperatury spalin z pierwszego cylindra.
TE3721A	Memory Integer	Zmienna pomocnicza symulująca temperaturę powietrza w przestrzeni podtłokowej.
TE3721A_A	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (ALARM powyżej 515 ⁰ C) temperatury powietrza w przestrzeni podtłokowej.
TE3721A_L	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (SLOW DOWN powyżej 530 ⁰ C) temperatury powietrza w przestrzeni podtłokowej.
TE4081A_L	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (ALARM powyżej 80 ⁰ C) temperatury powietrza w przestrzeni podtłokowej.
TE4081S	Memory Integer	Zmienna pomocnicza symulująca temperaturę powietrza w przestrzeni podtłokowej.
TE4081S_L	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (SLOW DOWN powyżej 120 ⁰ C) temperatury powietrza w przestrzeni podtłokowej.
TURBO_CHARGE_I	Memory Real	Zmienna pomocnicza wykorzystana do przeskalowania (0÷255 → 0÷2000RPM) miernika prędkości obrotowej.
wejście	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza umożliwiająca pokazanie okna <i>Safety System</i> .
wejście2	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza umożliwiająca pokazanie okna <i>Control System</i> .
wejście3	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza umożliwiająca zalogowanie operatora.
wirówka	Memory Integer	Zmienna pomocnicza służąca do animacji.
YE5211A_H	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (SLOW DOWN – po 60s) bardzo wysokich wibracji turbodmuchawy.
YE5211A_L	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza sygnalizująca przekroczenie wartości progowej (ALARM – po 30s) wysokich wibracji turbodmuchawy.
zmien	Memory Discrete	Zmienna pomocnicza wykorzystana do strzałek informacyjnych.
zmienna1	Memory Message	Zmienna pomocnicza. Odpowiedzialna za pierwszy sygnał analogowy występujący w trendach.
zmienna2	Memory Message	Zmienna pomocnicza. Odpowiedzialna za drugi sygnał analogowy występujący w trendach.

zmienna3	Memory Message	Zmienna pomocnicza. Odpowiedzialna za trzeci sygnał analogowy występujący w trendach.
zmienna4	Memory Message	Zmienna pomocnicza. Odpowiedzialna za czwarty sygnał analogowy występujący w trendach.
zmienna5	Memory Message	Zmienna pomocnicza. Odpowiedzialna za pierwszy sygnał cyfrowy występujący w trendach.
zmienna6	Memory Message	Zmienna pomocnicza. Odpowiedzialna za drugi sygnał cyfrowy występujący w trendach.
zmienna7	Memory Message	Zmienna pomocnicza. Odpowiedzialna za trzeci sygnał cyfrowy występujący w trendach.
zmienna8	Memory Message	Zmienna pomocnicza. Odpowiedzialna za czwarty sygnał cyfrowy występujący w trendach.

Załącznik F: Lista sygnałów DENIS-1

Rodzaj sygnału A – analog D – digital O – output I – input	Symbol DENIS	Opis	Symbol SILNIK	Pole/nr listwy zacisko- wej SILNIK	Pole/nr li- stwy zaci- skowej AC4	Adres I/O ste- rownika SAIA	UWAGI
4. Signals, Engine → Remote Control System							
AO	PT4301C	<i>Starting Air Pressure, before Shut-off Valve</i> Przetwornik powietrza rozruchowego	308HA	E10/E12 63-64	RC-X11 1-2	80	0-40 bar 4-20mA
DO	PS5011C	<i>Reversing Servos and Rotation Direction</i> ok. Zawór przesterowania w złym położeniu	141HB	E10 9-10	RC-XC11 22-23	145	=<2bar Cont. open >=2bar Cont. closed
DO	ZS5005C	<i>Fuel Lever Position</i> Pozycja dźwigni regulacji dawki paliwa	S10	E10/E11 7-8	RC-X11 25-26	246	Fuel Pos. 0-10 = Contact open
DO	ZS5004C	<i>Local Manoeuvring Lever Position</i> Pozycja dźwigni przestrojenia silnika	S3	E10/E11 5-6	RC-X11 25-26	--	Run/Start, Ahead/Astern = NO Contact closed Remote = NO Contact open
DO	ZS5003C	<i>Stop Lever Position</i> Pozycja dźwigni stopu	S5	E10/E11 5-6	RC-X11 25-26	--	Stop = Contact open Run = Contact closed
AO	PT4041C	<i>Charge Air Pressure</i> <i>In Air Receiver</i> Ciśnienie powietrza rozruchowego w zbiorniku powietrza	321HA	E10 201-202	RC-X11 41-42	81	0-3.2Bar = 4-20mA
AO	GT5151C	<i>Load Indicator</i> Wskaźnik obciążenia (przetwornik)	308 HA	E10 221-222	RC-X11 45-46	83	0-10 LI = 4-20mA
DO	ZS5016C	<i>Turning Gear Disengaged</i> Obracarka wału wysprzęglona	S13	E10 215-216	RC-X11 57-58	134	Disengaged = Contact closed
AO	GE5331C	<i>VIT + FQS Actuator 2 Position</i> Pozycja siłownika nr1 VIT/FQS		E10 79-80-81	RC-X11 49-50-51	82	4 – 20mA

DO	PS2002S	<i>Shut Down 1: Main Bearings Oil Pressure Supply</i> Bardzo niskie ciśnienie oleju smarowego łożysk głównych	169HQ	E10 55-56	SS-X11 6-7	150	Normal Pressure 6bar Shutdown =<2.1bar = cont. Closed Shutdn. 10sec delay in Safety System Passive Fail Supervision
DO	PS2001S	<i>Shut Down 2: Main Bearings Oil Pressure Supply</i> Niskie ciśnienie oleju smarowego łożysk głównych	169HC	E10 53-54	SS-X11 10-11	151	Normal Pressure 6bar Slowdn., Shutdn =<2.6bar Slowdn. 60sec delay in Safety System Shutdn. 90sec delay in Safety System Passive Fail Supervision
DO	PS1101S	<i>Cyl. Cool. Water Press Outlet</i> Ciśnienie wody chłodzącej cylindry – wylot	169HD	E10 51-52	SS-X11 14-15	135	Normal Pressure 6bar Slowdown Shutdown =<2.5bar = contact closed Slowdn. 60sec delay in Safety System Passive Fail Supervision
DO	PS4342S	<i>Air Spring Pressure</i> Bardzo niskie ciśnienie powietrza sprężyny powietrznej	169HB	E10 61-62	SS-X11 18-19	144	Normal Pressure 6bar Shutdown =>4,5bar = contactor closed Passive Fail Supervision
DO	FS2521S PS2541S	<i>Piston Cooling Oil Flow Monitoring Cyl.1</i> Przepływ oleju chłodzącego tłoki – Cylinder 1	E28.01	E28 1-2	SS-X11 30-31	132	For PS2541S: Shutdown =>0.4bar = contact closed Shutdown – Action 1secdelay in Safety System Conected in parallel with FS 2521S For FS2521S Shutdown = No Flow = Contact closed Shutdown – Action 15sec. Delay in Safety System Passive Fail. Supervision in PS2541S
DO	PS2021S	<i>Crosshead Bearing Oilpress., Supply</i> Ciśnienie oleju smar. łożysk wozików i napędu zaworu wydechowego	171HA	E10/E12 57-58	SS-X13 2-3	148	Normal Pressure 16bar Slowdown =< 9bar Cont. cl. Slowdown – Indication 10sec. delay in Safety System Slowdown – Action 60sec. delay in Safety System Passive Fail. Supervision
DO	AS2401S AS2401A XS2411A	<i>Oilmist Concetration in Crankcase</i> Stężenie mgły olejowej w skrzyni korbowej	Graviner MK5	E10/E15 207-208	SS-X13 6-7	146	Slowdown = Concetration high = contact closed Slowdown 60sec delay in Safety System

							Passive Fail. Supervision
DO	PS4341S	<i>Air Spring Pressure</i> Ciśnienie powietrza sprężyny powietrznej	169HA	E10/E12 59-60	SS-X13 10-11	149	Normal Pressure 16bar Shutdown =<6bar = Cont. closed
DO	PS5001C	<i>Remote Control</i> Zdalne sterowanie	141HA	E10 1-2	CT-X75 9-10		Remote Control Pres. > 2 bar – Cont. clos.
DO	PS4421S	<i>Safety Control Air Press.</i> Niskie ciśnienie powietrza bezpieczeństwa	169HI	E10 209-210	SS-X31 (+) - 15	147	Normal Pressure 6bar Comm. Pass. Fail. Alarm =<5bar Cont. Closed Comm. Pass. Fail. Alarm =<4.5bar Cont. Closed Passive Fail. Supervision
DI	ZV7051S	<i>Safety Shut Down Valve</i> Zawór „Shut down” Cyl. 1+2	38A	E10 242-243	SS-X32/35 3-4	--	Energised = Shut down Passive Fail. Supervision
DI	ZV7061S	<i>Emergency Stop Valve</i> Solenoid awaryjnego zatrzymania SG	126HB	E10 45-46	SS-X10/X34 (-)-14	208	Energised = Emergency Stop Passive Fail. Supervision
DO	ZS5022W	<i>Local Maouvring Lever Position Ahead</i> Stanowisko lokalne dźwignia w pozycji NAPRZÓD	S1	E10 20-21	CT-X34 21-24	--	Remote or Astern = contact closed
DO	ZS5023W	<i>Local Maouvring Lever Position Astern</i> Stanowisko lokalne dźwignia w pozycji WSTECZ	S2	E10 22-23	CT-X34 31-34	--	Remote or Ahead = contact closed

5. Signals, Remote Control System → Engine

DI	ZV7013C	<i>Start Valve</i> Start	130HC	E10 37-38	RC-X31/34- M1 3-4	226	Energised = Start
DI	ZV7011C	<i>Start Ahead (+Slow Turning) Valve</i> Start wstecz i zdalne obracanie	130HA	E10 33-34	RC-X31/34- M1 5-6	228	Energised = Start Ahead or Slow Turning
DI	ZV7015C	<i>Reversing Ahead Valve</i> Przesterowanie naprzód	130HD	E10 39-40	RC-X31/34- M1 7-8	225	Energised = Reversing Ahead
DI	ZV7012C	<i>Start Astern Valve</i> Start wstecz	130HB	E10 35-36	RC-X31/34- M1 9-10	227	Energised = Start Astern Valve
DI	ZV7016C	<i>Reversing Astern Valve</i> Przesterowanie wstecz	130HE	E10 41-42	RC-X31/34- M1 11-12	224	Energised = Reversing Ahead
DI	ZV7001C	<i>Remote Control Take Over Valve</i> Przejęcie zdalnego przesterowania	25A	E10 31-32	RC-X31/34- M1 3-4	230	Energised = Remote Control Take Over
DI	ZV7014C	<i>Start Cutoff Valve</i> Odcięcie rozruchu	129HA	E10 233-234	RC-X31/34- M1 5-6	229	Start Cutoff Valve
DI	ZV7002C	<i>Cyl. Prelubrication Valve</i> Wstępne przesmarowanie tulei cylindrowej	126HA	E10 231-232	RC-X31/34- M1 9-10	--	Cyl. Prelubrication Valve
DO	JS5031C	<i>Aux. Blower 1 running</i> Praca dmuchawy pomocniczej nr 1	Aux. Blower	E21 11-12	RC-X32 (+) – 7	209	Running = Contact closed Off = contact open

DO	JS5032C	<i>Aux. Blower 2 running</i> Praca dmuchawy pomocniczej nr 2	Aux. Blower	E22 11-12	RC-X32 (+) – 9	--	Running = Contact closed Off = contact open
DI	ZV7091C	<i>VIT + FQS Actuator 1</i> Retracting Valves Ruch tłoka – cofanie	E13	E10 71-72	RC-X31/34 72-71	--	Energised = Valves closed = Actuator ex- tending
DI	ZV7092C	<i>VIT + FQS Actuator 1</i> Extension Valves` Ruch tłoka - rozciąganie	E13	E10 77-78	RC-X31/34 78-77	--	Deenergised = Valves open = Actuator react- ing or hold Energised = Valves open = Actuator extend- ing

6. Signals, Engine → Ship Alarm System

AO	PT1101A	<i>Cyl. Cool. Water Press., Inlet</i> Ciśnienie wody chłodzącej cylindry- dolot	304HB	E150		--	Zakres pomiarowy: 0-6 bar Alarm<3 bar Rodzaj czujnika: 4-20mA
DO	TE1111A	<i>Cyl. Cool. Water Temp. Inlet</i> Temperatura wody chłodzącej cylindry- dolot		E120 1-2		--	Zakres pomiarowy: 0-100 °C Alarm=< 65 °C Rodzaj czujnika: PT100
2XDO	TE1121S TE1121A	<i>Cyl. Cool. Water Temp. Outlet</i> Temperatura wody chłodzącej cylindry- odlot z cyl. 1		E140 103-104		--	Zakres pomiarowy: 0-100 °C Alarm=>90°C Slowdown =>95 °C (60s) Rodzaj czujnika: PT100
2xDO	PS1301S	<i>Chargeair Cool. Water Temp. Press. Inlet Cooler</i> Ciśnienie wody chłodzącej dolot do chłod- nicy	171HD	E150		--	Alarm =< 3bar=open Slowdown=<2,5bar=open
2xDO	TE1331S TE1331A	<i>Chargeair Cool. Water Temp. Outlet Cooler</i> Temp. wody chłodzącej powietrze doła- dowujące. Odlot z chłodnicy 1		E110		--	Alarm=>120 °C Slowdown =>125 °C (60s) Rodzaj czujnika: PT100
AO	PT1361A	<i>Chargeair Cool. Water Press. Inlet Cooler</i> Ciśnienie wody chłodzącej powietrze do- ładowujące. Dolot do chłodnicy	304HC	E150 3-4		--	0-6bar=4-20mA Alarm <1bar dla wody morskiej <2bar dla słodkiej

DO	TE1371A	<i>Chargeair Cool. Water Temp. Inlet Cooler</i> Temp. Wody chłodzącej powietrze dolot do chłodnicy		E110 29-30		--	Alarm=<20 °C Rodzaj czujnika: PT100
DO	TE1381A	<i>Chargeair Cool. Water Temp. Outlet Cooler 1</i> Temp. Wody chłodzącej powietrze odlot z chłodnicy 1		E110 31-32		--	Alarm=>57 °C Rodzaj czujnika: PT100
2xDO	TE2011S TE2011A	<i>Main Bearing Oil Temp., Supply</i> Temp. oleju chłodzącego łożysko główne		E110 51-52		--	Alarm=>50 °C Slowdown=>55 °C (60s) Rodzaj czujnika: PT100
AO	PT2001A	<i>Main Bearing Oil Press., Supply</i> Ciśnienie oleju łożyskowego	304HA	E150 5-6		--	0-6bar=4-20mA Alarm<2,8bar
AO	PT2021A	<i>Crosshead Bearing Oil Press., Supply</i> Ciśnienie oleju w łożysku wodzikowym	306HD	E150 7-8		--	0-16bar=4-20mA Alarm<10bar
	TE2121A TE2121S	<i>Thrust Bearing Oil Temp., Outlet</i> Temperatura oleju łożyska oporowego, odlot		E130			Alarm=>60 °C Slowdown=>65 °C (60s) Rodzaj czujnika: PT100
2xDO	TE2501S TE2501A	<i>Piston Cool. Oil Temp. – Outlet Cyl. 1</i> Temp. oleju chłodzącego tłoki – Odlot z cyl.1		E130 29-30		--	Alarm=>75 °C Slowdown=>80 °C (60s) Rodzaj czujnika: PT100
	TE2601A TE2601S	<i>Turbo-Charger Bearing Oil Temp. Char- ger 1</i> Temp. oleju łożyska turbosprężarki doła- dowującej. Sprężarka 1		E140			Alarm=>110 °C Slowdown=>120 °C (60s) Rodzaj czujnika: PT100
DO	PS2721A	<i>Axial Detuner Chamber Oil Press Aft. Side</i> Ciśnienie oleju tłumika osiowego- Strona napędu		E150 27-28		--	Ciśnienie<1,7bar=open Alarm z opóźnieniem 60s
DO	PS2722A	<i>Axial Detuner Chamber Oil Press Fore Side</i> Ciśnienie oleju tłumika osiowego		E150 29-30		--	Ciśnienie<1,7bar=open Alarm z opóźnieniem 60s

DO	FE3101A	<i>Cyl. Lube Oil Flow Cyl. 1+2 or Cyl.1</i> Przepływ oleju smarującego tuleje cyl.1+2		E111 1-2		--	Alarm=NOFlow=open (30s) Slowdown=NOFlow=open (+60s) FlowOK=close
AO	PT3401A	<i>Fuel Oil Press. Before Injection Pumps</i> Ciśnienie paliwa przed pompami wtryskowymi	306HA	E150 9-10		--	0-16bar=4-20mA Alarm<8bar
DO	TE3411A	<i>Fuel Oil Temp. Before Injection Pumps</i> Temp. paliwa przed pompami wtryskowymi		E120 3-4		--	Alarm=<60...120 °C Zależy od lepkości paliwa Rodzaj czujnika: PT100
DO	LS3441A	<i>Fuel Oil Leakage level</i> Przecieki paliwa		E130 53-54- 55-56		--	Alarm = Level high = open
2xDO	TE3701A	<i>Exhaust Gas Temp after Cyl. 1</i> Temp. Spalin za cyl.1		E140 33-34		--	Alarm>515 °C +-50 Slowdown>530 °C +-70 (60s) Rodzaj czujnika: CrAl
2xDO	TE3721A	<i>Exhaust Gas Temp before Turbocharger 1</i> Temp. spalin przed turbospręż.1		E140 69-70		--	Alarm>515 °C Slowdown>530 °C (60s) Rodzaj czujnika: CrAl
2xDO	TE3731A	<i>Exhaust Gas Temp after Turbocharger 1</i> Temp. Spalin za turbospręż.1		E140 81-82		--	Alarm>480 °C Rodzaj czujnika: CrAl
DO	TE4031A	<i>Charge Air Temp after Air Cooler 1</i> Temp. Powietrza Doładującego za Chłodnicą 1		E140 93-94		--	Alarm =<25 °C Alarm =>65 °C Rodzaj czujnika: PT100
DO	LS4071A	<i>Charge Air Condense Water Detectoin in Air Receiver</i> Poziom kondensatu w zbiorniku powietrza		E110 41-42		--	Alarm= Level high =open
2xDO	TE4081S TE4081A	<i>Charge Air Temp Piston Underside, Cyl.1</i> Temp. powietrza w przestrzeni podtłokowej cyl.1		E120 29-30		--	Alarm=>80 °C Slowdown=>120 °C (60s) Rodzaj czujnika: PT100
DO	PS4301A	<i>Starting Air Pressure before Shut-off Valve</i> Ciśnienie powietrza rozruchowego przed zaworem odcinającym	173HA	E150 11-12		--	Alarm=<12bar=open Max 25bar

AO	PT4321A	<i>Air Spring Pressure Supply</i> Ciśnienie powietrza dla sprężyn powietrz- nych – dolot	306HC	E150 13-14		--	0-16bar=4-20mA Alarm<6,5bar
DO	LS4351A	<i>Air Spring Oil Leakage Level</i> Przecieki oleju ze sprężyn powietrznych- poziom		E140 101-102		--	Alarm=Level high=open
AO	PT4401A	<i>Control Air Pressure Supply</i> Ciśnienie powietrza sterującego-dolot	306HB	E150 1-2		--	0-16bar=4-20mA Alarm<6bar

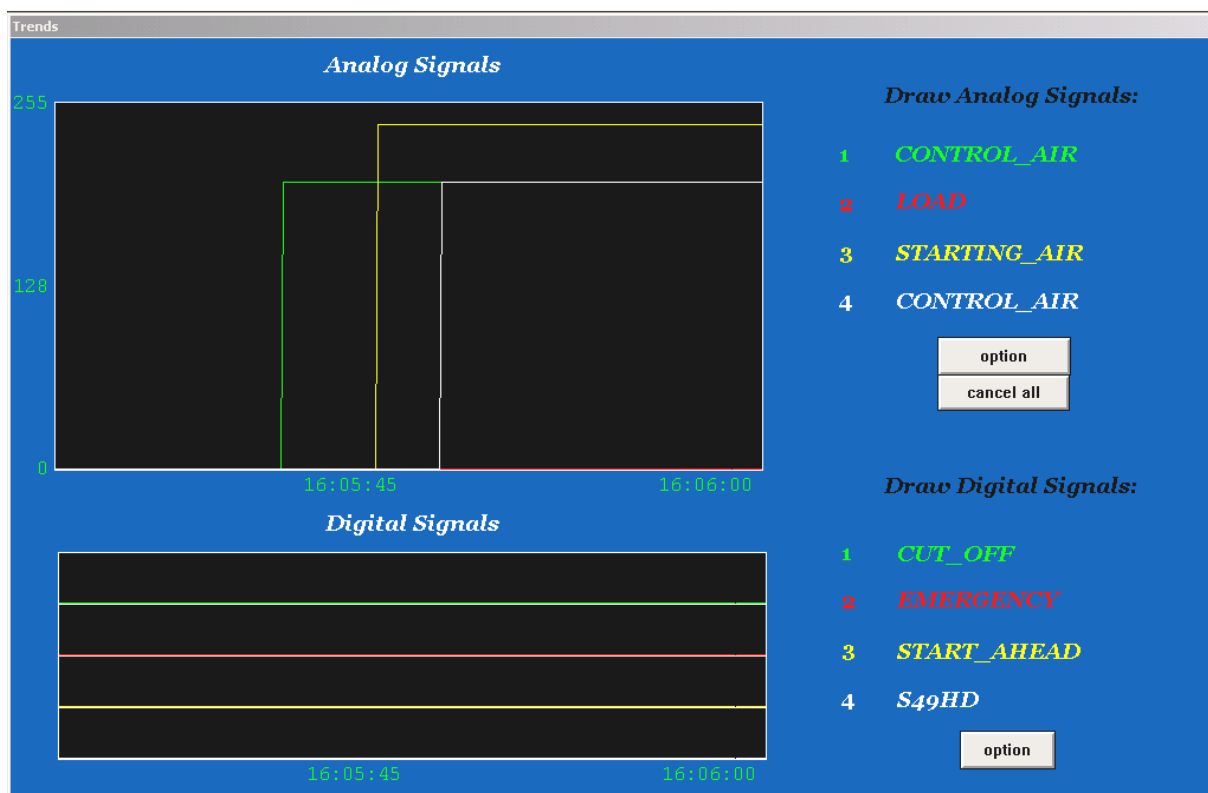
Załącznik G: Widok okien aplikacji Intouch



Rys. G1 Widok menu głównego



Rys. G2 Okno menu jednostki Safety System po zalogowaniu operatora



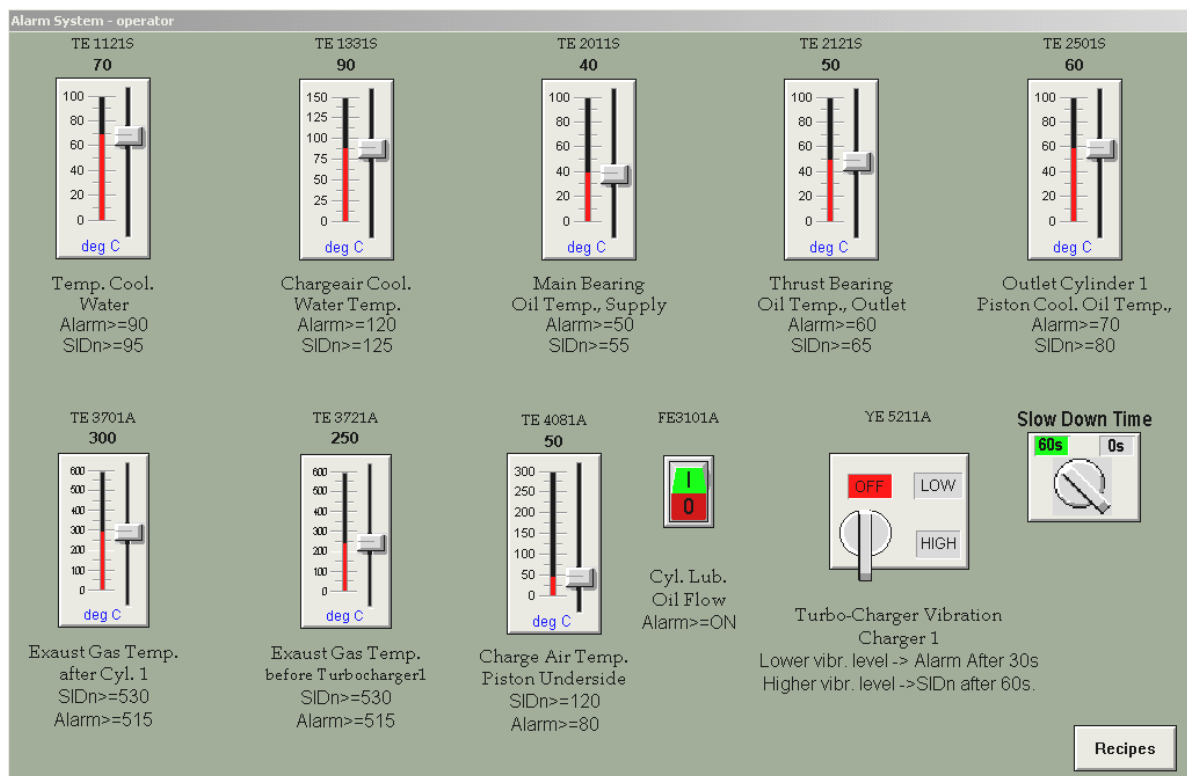
Rys. G3 Okno prezentacji trendów bieżących

The screenshot shows a window titled 'Sygn dyskretne' with a blue background. It contains four dropdown menus arranged in a 2x2 grid, numbered 1 through 4:

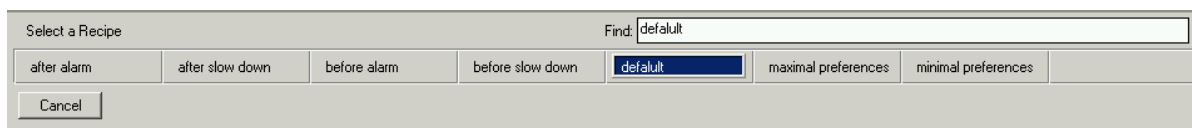
- 1: **CUT_OFF**
- 2: **EMERGENCY**
- 3: **START_AHEAD**
- 4: A dropdown menu with a list of options: **START_AHEAD**, **START_ASTERN**, **S25A**, and **S49HD**. The 'START_AHEAD' option is currently selected.

At the bottom of the window are two buttons: 'OK' and 'Kasuj'.

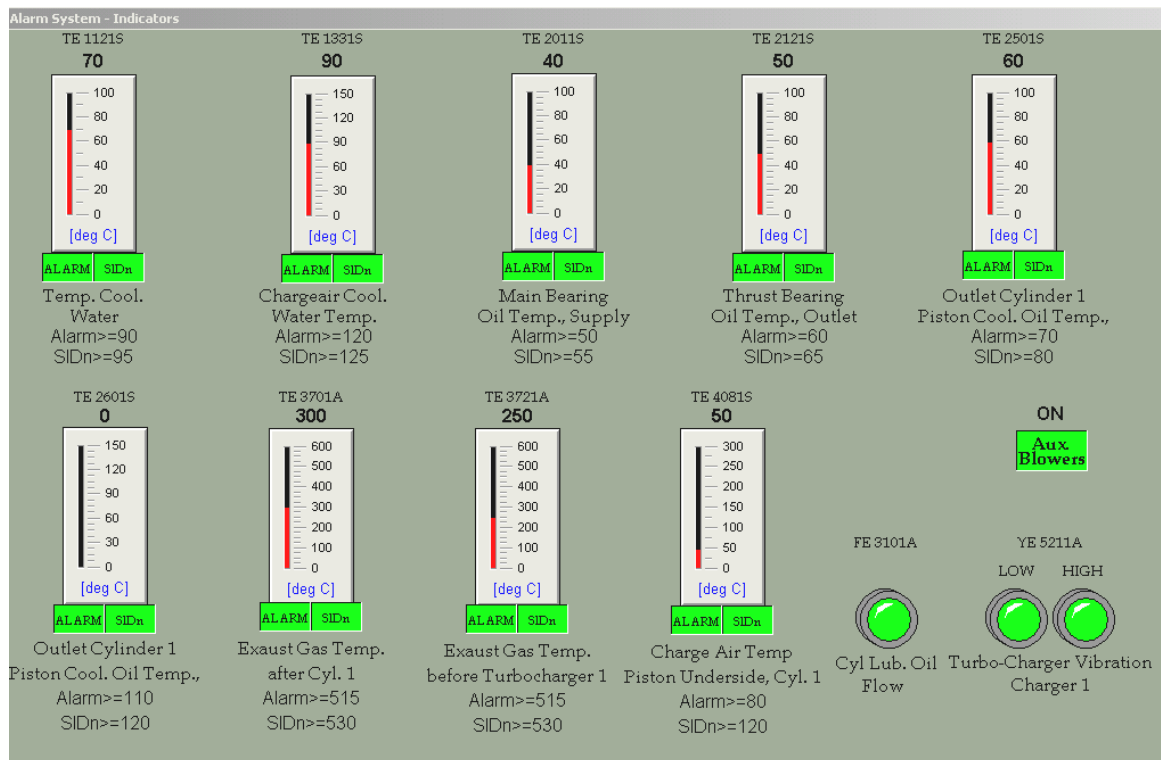
Rys. G4 Okno wyboru monitorowanego sygnału



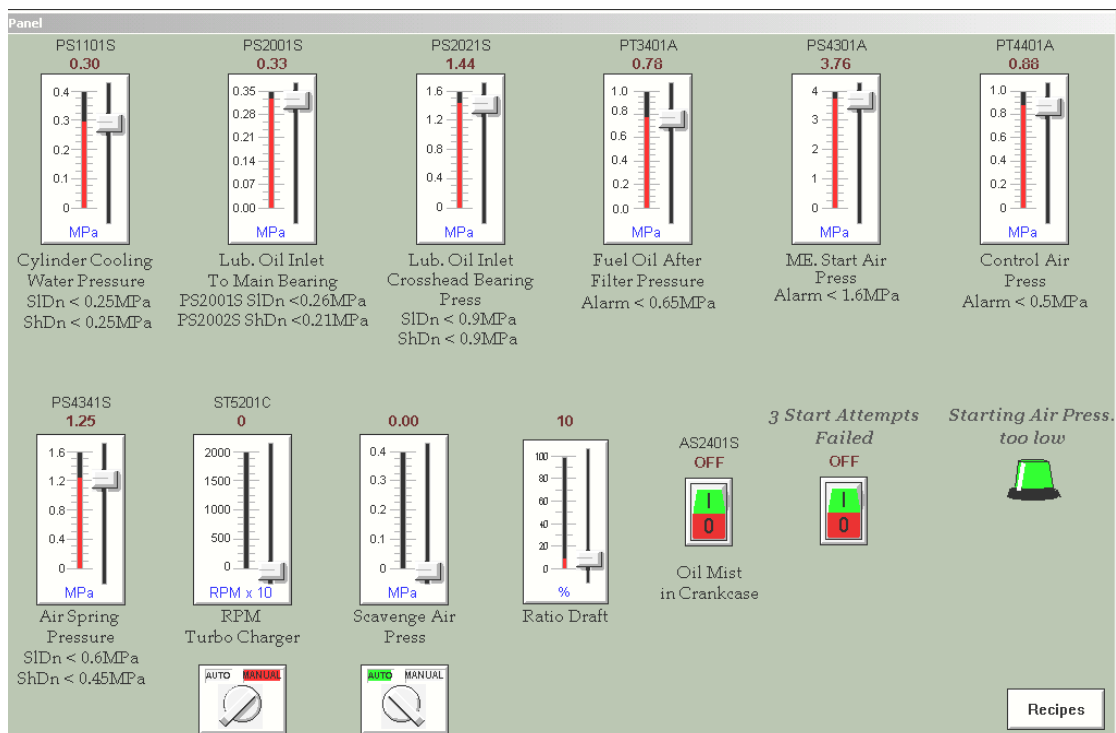
Rys. G5 Okno nastaw parametrów systemu alarmowego



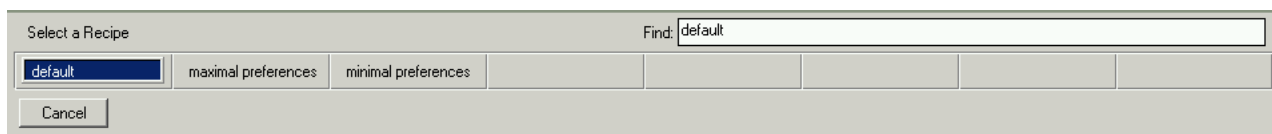
Rys. G6 Okno wyboru receptur systemu alarmowego



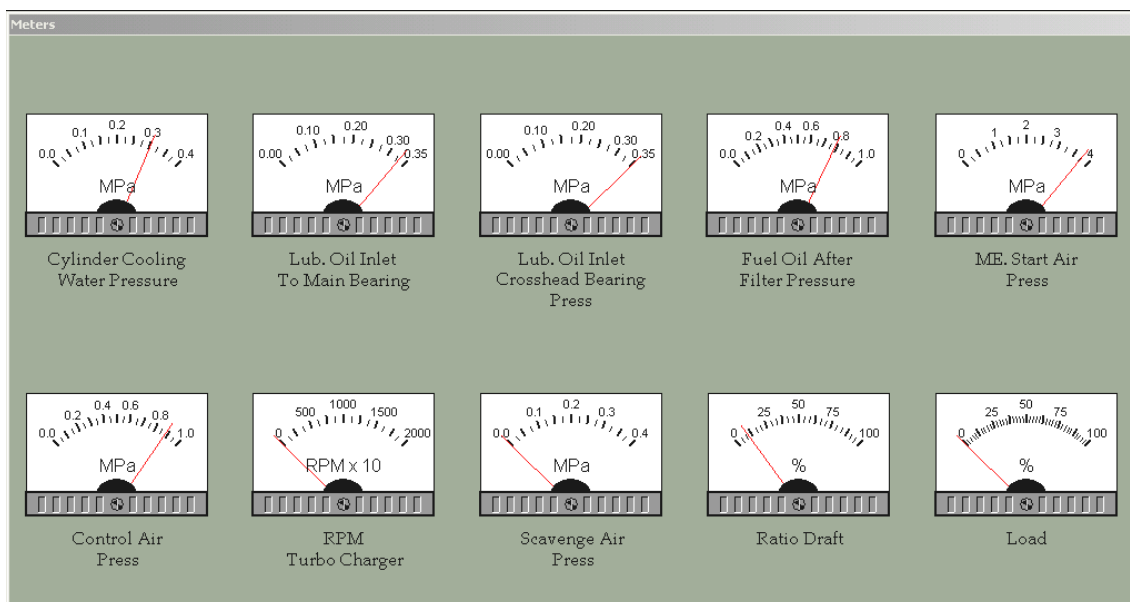
Rys. G7 Okno wskaźników parametrów systemu alarmowego



Rys. G8 Okno nastaw parametrów symulacji



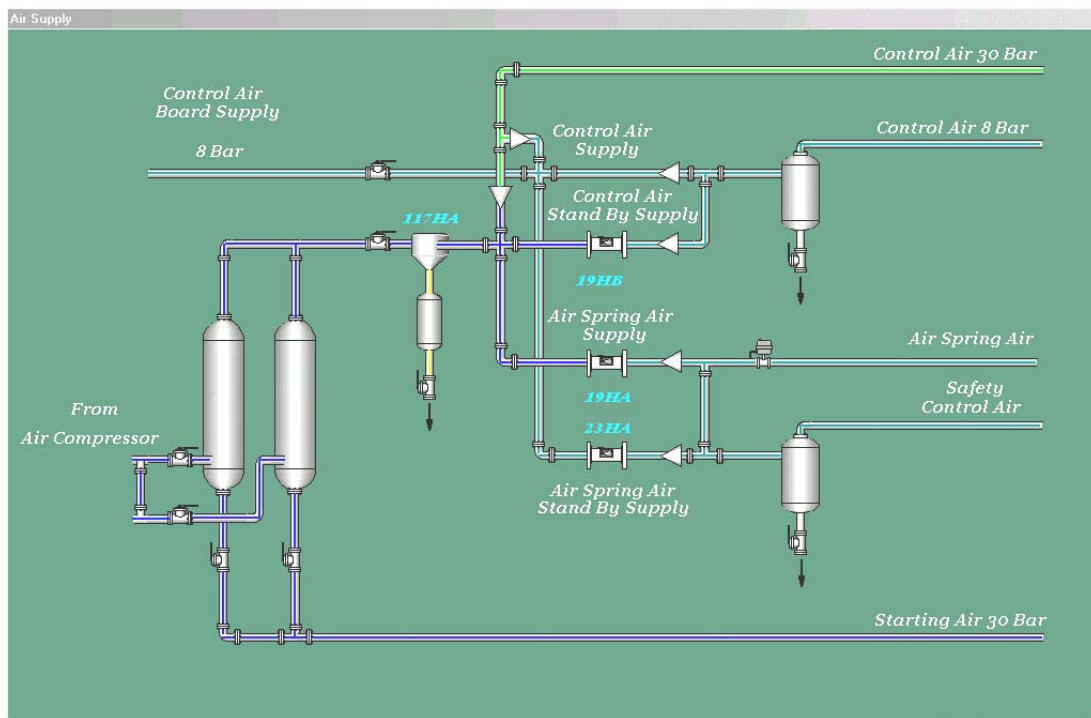
Rys. G9 Okno wyboru receptur parametrów symulacji



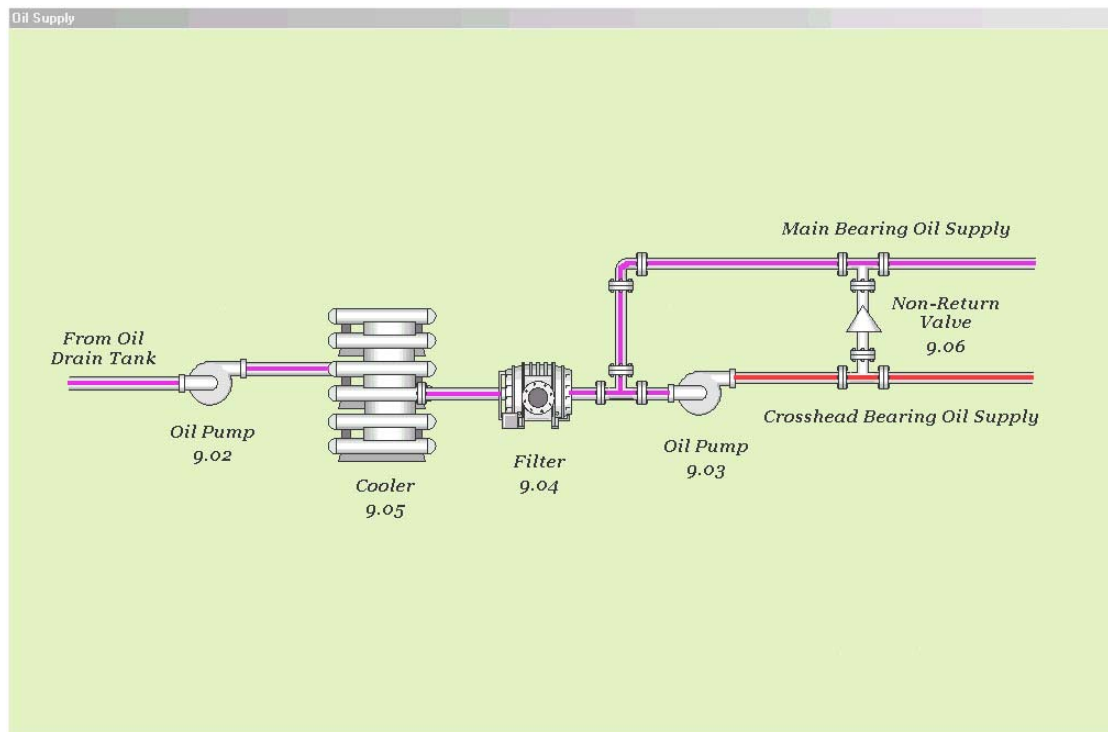
Rys. G10 Okno mierników wartości parametrów symulacji

Air Supply	Oil Supply	Starting	Speed Ctrl.	Revers	Communication Status ■	Safety System	EXIT
Stop	Exhaust	Lubrication	Fuel System				

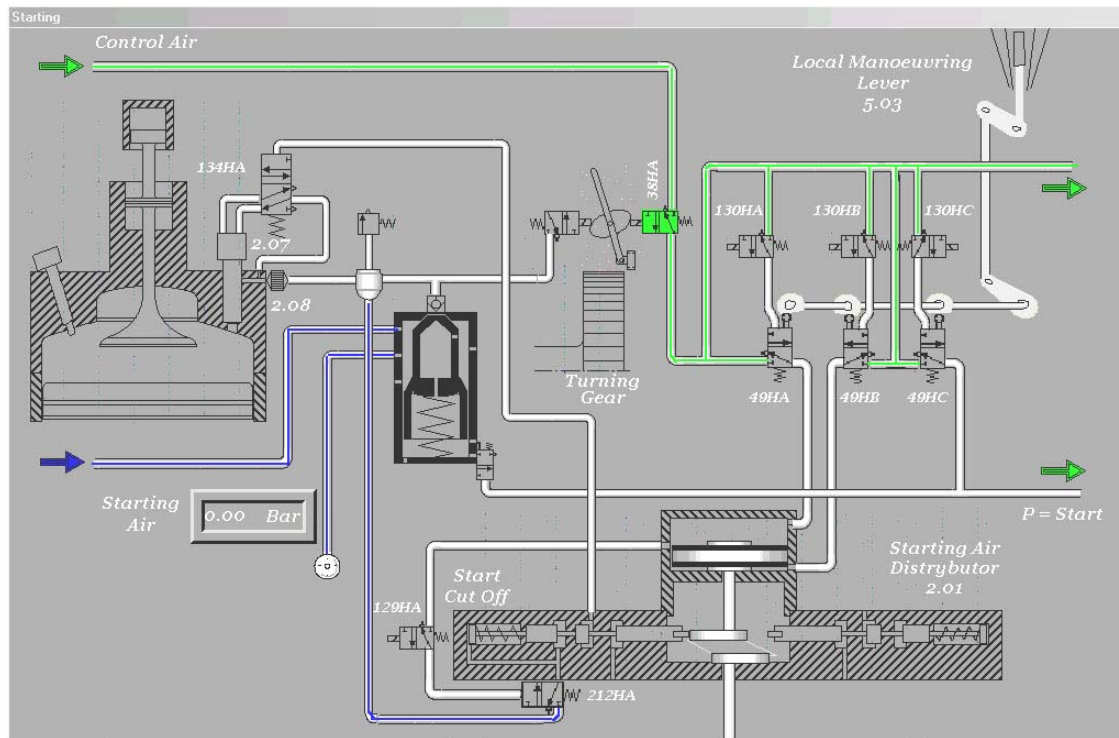
Rys. G10 Okno menu jednostki Control System



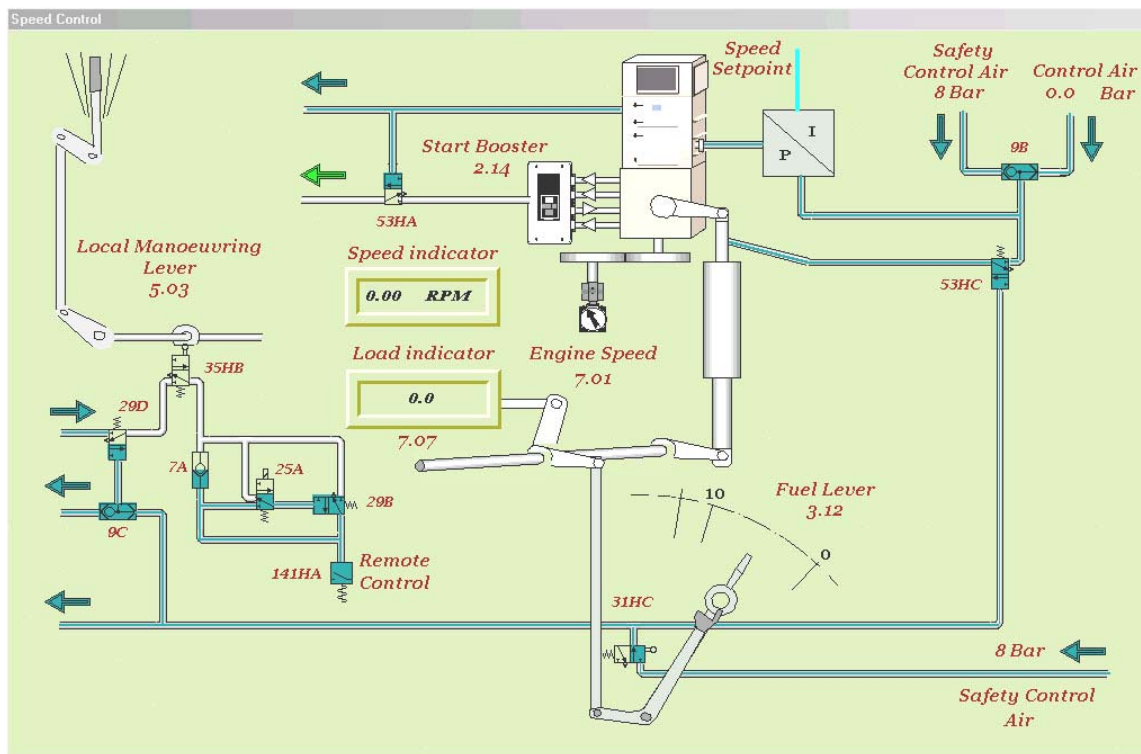
Rys. G11 Okno układu zasilania powietrzem



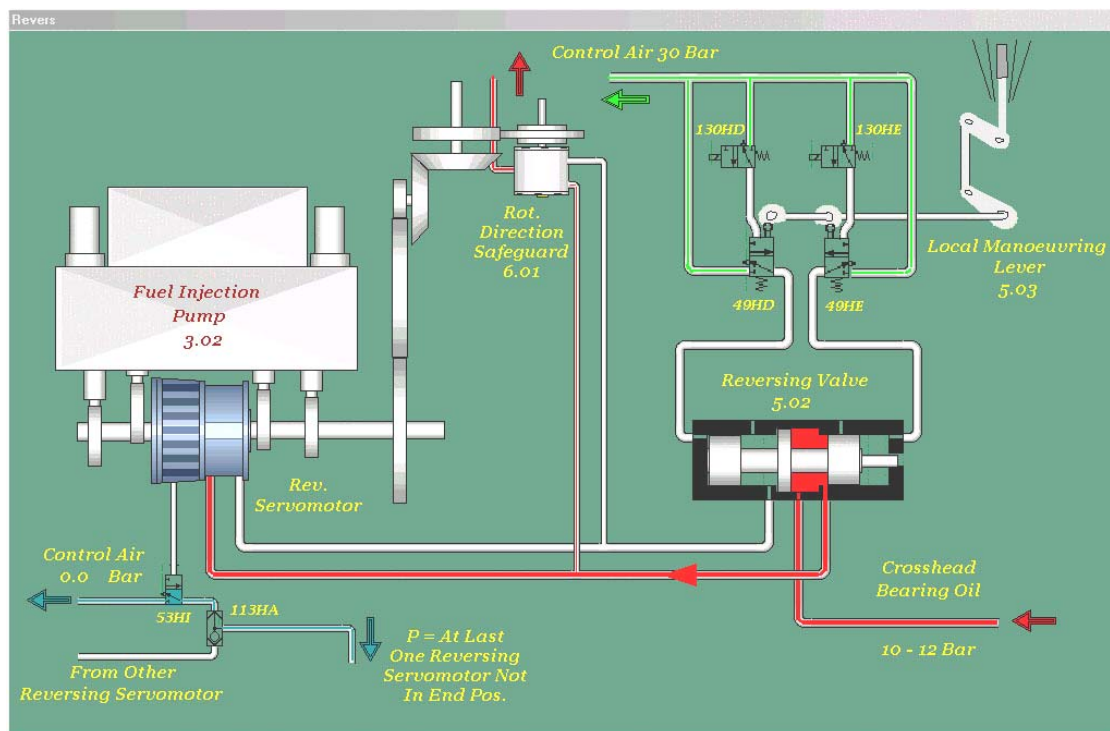
Rys. G12 Okno układu zasilania olejem



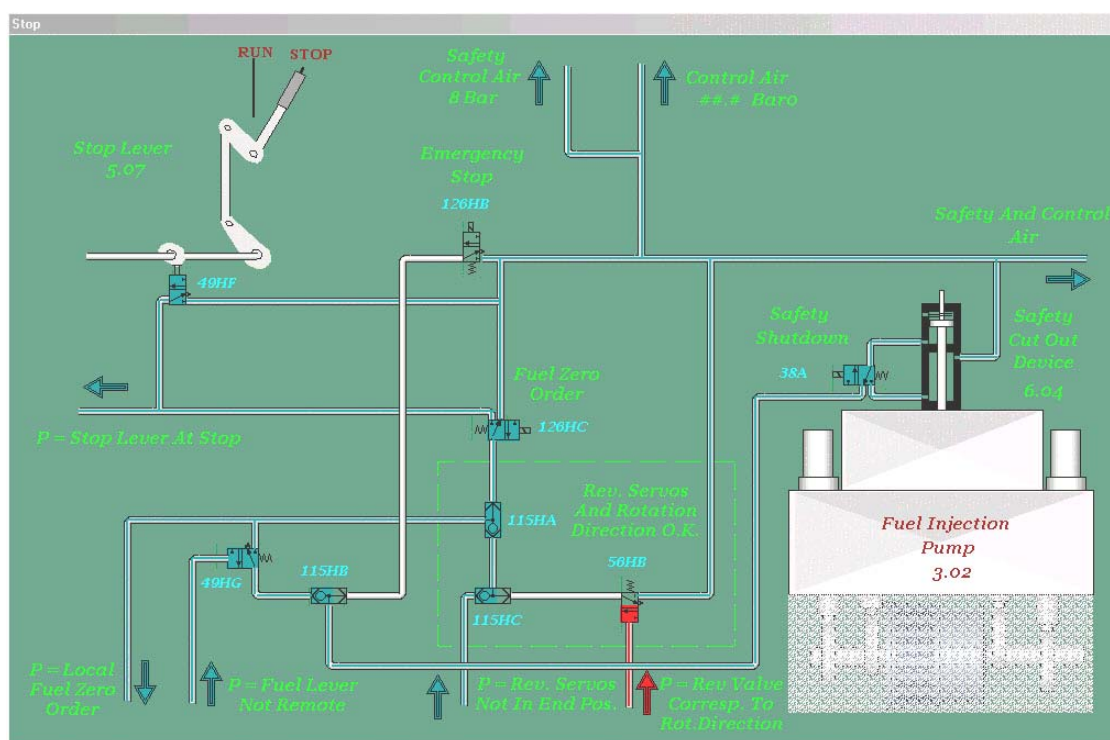
Rys. G13 Okno wizualizacji procedur startowych



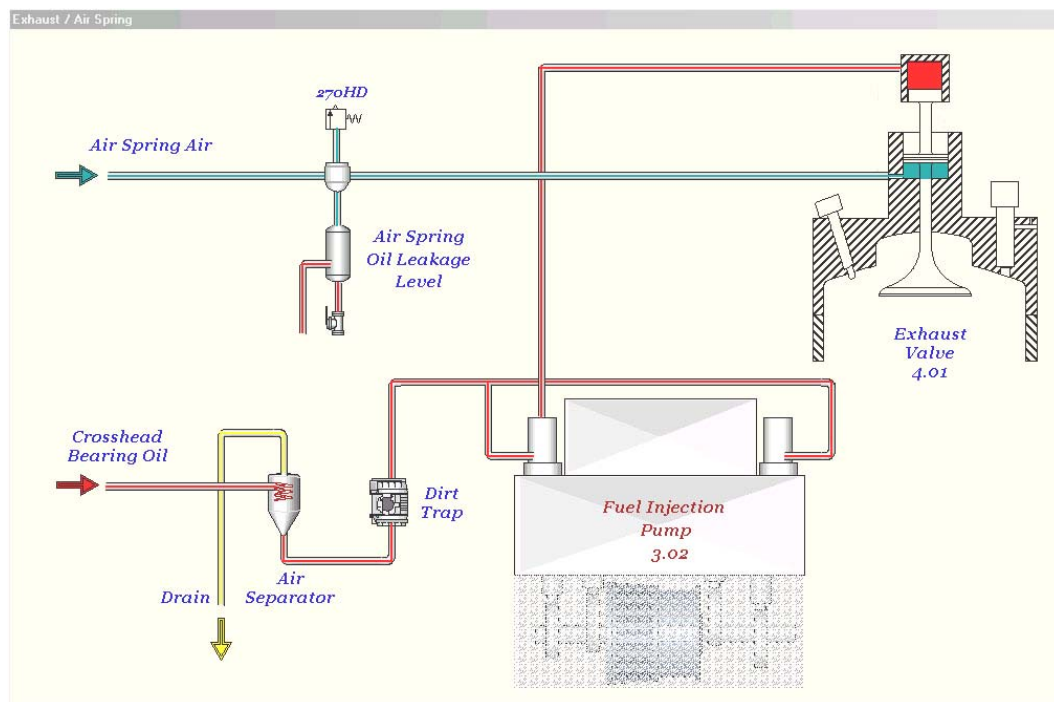
Rys. G14 Okno wizualizacji kontroli prędkości z wyborem stanowiska sterowania



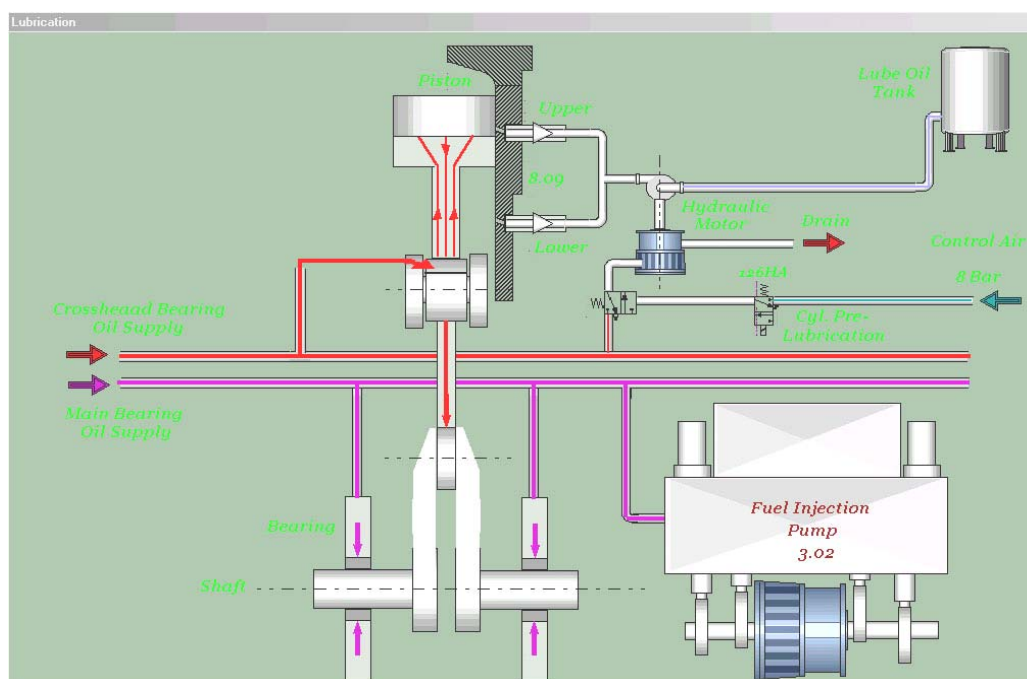
Rys. G15 Okno wizualizacji procedury rewersu silnika



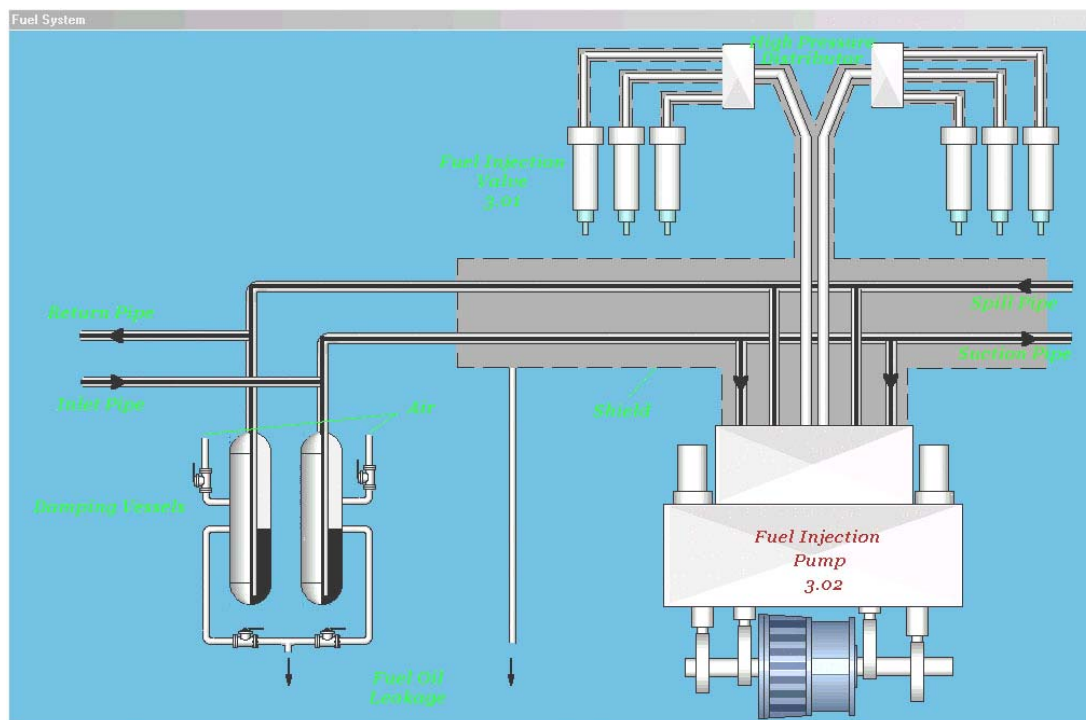
Rys. G16 Okno wizualizacji procedur zatrzymania silnika i blokady jego uruchomienia



Rys. G17 Okno wizualizacji sterowania zaworem wydechowym

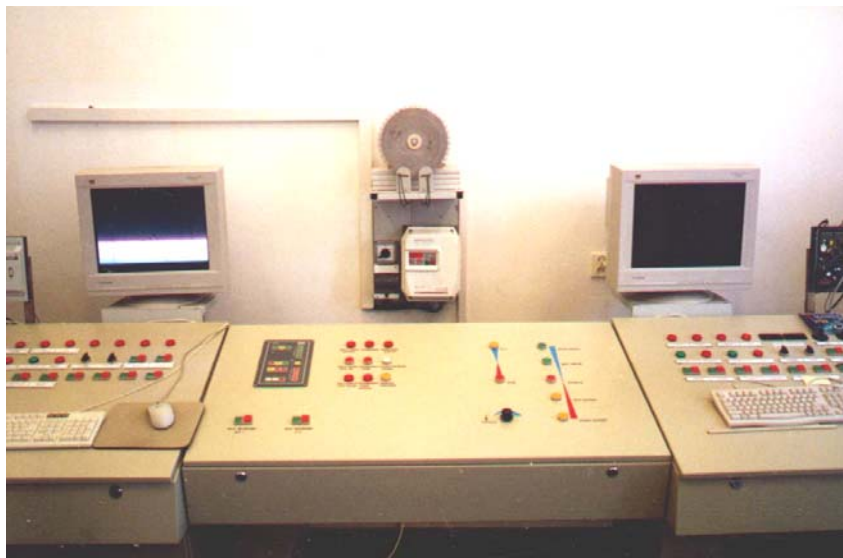


Rys. G18 Okno wizualizacji procesów smarowania

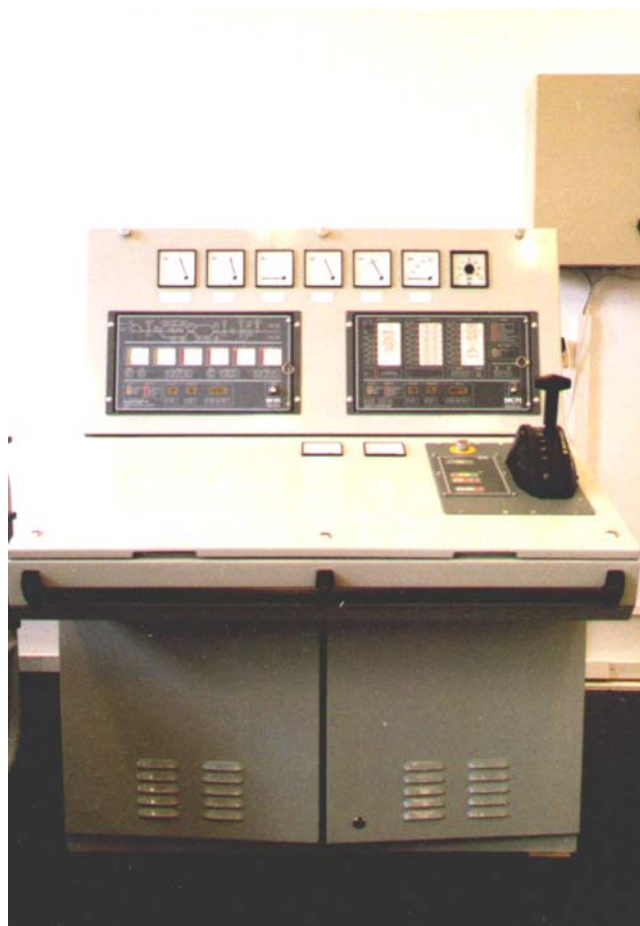


Rys. G19 Okno wizualizacji układu paliwowego

**Załącznik H: Zdjęcia poszczególnych stanowisk sterowania
oraz sterownika**



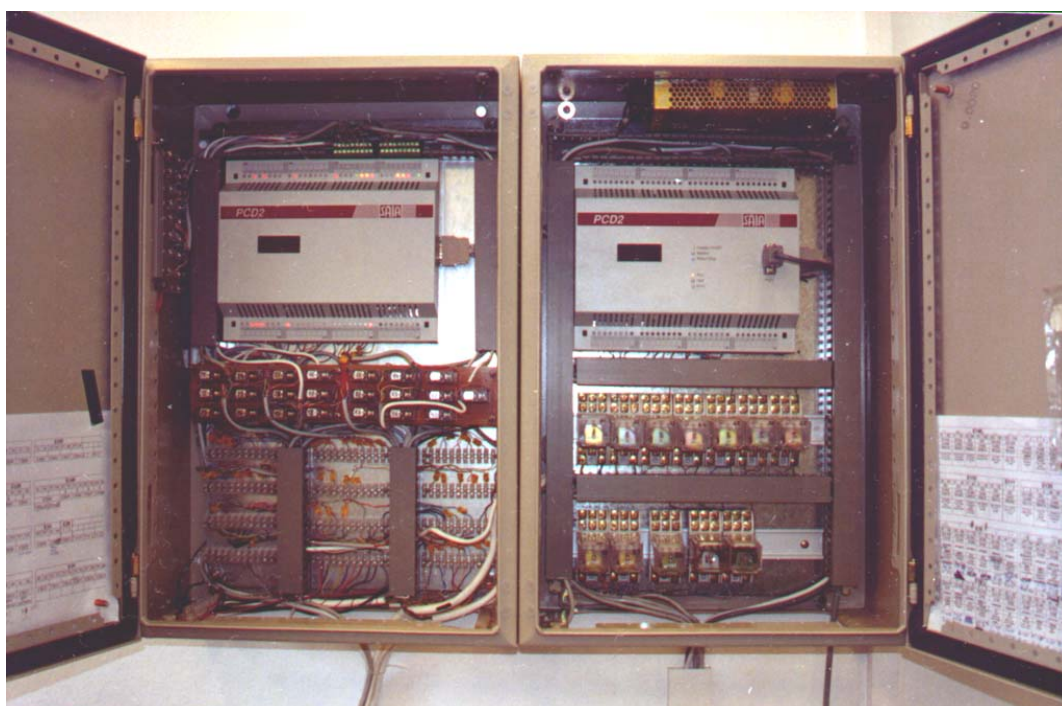
Rys. H1 Stanowisko przysilnikowe, falownik oraz sterowany silnik



Rys. H2 Pulpit w CMK



Rys. H3 Pulpit sterowniczy na mostku



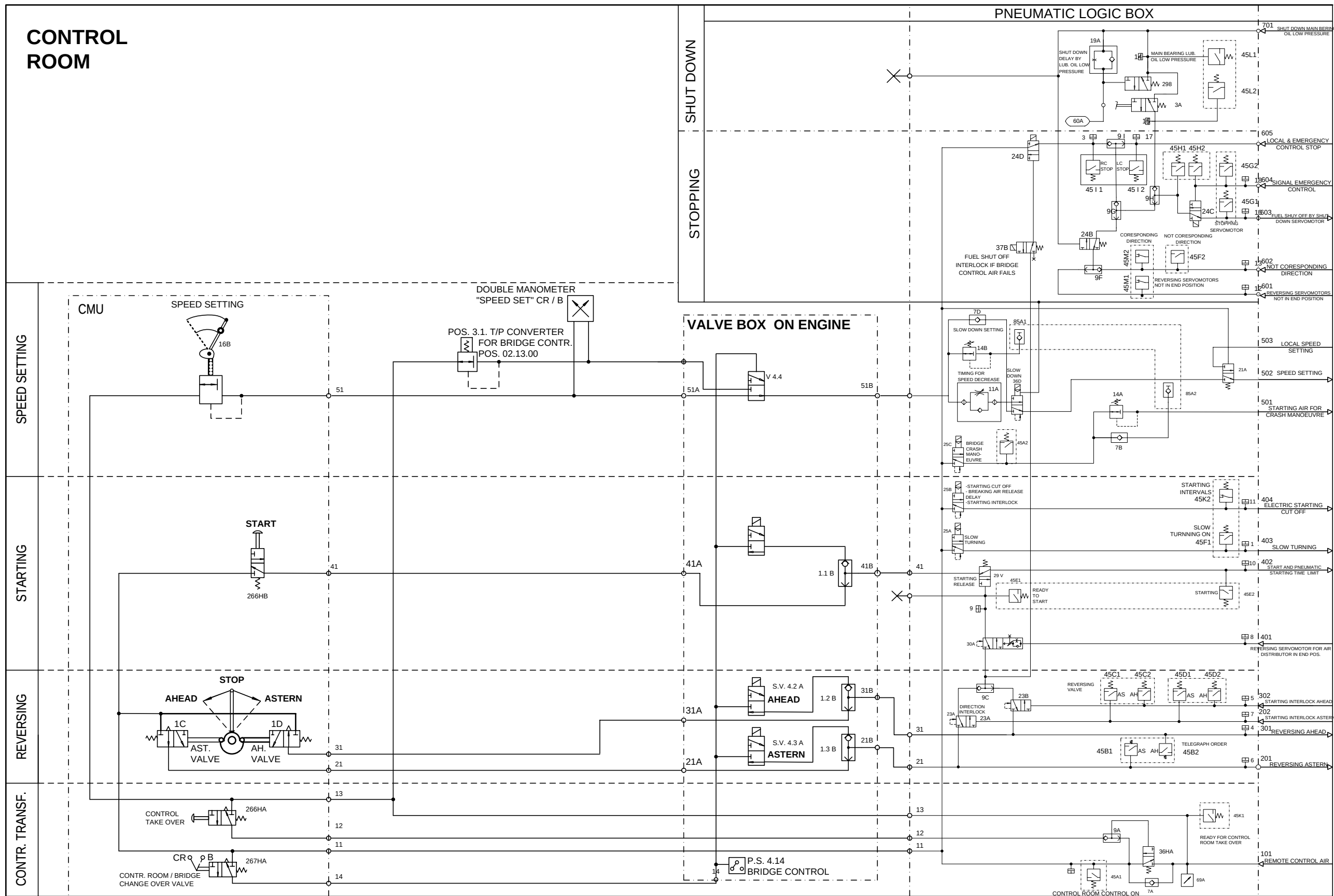
Rys. H4 Skrzynka łączeniowa zawierająca sterownik PCD

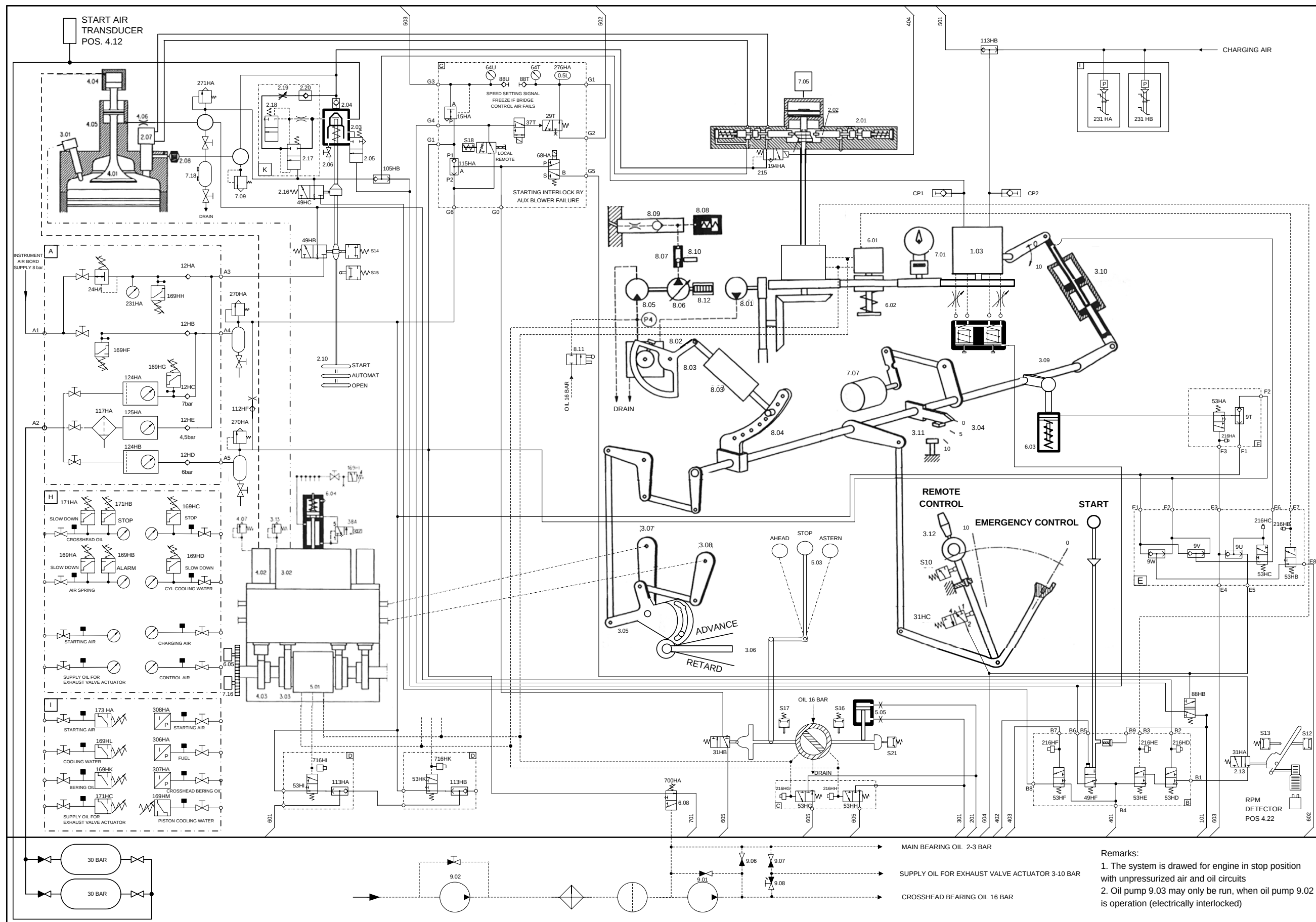
Załącznik I: Oprogramowanie na nośniku CD-ROM

Płyta zawiera:

- aplikację NorControl napisaną w PG4,
- aplikację wizualizacyjną zaprojektowaną w programie InTouch 7.1,
- schemat automatyki SG wykonany w programie VISIO2000,
- film pokazowy (format avi),
- wyżej przedstawioną pracę w wersji elektronicznej (format pdf).

Załącznik J: Schemat automatyki SG





Description

- A Control air supply unit
- B Valve group for starting system
- C Valve group on reversing valve
- D Valve groups for reversing interlock
- E Valve group at auxiliary drive gearing
- F Valve group at shut down servomotor
- G Box for pneumatics components at emergency manoeuvring stand
- H Pressure gauge board
- I Pressure switches (Alarm) and pressure transmitters optional
- K Slow turning device
- L Control boxes for auxiliary blowers

1 Speed setting system

- 01 Speed starting lever
- 02 Speed starting valve
- 03 Woodward governor PGA 200

2 Starting system

- 01 Starting control valves
- 02 Cam for starting control valves
- 03 Shut off valve for starting air
- 04 Non - return valve
- 05 Control valve
- 06 Drawn and test valve
- 07 Starting valve
- 08 Flame arrester
- 09 Retef Valve
- 10 Mandwheel for shut off valve
- 11 Starting valve (Control room)
- 12 Starting button
- 13 Blocking valve on turning gear
- 14 Starting booster for governor
- 15 Starting cut off valve
- 16 Slow turning interlocking valve
- 17 Bypass valve for slow turning
- 18 Control valve
- 19 Adjustable throttle
- 20 Non-return valve

3 Fuel regulating system

- 01 Fuel injection valve
- 02 Fuel injection pump
- 03 Fuel cam
- 04 Load indicator
- 05 Load dependent variable injection turning
- 06 Manual adjustment of injection turning
- 07 Eccentric shaft for suction valve
- 08 Eccentric shaft for spill valve
- 09 Intermediate requiring shaft
- 10 Air cylinder for governor / fuel leakage connection
- 11 Fuel leakage
- 12 Fuel lever
- 13 Relief valve

4 Exhaust valve drive

- 01 Exhaust valve
- 02 Hydraulic actuator pump
- 03 Actuator pump cam
- 04 Exhaust valve actuator
- 05 Air spring
- 06 Throttle
- 07 Relief valve

5 Reversing system

- 01 Reversing servomotor
- 02 Reversing valve
- 03 Reversing lever
- 04 Reversing lever on control room
- 05 Two position cylinder
- 06 Reversing servomotor for starting system

6 Safety devices

- 01 Rotation correction safeguard
- 02 Sliding coupling
- 03 Shut down servomotor
- 04 Safety cut - out devices
- 05 Tachometer for overspeed monitoring
- 06 Control room panel for OSC.3
- 07 Engine panel for OSC.3
- 08 Main bearing on monitoring

7 Monitoring

- 01 Tachometer with revolution counter
- 02 Transmitter for remote tachometer and revolution counter
- 03 Remote tachometer
- 04 Remote revolution counter
- 05 Transmitter for overcrction of rotation indicator: optical
- 06 Remote indicator for direction of rotation optional
- 07 Transmitter for load indicator
- 08 Elastic tinkage
- 09 Load indicator
- 10 Tachometer for turbocharger
- 11 Pressure gauge for control air
- 12 Pressure gauge for speed setting air
- 13 Pressure gauge for charge air
- 14 Synoptic panel
- 15 Lamp panel for slow turning
- 16 Pick up for speed monitoring
- 17 Control switches at internal regulating shaft
- 18 Collector for leakage from air spring

8 Cylinder lubricating system

- 01 Gear pump
- 02 Flow control valve
- 03 Elastic leakage tinkage
- 04 Adjusting lever
- 05 Hydraulic motor
- 06 Cylinder lubricating pump
- 07 Sight glass indicator
- 08 Accumulator
- 09 Lubricating quill with non - return valve
- 10 Alarm transmitter (inductive)
- 11 Valve for pre and past - running lubricating
- 12 Revolution counter

9 Engine room

- 01 Starting air bottles
- 02 Oil pump (1-3 bar)
- 03 Oil pump (16 bar)
- 04 Oil filter
- 05 Oil cooler
- 06 Non - return valve (on engine)
- 07 Non - return valve (on engine)
- 08 Pressure reducing valve (on engine)

drawn by DANIEL CZARKOWSKI
Wyższa Szkoła Morska
Gdynia 2001year