

Politechnika Warszawska
Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych
Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej

Systemy automatyki DCS i SCADA

Projekt układu sterowania stanowiska
INTECO TCRANE

Zdający:

Krystian Guliński
Jakub Sikora
Konrad Winnicki

Prowadzący:

mgr. inż. Andrzej
Wojtulewicz

Warszawa, 20 stycznia 2019

Spis treści

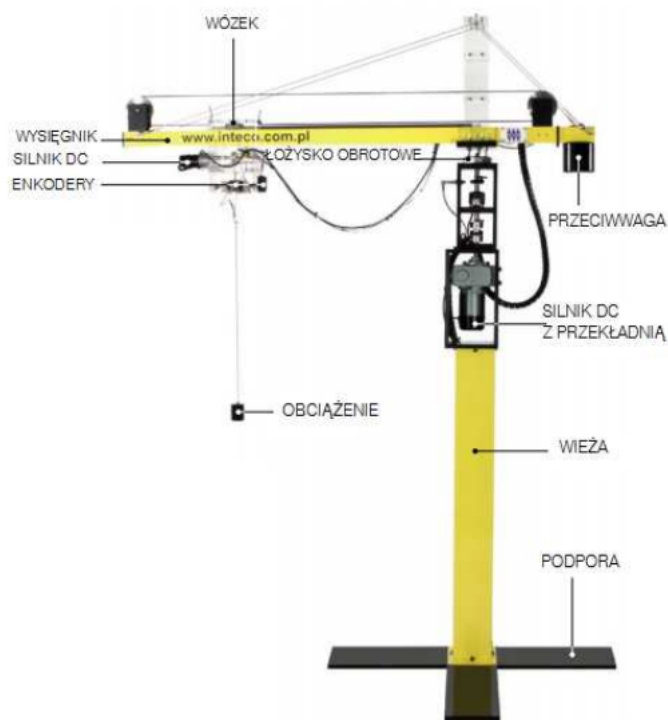
1. Opis stanowiska	2
1.1. Stanowisko TCRANE	2
1.2. Enkodery inkrementalne	3
1.3. Opis wejść i wyjść obiektu	3
1.3.1. Wejścia cyfrowe	3
1.3.2. Wyjścia cyfrowe	4
2. Sterownik PLC	5
2.1. Konfiguracja sprzętowa	5
2.1.1. Ethernet	5
2.1.2. Analog	5
2.1.3. High Speed Counter	5
2.1.4. Wyjścia PWM	6
2.2. Mechanizm labeli	7
2.3. Skalowanie i bazowanie	7
2.4. Obsługa I/O cyfrowych	7
2.5. PID	7
2.6. Tryb sterowania ręcznego	7
2.7. Zabezpieczenia ruchów krańcowych	7
2.8. Język ST	7
3. Realizacja w systemie MAPS	8
3.1. Panel operatorski	8
3.2. Kalibracja	9
3.3. Sterowanie auto/ręka	9
3.4. Nastawy regulatorów	10
3.5. Wykresy	10

1. Opis stanowiska

1.1. Stanowisko TCRANE

Trójwymiarowy model laboratoryjnego modelu dźwigu ilustruje strukturę współczesnego żurawia, skutecznie odwzorowuje stosunek wielkości do maksymalnego podnoszonego ładunku. Obiekt jest wielowejściowym i wielowyjściowym systemem wyposażonym w dedykowane czujniki do mierzenia przemieszczeń i kątów.

Stanowisko laboratoryjne T-Crane posiada 5 enkoderów inkrementalnych. Trzy z nich mierzą położenie elementów napędzanych przez silniki. Dwa z nich znajdują się na karcie dźwigu i przedstawiają aktualne wychylenie obciążenia od pionu.



Rysunek 1.1. Stanowisko laboratoryjne TCRANE

W ramach projektu laboratoryjnego, mieliśmyysterować ramię dźwigu w dwóch płaszczyznach:

- obrót kolumny dźwigu (wieży)
- ruch wózka wzdłuż ramienia

1.2. Enkodery inkrementalne

Enkoder (przetwornik położenia) służy do pomiaru położenia. W powyższej wersji mamy do czynienia z przetwornikiem obrotowym. Zatem możemy dzięki niemu określić położenie kątowe wokół osi. Jeżeli podłączymy go do liniowego układu przeniesienia napędu możemy określić położenie liniowe wyrażane w odległości.

Do określenia kierunku potrzebujemy dwóch sygnałów (tzw. fazy A i B). Do określenia pozycji wykorzystujemy dwa wejścia do zliczania impulsów z fazy A i B. Wykrywanie kierunku jest wykonywane automatycznie w sterowniku. Przy pomocy mechanizmu sprzętowych liczników możemy w dowolnym momencie odczytać aktualne położenie enkodera. W pamięci sterownika pozycja będzie przedstawiona w odpowiednim rejestrze 32 bitowym.

Zliczanie impulsów odbywa się za pomocą liczników *High Speed Counter*. Pozycja zadawana w procentach jest programowo zamieniana na impulsy enkodera według następującego wzoru:

$$I = \frac{STPT * MAX}{100\%}$$

Dla wózka jeżdżącego wzdłuż ramienia

$$MAX_{w\acute{o}zek} = 9000,$$

natomiast dla wieży

$$MAX_{wie\acute{z}a} = 2300$$

1.3. Opis wejść i wyjść obiektu

1.3.1. Wejścia cyfrowe

Wejście	Opis
X0	Enkoder inkrementalny, fala A, oś X
X1	Enkoder inkrementalny, fala B, oś X
X2	Enkoder inkrementalny, fala A, oś Y
X3	Enkoder inkrementalny, fala B, oś Y
X4	Enkoder inkrementalny, fala A, oś AX
X5	Enkoder inkrementalny, fala B, oś AX
X6	Enkoder inkrementalny, fala A, oś AY
X7	Enkoder inkrementalny, fala B, oś AY
X10	Enkoder inkrementalny, fala A, oś Z
X11	Enkoder inkrementalny, fala B, oś Z
X12	Wyłącznik krańcowy, oś Z
X13	Wyłącznik krańcowy, oś X
X14	Wyłącznik krańcowy, oś Y
X15	Flaga limitu temperatury, oś Z
X16	Flaga limitu temperatury, oś Y
X17	Flaga limitu temperatury, oś X

Tabela 1.1. Wejścia instalacji INTECO TCRANE

1.3.2. Wyjścia cyfrowe

Wejście	Opis
Y0	Sygnał PWM dla silnika DC, oś X
Y1	Sygnał PWM dla silnika DC, oś Z
Y2	Sygnał PWM dla silnika DC, oś Y
Y3	Hamulec silnika DC, oś Z
Y4	Wybór kierunku obrotów silnika DC, oś Z
Y5	Hamulec silnika DC, oś Y
Y6	Wybór kierunku obrotów silnika DC, oś Y
Y7	Hamulec silnika DC, oś X
Y10	Wybór kierunku obrotów silnika DC, oś X

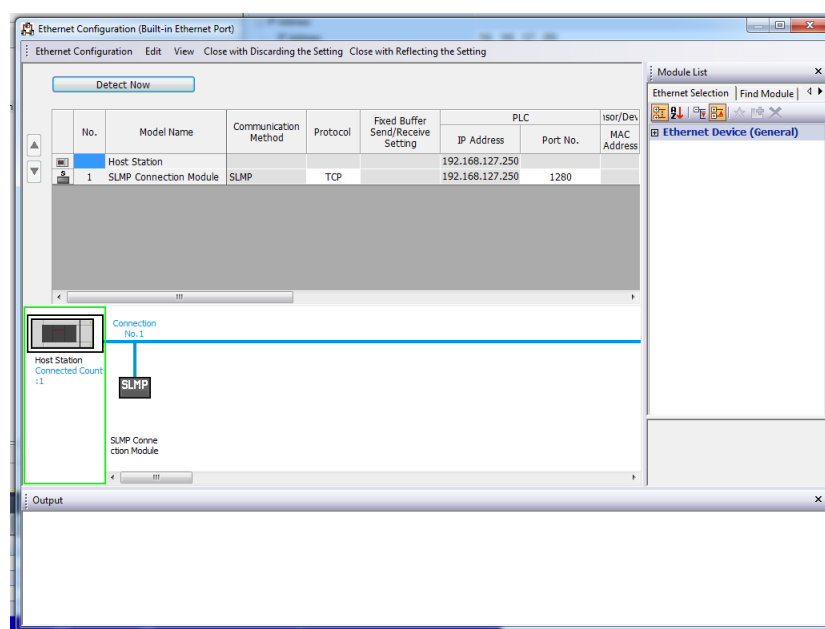
Tabela 1.2. Wyjścia instalacji INTECO TCRANE

2. Sterownik PLC

2.1. Konfiguracja sprzętowa

2.1.1. Ethernet

W celu umożliwienia komunikacji sterownika z komputerem PC, odpowiednio skonfigurowaliśmy połączenie w sieci Ethernet. Komunikacja odbywa się za pomocą protokołu SLMP (SeamLess Message Protocol) na porcie 1280.



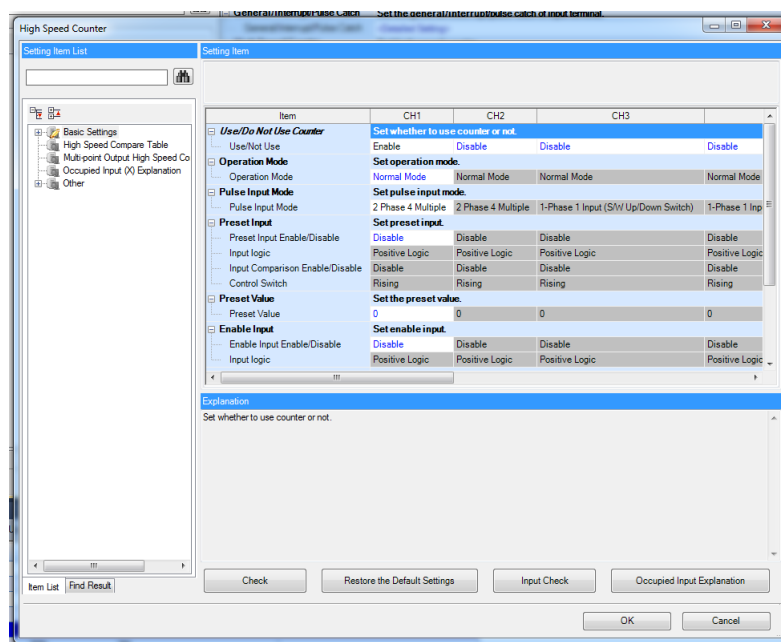
Rysunek 2.1. Konfiguracja komunikacji w sieci Ethernet w systemie GX Works3

2.1.2. Analog

Obsługa wejść analogowych została przedstawiona jako jedno z kryterium oceny projektu. Niestety, stanowisko INTECO TCRANE nie zawiera żadnych wejść i wyjść analogowych.

2.1.3. High Speed Counter

Odczyt z enkoderów inkrementalnych odbywał się za pomocą specjalnych liczników *High Speed Counter*. Skonfigurowaliśmy dwa kanały CH1 oraz CH5 do odczytu pozycji wózka oraz obrotu wieży. Wartość pozycji wózka odczytywaliśmy spod adresu SD4500 a wartość pozycji kątowej wieży spod adresu SD4620.



Rysunek 2.2. Okno konfiguracji kanału *CH1* High Speed Counters w systemie GX Works3

Item	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8
Use/Do Not Use Counter	Set whether to use counter or not.						
Use/Not Use	Disable	Disable	Disable	Enable	Disable	Disable	Disable
Operation Mode	Set operation mode.						
Operation Mode	Normal Mode	Normal Mode	Normal Mode	Normal Mode	Normal Mode	Normal Mode	Normal Mode
Pulse Input Mode	Set pulse input mode.						
Pulse Input Mode	2 Phase 4 Multiple	1-Phase 1 Input (S/W Up/Down Switch)	1-Phase 1 Input (S/W Up/Down Switch)	2 Phase 4 Multiple	1-Phase 1 Input (S/W Up/Down Switch)	1-Phase 1 Input (S/W Up/Down Switch)	1-Phase 1 Input (S/W Up/Down Switch)
Preset Input	Set preset input.						
Preset Input Enable/Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable
Input Logic	Positive Logic	Positive Logic	Positive Logic	Positive Logic	Positive Logic	Positive Logic	Positive Logic
Input Comparison Enable/Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable
Control Switch	Rising	Rising	Rising	Rising	Rising	Rising	Rising
Preset Value	Set the preset value.						
Preset Value	0	0	0	0	0	0	0
Enable Input	Set enable input.						
Enable Input Enable/Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable
Input Logic	Positive Logic	Positive Logic	Positive Logic	Positive Logic	Positive Logic	Positive Logic	Positive Logic
Ring Length Setting	Set ring length.						
Ring Length Enable/Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable	Disable
Ring Length							
Measurement Unit Time	Set the measurement unit time (ms) for the pulse density measurement mode and rotation speed measurement mode.						
Measurement Unit Time							
Number of Pulses per Rotation	Set the number of pulses per rotation when using the rotation speed measurement mode.						
Number of Pulses per Rotation							

Rysunek 2.3. Okno konfiguracji kanału *CH5* High Speed Counters w systemie GX Works3

2.1.4. Wyjścia PWM

Wyjścia analogowe zostały zastąpione wyjściami cyfrowymi PWM. PWM czyli *Pulse Width Modifiacton* to technika przybliżania sygnału analogowego poprzez sygnał prostokątny o zmiennym wypełnieniu. W projekcie, w ten sposób sterowaliśmy silnikami prądu stałego obiektu. W programie GX Works3 odpowiednio skonfigurowaliśmy 3 kanały PWM do współpracy z trzema silnikami obiektu. Do dalszej pracy wykorzystaliśmy tylko dwa z nich. Kanał *CH1* służył do sterowania wyciągnikiem, kanał *CH2* sterował silnikiem wózka a kanał *CH3* zajmował się sterowaniem silnika obracającym wieżą.

Setting Item			
Item	CH1	CH2	CH3
Use PWM Output	Set whether to use PWM output or not.		
Use/Not Use	Enable	Enable	Enable
Output Signal	Set the output destination device.		
Output Signal	Y1	Y0	Y2
Pulse Width/Cycle Unit	Set pulse width/cycle unit.		
Pulse Width/Cycle Unit	1micro-s	1micro-s	1micro-s
Output Pulse Logic	Set output pulse logic.		
Output Pulse Logic	Negative Logic	Negative Logic	Negative Logic
Pulse Width	Set pulse width.		
Pulse Width	50 micro-s	50 micro-s	50 micro-s
Cycle	Set cycle.		
Cycle	100 micro-s	100 micro-s	100 micro-s

Rysunek 2.4. Okno konfiguracji kanałów PWM w systemie GX Works3

2.2. Mechanizm labeli

2.3. Skalowanie i bazowanie

2.4. Obsługa I/O cyfrowych

2.5. PID

2.6. Tryb sterowania ręcznego

2.7. Zabezpieczenia ruchów krańcowych

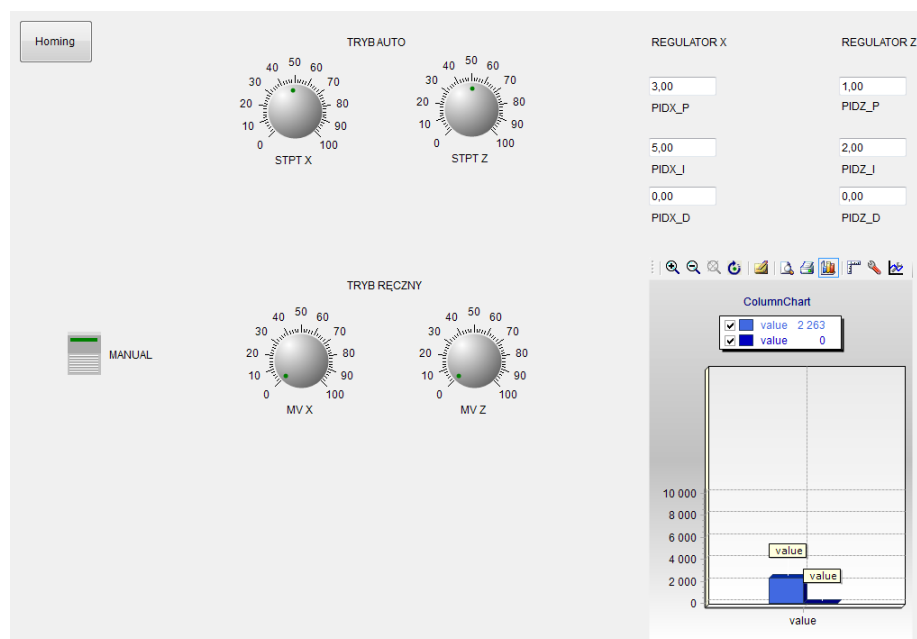
2.8. Język ST

3. Realizacja w systemie MAPS

3.1. Panel operatorski

Na podstawie odpowiednio wykonanej wcześniej konfiguracji sprzętowej sterownika PLC jesteśmy w stanie bezpośrednio połączyć działanie stanowiska z systemem MAPS. Po uruchomieniu serwera (oprogramowania *MAPS Server* i *Agent Server*) i środowiska do projektowania interfejsów operatorskich (*MAPS Designer*) rozpoczęliśmy od utworzenia projektu.

Kolejnym krokiem jest dodanie do systemu MAPS odpowiednich agentów. Akwizycją danych poprzez uchwyt do agentów zajmuje się *Agent Server*. Aby nasze środowisko graficzne miało dostęp do tych danych należy zdefiniować zbiór agentów dla naszego stanowiska. W zadaniu wykorzystujemy podstawowe rodzaje agentów służące do pozyskiwania danych.



Rysunek 3.1. Panel operatorski stanowiska w systemie MAPS

Przy dodawaniu nowych agentów należało zwrócić uwagę na funkcjonalność jaką będziemy chcieli uzyskać. Dane, które będziemy chcieli tylko i wyłącznie wyświetlać nie powinny być oznaczone jako edytowalne z poziomu interfejsu graficznego (pole *Output enabled*). Zapewnia to większe zabezpieczenie na błędy w trakcie projektowania środowiska graficznego, ponieważ dane wyświetlane mogą być krytyczne z punktu widzenia stanowiska, a ich zewnętrzna zmiana może spowodować awarie. Dane, na które operator będzie mógł wpływać z poziomu środowiska graficznego analogicznie muszą być oznaczone jako edytowalne. Ogólnie przy definiowaniu agentów należy podwójnie sprawdzać poprawność wpisywanych adresów, szczególnie w przypadku struktur, do których trzeba wyznaczać offset od adresu początkowego struktury przy określaniu agenta dla jej pola.

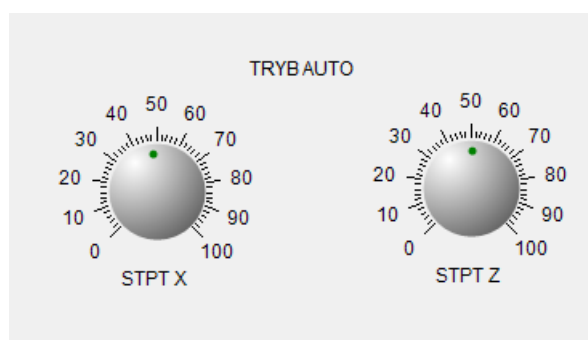
Otrzymany panel operatorski realizuje określoną w zadaniu funkcjonalność, informuje operatora o stanie obiektu oraz pozwala na wpływ na sposób i parametry sterowania obiektem.

3.2. Kalibracja

Praca z obiektem rozpoczyna się od skalibrowania jego enkoderów absolutnych na podstawie krańcówek umieszczonych na osiach obiektu. Inicjalizacja tego procesu rozpoczyna się od naciśnięcia znajdującego się w lewej górnej części przycisku *Homing*. Po restarcie urządzenia nie jest możliwy żaden tryb pracy bez pomyślnego przejścia przez proces kalibracji, dlatego przycisk umieszczony jest intuicyjnie w lewej górnej części interfejsu w celu określenia odpowiedniej kolejności postępowania w trakcie obsługi obiektu.

3.3. Sterowanie auto/ręka

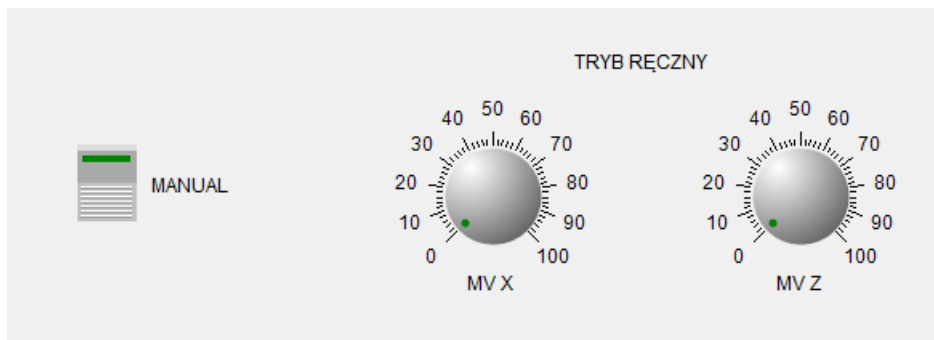
Sterowanie w trybie automatycznym pozwala na ustawianie wartości docelowych stanu obiektu (stopnia obrotu wieży i wysunięcia wózka). Zmiana tych wartości następuje poprzez ustawienie ich pokrętłem w środowisku graficznym operatora. Pokrętło *STPT_Z* odpowiada za wartość zadaną stopnia obrotu wieży w procentach. Pokrętło *STPT_X* odpowiada natomiast za wartość zadaną stopnia wysunięcia wózka w procentach.



Rysunek 3.2. Fragment panelu operatorskiego odpowiedzialny za sterowanie w trybie automatycznym

Sterowanie w trybie ręcznym jest domyślnie nieaktywne. Aby je aktywować należy wcisnąć przycisk *MANUAL* umieszczony po lewej stronie pokręteł odpowiedzialnych za sterowanie ręczne. Po aktywacji trybu ręcznego mamy możliwość zmiany prędkości obrotu wieży oraz wysunięcia wózka. Pokrętło *MV_X* odpowiada za zadawanie prędkości wózka, wartości poniżej 50 powodują cofanie się wózka, natomiast wartości powyżej 50 powodują ruch w przód. Pokrętło *MV_Z* odpowiada za nadawanie prędkości obrotowej wieży, analogicznie wartość poniżej 50 powoduje ruch w lewo, a wartość powyżej 50 powoduje ruch w prawo.

Deaktywacja trybu ręcznego zachodzi poprzez ponowne wciśnięcie przycisku *MANUAL*, po czym następuje przekazanie sterowania do regulatorów w trybie automatycznym.



Rysunek 3.3. Fragment panelu operatorskiego odpowiedzialny za sterowanie w trybie ręcznym

3.4. Nastawy regulatorów

Operator w ramach obsługi panelu operatorskiego ma również możliwość zmiany nastaw regulatorów PID odpowiedzialnych za nadążanie za wartościami zadanymi położenia w osiach. Na poniższej ilustracji przedstawiony jest fragment panelu operatorskiego, w którym widoczne są pola tekstowe pozwalające na edycję tych parametrów. Kolumna po lewej stronie pozwala na zmianę parametrów regulatora PID odpowiedzialnego za położenie wózka, natomiast kolumna po prawej stronie pozwala na zmianę parametrów regulatora PID odpowiedzialnego za obrót wieży.

REGULATOR X	REGULATOR Z
<input type="text" value="3,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>
PIDX_P	PIDZ_P
<input type="text" value="5,00"/>	<input type="text" value="2,00"/>
PIDX_I	PIDZ_I
<input type="text" value="0,00"/>	<input type="text" value="0,00"/>
PIDX_D	PIDZ_D

Rysunek 3.4. Fragment panelu operatorskiego odpowiedzialny za zmianę wartości nastaw regulatorów w trybie automatycznym

3.5. Wykresy

Znajdujący się na panelu operatora wykres kolumnowy wizualizuje aktualny stan obiektu względem wartości zadanych dla regulatora w celu zapewnienia łatwego sposobu na weryfikację poprawności stanu obiektu przez operatora nawet z pewnej odległości w sytuacjach opuszczenia stanowiska.