

Politechnika Wrocławska
Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów

Kierunek: Elektronika (EKA)

Specjalność: Zastosowanie inżynierii komputerowej w technice (EZI)

PRACA DYPLOMOWA
INŻYNIERSKA

„System sterowania windą osobową w inteligentnym budynku”
„The Passenger Elevator Control System in an Intelligent Building”

Autor:
Marek Janik

PROWADZĄCY PRACĘ:
dr inż. Michał Lower

OCENA PRACY:

Spis treści

1) Cel i zakres pracy	3
2) Budowa modelu windy	4
2.1 Schemat budowy oraz aspekt mechaniczny windy	4
2.2 Aspekt elektryczny modelu	6
2.2.1 Czujniki	7
2.2.2 Panel sterowniczy makiety	8
2.2.3 Szafa elektryczna makiety	8
2.2.4 Moduł sterowania silnikiem	9
3) Specyfikacja urządzeń i systemów układu sterowania	11
4) Algorytm sterowania	13
4.1 Algorytm SFC sterowania windą	13
4.1.1 Teoria - Graf sekwencji SFC	14
4.1.2 Algorytm oraz opis jego działania	14
4.2 Algorytm sterowania w języku Ladder	18
4.2.1 Teoria języka Ladder	18
4.2.2 Algorytm sterujący pracą windy	19
5) Podsumowanie i wnioski	25
Bibliografia	25
Spis rysunków	26

Streszczenie

Celem niniejszej pracy inżynierskiej, było stworzenie systemu sterowania windą osobową w „inteligentnym budynku”. Algorytm mający na celu sterowanie windą opracowany został przy wykorzystaniu programu Tia porta v16 wraz z językiem Ladder, oraz stanowiącego serce całego projektu, sterownika PLC Siemens S7-1200.

Obiektem, który został użyty do ukazania działania programu, była makieta windy zaopatrzona w zestaw czujników, zasilacz, silnik DC napędzający kabinę, oraz moduł sterujący jej prędkością poruszania się. W celu obsługi całego systemu przez użytkownika, zostało zastosowane połączenie; analogowych przycisków znajdujących się na modelu, oraz cyfrowe przyciski wyświetlane na panelu operatorskim Siemens Simatic HMI. Fizyczne przyciski odpowiadają za przywołanie windy na każdym poszczególnym piętrze, z kolei cyfrowe będące odzwierciedleniem przycisków znajdujących się wewnątrz kabiny, umożliwiają wybór celu naszej destynacji. Jako interfejs komunikacyjny została użyta sieć przemysłowa ProfiNet oparta na standardzie Ethernet.

Abstract

The purpose of this engineering work, was to create a control system for a passenger elevator in a , "intelligent building". The program to control the elevator was created, using the Tia porta v16 program together with the Ladder language, and a Siemens S7-1200 PLC, which is the heart of the whole project.

The object that was used to show the operation of the program was a mock-up elevator equipped with a set of sensors, a power supply, a DC motor that drives the cabin, and a module that controls its speed of movement. In order for the user to operate the entire system, a combination was used; analog buttons located on the model, and digital buttons displayed on a Siemens Simatic HMI. The physical buttons are responsible for summoning the elevator on each individual floor, while the digital ones mirroring the buttons inside the cabin allow us to select the destination of our destination. The ProfiNet industrial network based on the Ethernet standard was used as the communication interface.

Rozdział 1

Cel i zakres pracy

Cel

Celem pracy było stworzenie „systemu sterowania windą osobową w inteligentnym budynku”. Głównym założeniem całego projektu, było zaprojektowanie i zaprogramowanie algorytmu sterowania windą wraz z odpowiednią konfiguracją sterownika PLC, będącego centralną jednostką logiczną. Drugorzędnym, ale w dalszym ciągu ważnym założeniem było, połączenie sterownika PLC z panelem operatorskim przy wykorzystaniu sieci przemysłowej ProfiNet oraz połączenie z makietą za sprawą panelu sterującego. Sygnały napięciowe (0-24V) z czujników zamontowanych wewnątrz windy oraz przycisków sterujących będących częścią panelu zamontowanego po jej zewnętrznej stronie, dostarczane są do sterownika. Zaimplementowany algorytm interpretuje sygnały, po czym wysyła sygnały sterujące (będące sygnałami napięciowymi cyfrowymi od 0V do 24V) oraz sygnał prądowy analogowy (od 4mA do 20mA), za pomocą panelu sterującego, do modułu odpowiedzialnego za sterowanie kierunkiem oraz prędkością obrotów silnika.

Makieta windy (aspekt mechaniczny, elektryczny oraz moduł sterowania silnikiem) - stanowisko dydaktyczne, będąca obiektem doświadczalno-testowym, na którym ukazane zostały ostatecznie efekty wyżej opisanego systemu sterowania, jest dziełem prac Dawida Sielużyckiego [1] oraz Remigiusza Wojewódzkiego [2].

Zakres pracy

Prace wykonywane w ramach projektu obejmowały takie elementy jak;

- Analiza stanu makiety windy.
- Analiza budowy, działania modelu oraz wykonanie spisu wraz z opisem elementów wejściowych, wyjściowych względem sterownika.
- Ustalenie sposobu działania.
- Zaprojektowanie sterowania sekwencyjnego w oparciu o metodę programowania Grafcet.
- Zaprojektowanie algorytmu w języku Ladder w programie Tia porta v16, na podstawie wcześniej opracowanego grafcet'u.
- Połączenie sterownika PLC Siemens S7-1200 z panelem operatorskim Siemens Simatic HMI za pośrednictwem sieci przemysłowej ProfiNet.
- Zaprojektowanie przycisków wyświetlanych na panelu operatorskim.
- Połączenie sterownika PLC z panelem sterującym, posiadającym wszystkie wejścia oraz wyjścia sygnałów dochodzących i wychodzących z modelu.
- Testy algorytmu na podłączonej makiecie.

Rozdział 2

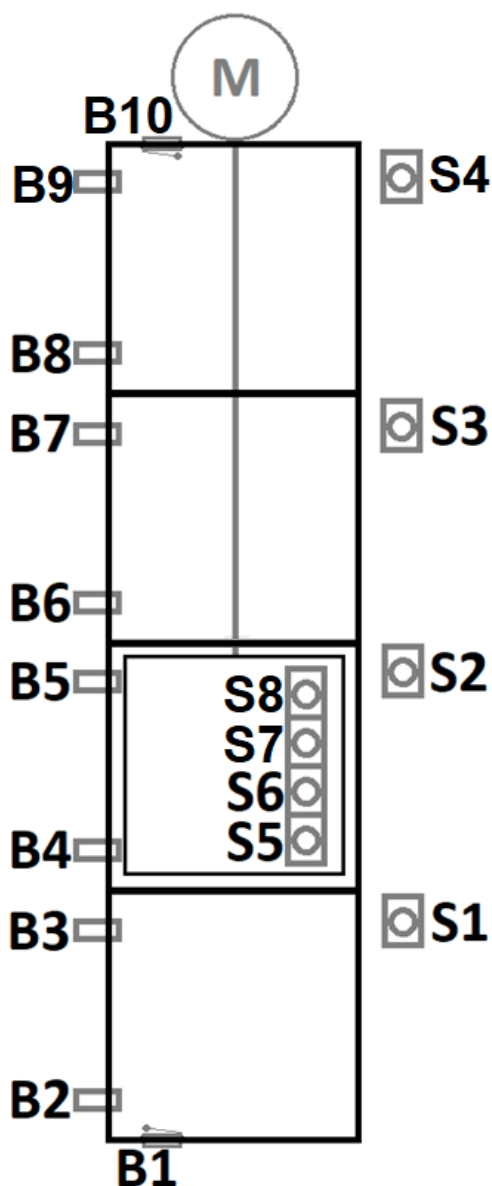
Budowa modelu windy

Konstrukcja całej makiety dzieli się na dwie sfery:

Mechaniczną - na którą składa się opracowanie; szyby windy, kabiny dla pasażerów, zespołu napędowego oraz panelu sterowania.

Elektryczną – na którą składa się; przygotowanie szafy elektrycznej z niezbędnymi złączami oraz zasilaczami, odpowiednich czujników i krańcówek, modułu sterowania silnikiem oraz połączenia niezbędnych przewodów z panelem sterowniczym.

2.1 Schemat budowy oraz aspekt mechaniczny modelu



Rysunek 1 Schemat poglądowy ukazujący wszystkie elementy tworzące sygnały wejściowe względem sterownika PLC.

Tabela 1 Tabela czujników oraz przycisków.

L.p.	Oznaczenie	Opis
1.	S1	Przycisk wezwania windy na parterze
2.	S2	Przycisk wezwania windy na piętrze pierwszym
3.	S3	Przycisk wezwania windy na piętrze drugim
4.	S4	Przycisk wezwania windy na piętrze trzecim
5.	S5	Przycisk wyboru parteru wewnątrz kabiny windy
6.	S6	Przycisk wyboru pierwszego piętra wewnątrz kabiny windy
7.	S7	Przycisk wyboru drugiego piętra wewnątrz kabiny windy
8.	S8	Przycisk wyboru trzeciego piętra wewnątrz kabiny windy
9.	B1	Dolna skrajna krańcówka – hamulec awaryjny
10.	B2	Dolny czujnik zbliżeniowy parteru
11.	B3	Górny czujnik zbliżeniowy parteru
12.	B4	Dolny czujnik zbliżeniowy pierwszego piętra
13.	B5	Górny czujnik zbliżeniowy pierwszego piętra
14.	B6	Dolny czujnik zbliżeniowy drugiego piętra
15.	B7	Górny czujnik zbliżeniowy drugiego piętra
16.	B8	Dolny czujnik zbliżeniowy trzeciego piętra
17.	B9	Górny czujnik zbliżeniowy trzeciego piętra
18.	B10	Górna skrajna krańcówka – hamulec awaryjny

Konstrukcję mechaniczną modelu możemy podzielić na:

- Szyb windy

Składa się parę sztywno ze sobą połączonych segmentów (rdzeń, kątowniki zewnętrzne stabilizujące konstrukcję oraz olinowanie) tworzących jedną integralność całość.

Rdzeń szybu – zbudowany jest z czterech profili aluminiowych typu C, przytwierdzonych do metalowych podstaw, następnie obudowane z góry i z dołu (w tych miejscach zamontowane są hamulce awaryjne w postaci przycisków krańcowych). Rdzeń został wzmocniony za pomocą kątowników.

Olinowanie – makieta jest wyposażona w system lin umożliwiających poruszanie się kabiny windy jak i stabilizowanie jej toru jazdy. Jedną główną środkową liną odpowiada za wciąganie przymocowanej do niej kabiny windy. Cztery pozostałe liny przechodzące przez narożniki kabiny oraz zamocowane w górnej i dolnej podstawie, stanowią pewnego rodzaju szyny po, których porusza się cały obiekt.

Lina odpowiadająca za ruch modelu, przechodzi przez górną pokrywę makiety gdzie za pomocą systemu składającego się z dwóch bloczków, kierowana jest na zewnętrzną tylną część windy gdzie zamontowany jest silnik napędzający cały obiekt.

- Kabina windy

Jest prostopadłościanem składającym się z blachy, by nadać jej transparentność jak i ogólną lekkość. Po lewej stronie kabiny zamocowane są dwa magnesy neodymowe, których celem jest zwiększenie działania czujników odpowiedzialnych za wykrywanie położenia na poszczególnych piętrach.

Aspekt mechaniczny zespołu napędowego modelu:

Moduł zespołu napędowego jest osadzony na osobnej płycie znajdującej się na tylnej płycie osłony windy.

Składa się z takich elementów jak:

- Silnik stałoprądowy (DC), który zasilany jest napięciem 24V. Zaopatrzony jest w przekładnię planetarną, która umożliwia osiągnięcie dużej siły przy niewielkim poborze energii oraz niskich obrotów.
- Mocowanie silnika
- Podstawy wału, umożliwiające zamocowanie wału napędowego do przygotowanej płyty mocującej
- Wał napędowy, jest mocowany do wału silnika i na jego zewnętrznej powierzchni nawijana jest lina służąca do poruszania kabiną windy.
- Płyta mocująca, jest elementem nośnym, który umożliwia zamocowanie wszystkich wyżej wymienionych elementów jako jednego modułu do tylnej ściany szybu windy.

2.2 Aspekt elektryczny modelu

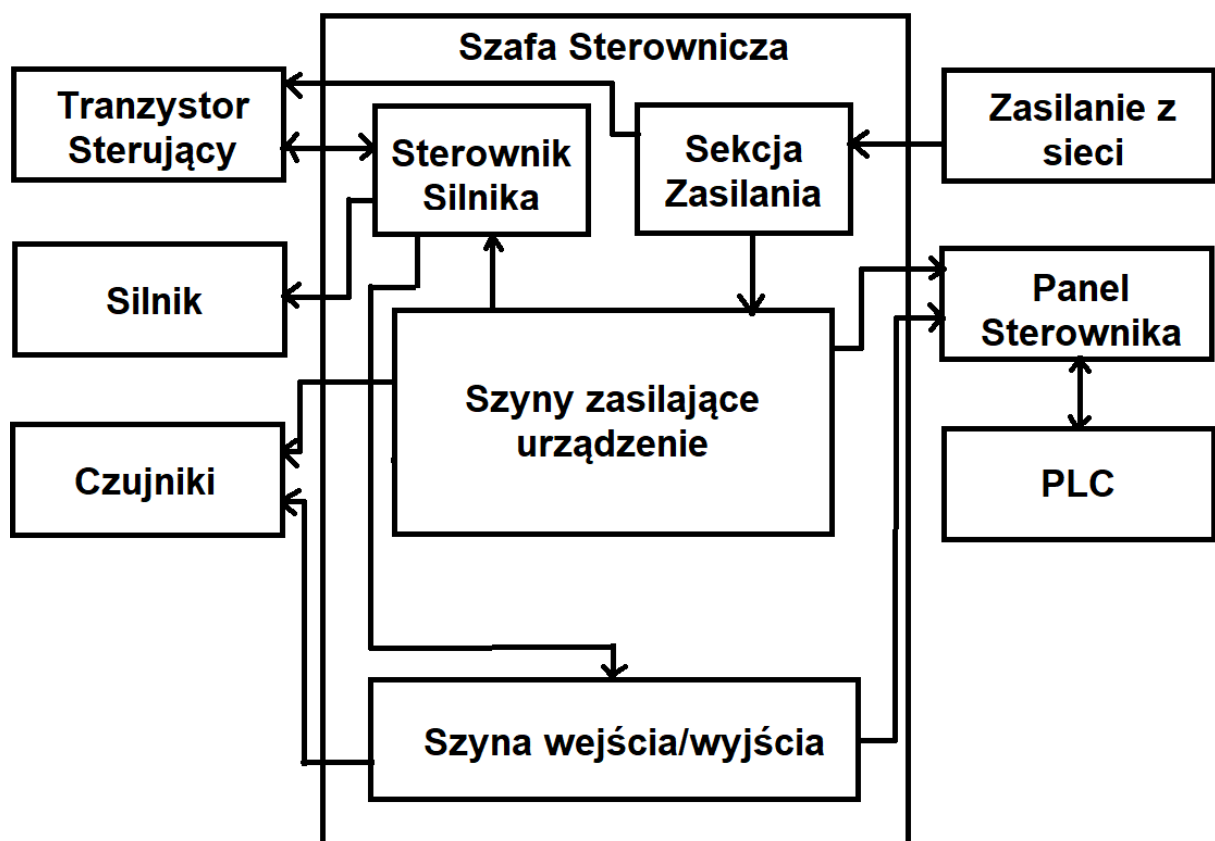
Centrum układu stanowi szafa sterownicza, łącząca wszystkie linie sygnałowe z urządzeń wejścia-wyjścia oraz z czujników, jak i wyprowadzenia do silnika. Stworzone połączenia elektryczne realizowane są na paru poziomach; sygnał sterujący silnikiem będący sygnałem napięciowym, sygnały sterujące modułem silnika, będące sygnałami analogowymi oraz sygnały wejścia-wyjścia, będące sygnałami cyfrowymi.

Elementem na którym znajdują się wszystkie wyprowadzenia zastosowanych czujników, części przycisków kontrolujących urządzenie oraz tym podobnych urządzeń wejścia/wyjścia jest panel sterowniczy. Dodatkowo, możemy znaleźć na nim wszystkie fizyczne przyciski służące do sterowania windą.

Panel ten przekazuje dodatkowo wszystkie niezbędne sygnały do modułu sterowania silnikiem, z którego zostały wyprowadzone przewody łączące go z silnikiem.

Sygnały wychodzące z czujników położenia, krańcówek oraz z panelu sterowniczego zawierającego wejścia-wyjścia cyfrowe i przyciski są realizowane w standardzie 0-24V.

Wyjątkiem jest sygnał sterujący prędkością obrotową silnika z powodu iż jest sygnałem analogowym w standardzie od 4mA do 20mA.



Rysunek 2 Połączenia elektryczne ukazane w postaci schematu blokowego.

2.2.1 Czujniki

Czujniki zastosowane w makiecie

- Do wykrywania położenia windy na poszczególnych piętrach, zastosowano osiem czujników indukcyjnych. Każdy poziom posiada parę czujników umożliwiających wykrycie dolnej oraz górnej krawędzi kabiny. Odległość pomiędzy każdą parą czujników wynosi 20cm i jest większa niż wysokość kabiny, która wynosi 15cm, by zapobiegać potencjalnym błędom wykrycia położenia kabiny. Czujniki działają cyfrowo (stan wysoki/stan niski) w standardzie napięciowym od 0V do 24V, przekazując napięcie zasilania na wyjście w momencie detekcji obiektu. Zastosowane czujniki działają na zasadzie wykrywania substancji ferromagnetycznych i w celu zwiększenia zasięgu ich skuteczności, zastosowane zostały magnesy neodymowe umieszczone na górnej i dolnej krawędzi kabiny.

8 czujników zastosowanych w modelu to czujniki indukcyjne PNP:

- Oznaczenie producenta LJ12A3-4-Z/wg
- Napięcie zasilania od 6V do 36V
- Zakres pomiarowy od 0 do 4mm \pm 10%
- Sygnał wyjściowy: cyfrowy 300mA

Poszczególne przewody zostały podłączone w następujący sposób wewnątrz szafy elektrycznej:

- Brązowy przewód zasilania został podłączony do szyny +24V
- Niebieski przewód masy został podłączony do szyny 0V
- Czarny przewód sygnałowy został podłączony do szyny sygnałowej, po czym poprowadzony z niej do panelu sterowania znajdującego się z boku szybu windy.

- Czujniki/przyciski krańcowe, pełnią w windzie rolę awaryjnego hamulca, znajdują się na górnej i dolnej podstawie szybu windy w miejscach gdzie kabina osiąga swoje skrajne położenia nie zagrażające uszkodzeniu konstrukcji ani samej kabiny. Czujniki działają cyfrowo (stan wysoki/stan niski) w standardzie napięciowym od 0V do 24V, przekazując napięcie zasilania na wyjście w momencie detekcji obiektu. Czujniki te zostały wybrane ze względu na niezawodność, by zapewnić gwarancję bezpieczeństwa.

Poszczególne przewody zostały podłączone w następujący sposób wewnątrz szafy elektrycznej:

- Wejście czujnika zostało podłączone do szyny zasilającej
- Wyjście czujnika zostało podłączone do szyny sygnałowej, po czym poprowadzony z niej do panelu sterowania znajdującego się z boku szybu windy.

2.2.2 Panel sterowniczy makiety

Element ten jest pewnego rodzaju hub'em dla wszystkich urządzeń wejścia-wyjścia. Umieszczone zostały na nim wszystkie niezbędne wyprowadzenia elementów generujących sygnał wejściowy, począwszy od czujników i skończywszy na zamontowanych na owym panelu przyciskach oraz wejścia służące do sterowania modulem, który wpływa na pracę silnika. Jest miejscem w którym następuje połączenie modelu windy ze sterownikiem PLC.

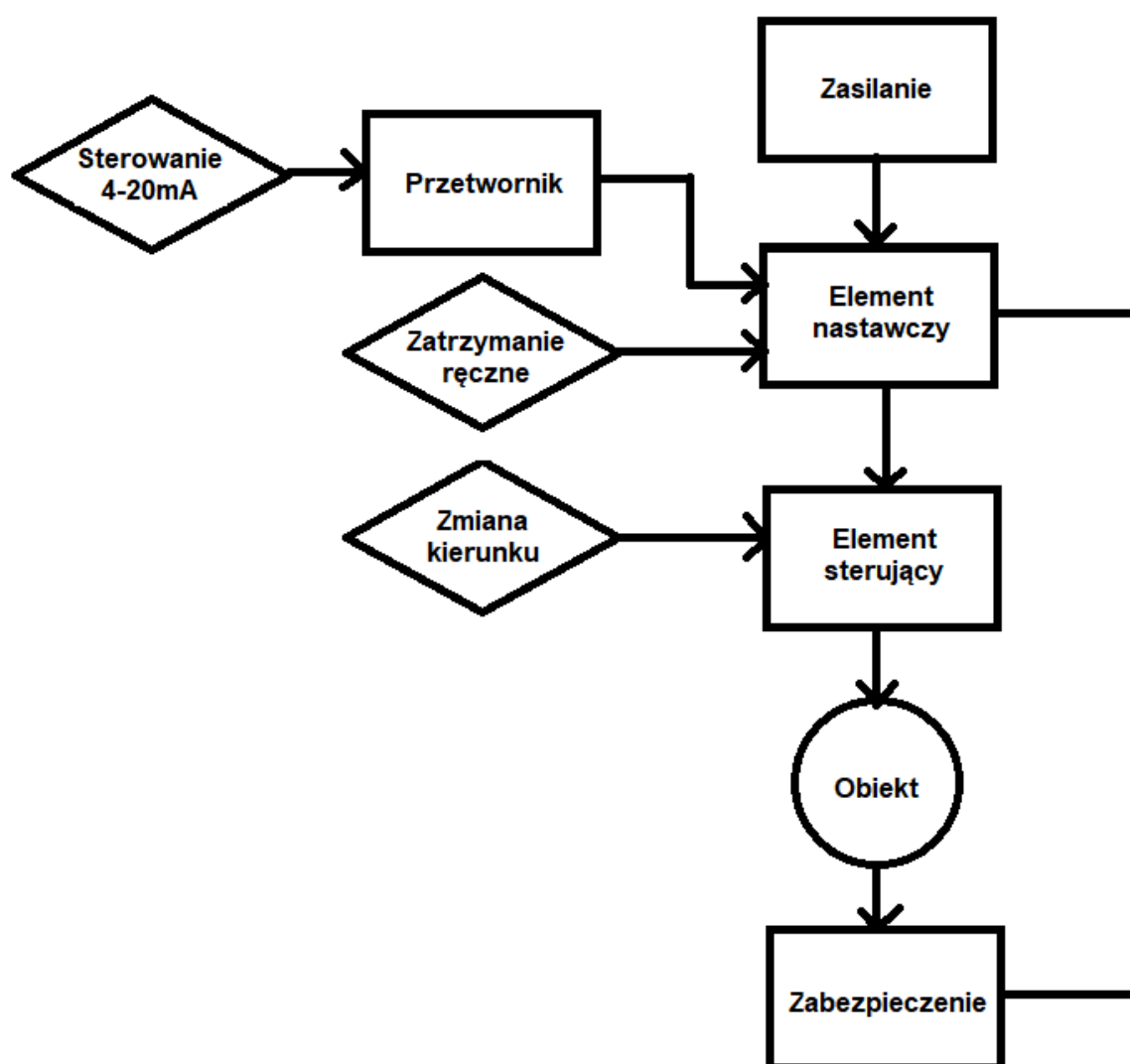
2.2.3 Szafa elektryczna makiety

Owa szafa została przymocowana za szybem windy i jej konstrukcja jest analogiczna do budowy samego szybu z jedną różnicą, polegającą na tym, że każda z jej ścian została zabudowana w celach bezpieczeństwa.

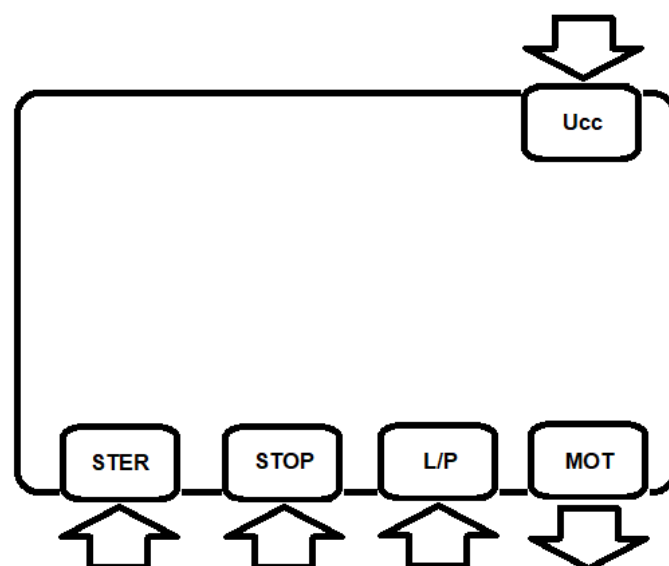
Wewnątrz szafy znajdują się cztery szyny DIN, które dzielą ją na cztery obszary. W pierwszym obszarze znajdują się dwa zasilacze 15V DC (odpowiada za zasilanie chłodzenia modułu sterującego silnikiem) oraz drugi 24V DC, który zasila całą makietę. Ostatnim elementem jest moduł sterowania silnikiem. W drugim obszarze znajdują się kolejno; Przyłącze 230V AC, które umożliwia dostarczenie prądu do zasilaczy. Szereg złączy szynowych będący sekcją zasilania 24V DC, z których prąd dostarczany jest do każdego pozostałego elementu wymagającego zasilania 24V. W trzecim obszarze znajduje się szereg złączy szynowych będących sekcją z ujemnym biegunem zasilania, która jest połączona z resztą elementów elektrycznych. W czwartym i zarazem ostatnim obszarze znajduje się szereg złączy szynowych do których od dołu doprowadzone są sygnały z czujników a od góry przewody łączące się z panelem sterowania.

2.2.4 Moduł sterowania silnikiem

Sygnał analogowy otrzymany ze sterownika PLC o wartości od 4mA do 20mA przekazywany jest na blok przetwornika a następnie zostaje zamieniony na sygnał sterujący. Rola jaką pełni polega naysterowaniu bloku nastawczego. Zawarty w nim element będzie służył regulacji wartości prądu płynącego przez odbiornik w postaci silnika. Użytkownik w dowolnym momencie ma możliwość zablokowania jego działania po to by zatrzymać silnik. Następnym krokiem jest przekazanie sygnału na blok sterowania w celu zmiany kierunku obrotów silnika. Ostateczny sygnał jest podawany na obciążenie i przechodzi przez blok zabezpieczenia, który jest sprzężony z elementem nastawczym w celu odłączenia odbiornika od zasilania i zatrzymania pracy.



Rysunek 3 Schemat blokowy działania modułu



Rysunek 4 Schemat poglądowy wejść-wyjść modułu

Tabela 2 Opis wejść/wyjść modułu

Oznaczenie	Sygnal	Typ	Opis
Ucc	24V	Wejście	Zasilanie układu
STER	4-20mA	Wejście	Sygnal sterujący kontrolujący prędkość silnika
STOP	0/24 V	Wejście	Ręczne zatrzymanie silnika
L/P	0/24 V	Wejście	Zmiana kierunku obrotu wału silnika
MOT	-	Wyjście	Złącze silnika DC

Rozdział 3

Specyfikacja urządzeń i systemów układu sterowania

Sterownik PLC

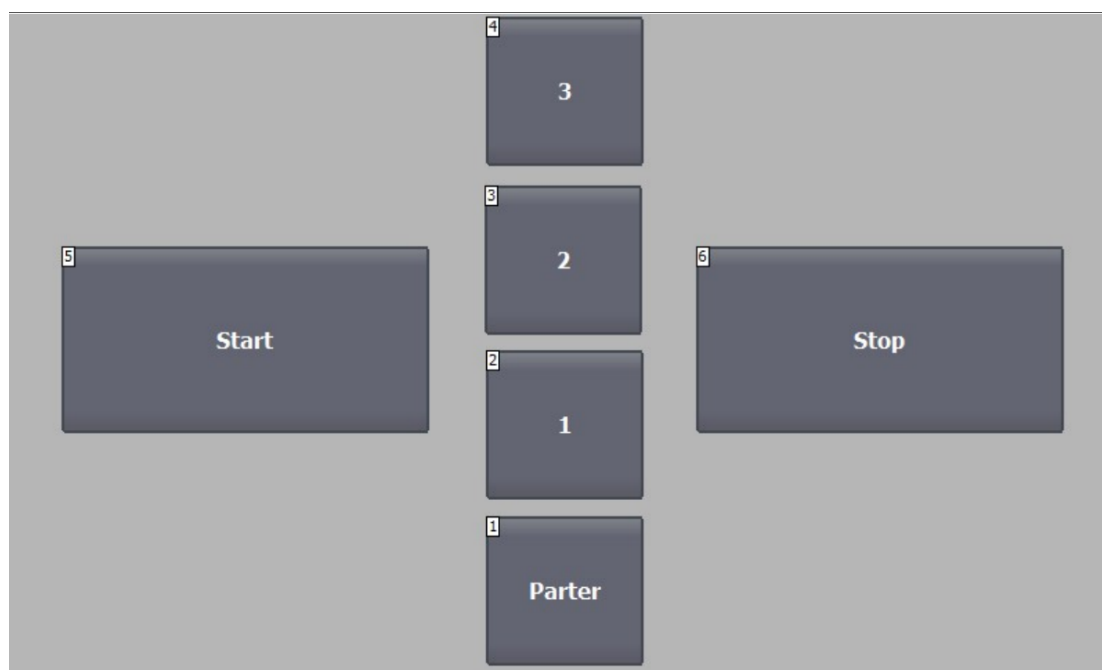
PLC – (Programmable Logic Controllers), sterownik programowalny to „cyfrowy system elektroniczny do stosowania w środowisku przemysłowym, który posługuje się pamięcią programowalną do przechowywania zorientowanych na użytkownika instrukcji do implementowania specyficznych funkcji: logicznych, sekwencyjnych, taktujących, zliczających i arytmetycznych w celu sterowania przez cyfrowe lub analogowe wejścia i wyjścia szeroką gamą maszyn i procesów” „Zarówno PLC, jak i związane z nim urządzenia peryferyjne są przeznaczone do łatwego połączenia w przemysłowy system sterowania i w prosty sposób spełniają funkcje przewidziane dla nich” [3]

Sterownik PLC użyty do sterowania modelem windy to sterownik SIEMENS SIMATIC S7-1200

Panel operatorski

Panele operatorskie służą są do wizualizacji i zadawania parametrów pracy obiektów i maszyn oraz do udostępniania informacji procesowych do nadrzędnych systemów informatycznych. Stanowią interfejs pomiędzy operatorem a maszyną.

Panel operatorski użyty w do sterowania modelem to SIEMENS SIMATIC hmi ktp700 basic.



Rysunek 5 Widok głównego pulpitu panelu operatorskiego

Układ przycisków stworzonych na potrzeby sterowania windą zawiera sześć elementów;

- 4 przyciski odpowiedzialne za wybór piętra
- Przycisk „Start” uruchamiający cały proces sterowania
- Przycisk „Stop” awaryjnie zatrzymujący pracę windy

Panel operatorski ma za zadanie zasymulowania panelu sterowania windą znajdującym się w kabinach.

Profinet

PROFINet „jest nowoczesnym standardem opracowanym przez organizację PROFIBUS International do budowy zintegrowanych i zwartych systemów sieciowych w automatyce przemysłowej, opartym na sieci Industrial Ethernet. PROFINet pozwala na integrację w jednej sieci prostych urządzeń polowych oraz aplikacji krytycznych czasowo. Umożliwia on również budowę rozproszonych systemów automatyki opartych na modelu komponentów (Component based automation)” [4].

Standard ten podłączył do połączenia ze sobą sterownika PLC oraz panelu operatorskiego.

Tia portal v16

Oprogramowanie inżynierskie pozwalające na:

- Konfigurację sterowników PLC oraz ich osprzętu
- Programowanie sterowników PLC (programowanie algorytmów w języku Ladder/FB)
- Symulacje działania sterownika oraz danego algorytmu bez posiadania fizycznego PLC

Rozdział 4

Algorytm sterowania

W celu stworzenia programu umożliwiającego sterowanie pracą windy, wykorzystano dwa języki programowania graficznego; SFC (pomocniczy) oraz Ladder Diagram (główny).

Proces opracowania algorytmu można podzielić na trzy kroki:

- Oszacowanie w jaki sposób ma działać winda
- Zaprojektowanie grafu składającego się kroków oraz warunków przejść (SFC)
- Przetłumaczenie języka SFC na język Ladder

Tabela 3 Oznaczenie wejść/wyjść, ich operanty oraz opis.

L.p.	Oznaczenie	Opernat	Opis
1	START	V.START	Przycisk włączający zasilanie
2	STOP	V.STOP	Przycisk zatrzymujący windę
3	S1	I0.2	Przycisk przywołania widny na parterze
4	S2	I0.3	Przycisk przywołania widny na pierwszym piętrze
5	S3	I0.4	Przycisk przywołania widny na drugim piętrze
6	S4	I0.5	Przycisk przywołania widny na trzecim piętrze
7	S5	V.Parter	Wybór parteru wewnątrz kabiny windy
8	S6	V.piętro1	Wybór pierwszego piętra wewnątrz kabiny windy
9	S7	V.piętro2	Wybór drugiego piętra wewnątrz kabiny windy
10	S8	V.piętro3	Wybór trzeciego piętra wewnątrz kabiny windy
11	B1	I0.6	Dolna krańcówka – hamulec awaryjny
12	B2	I0.7	Dolny czujnik parteru
13	B3	I1.0	Górny czujnik parteru
14	B4	I1.1	Dolny czujnik pierwszego piętra
15	B5	I1.2	Górny czujnik pierwszego piętra
16	B6	I1.3	Dolny czujnik drugiego piętra
17	B7	I1.4	Górny czujnik drugiego piętra
18	B8	I1.5	Dolny czujnik trzeciego piętra
19	B9	I1.6	Górny czujnik trzeciego piętra
20	B10	I1.7	Górna krańcówka – hamulec awaryjny
21	STER	QW64	Sterowanie prędkością obrotów
22	STOP	Q0.2	Zatrzymywanie windy
23	L/P	Q.03	Wybór kierunku obrotu

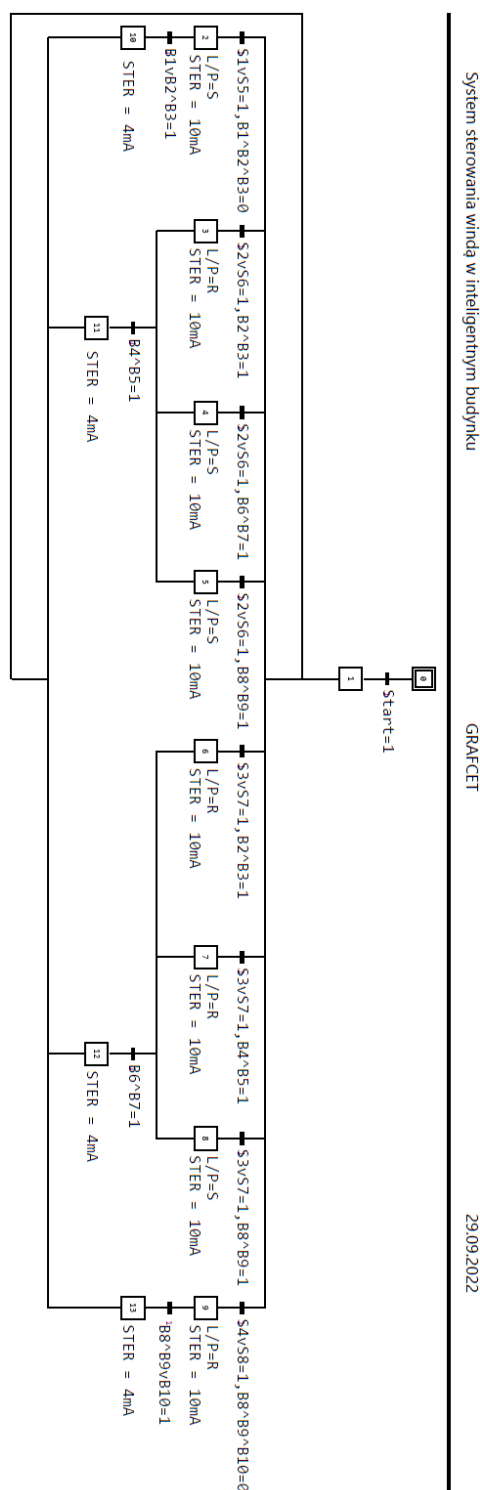
4.1 Algorytm SFC sterowania windą

Algorytm SFC powstał w celu ułatwienia stworzenia algorytmu w języku Ladder oraz by ułatwić zobrazowanie sekwencyjnego charakteru sterowania windą.

4.1.1 Teoria - Graf sekwencji SFC

Graf sekwencji SFC - „pozwała na opisywanie zadań sterowania sekwencyjnego za pomocą grafów zawierających etapy (kroki) i warunki przejścia (tranzycji) między tymi etapami. Grafy SFC mogą być wykorzystane przy programowaniu sterownika w jednym ze zdefiniowanych w normie języków w celu otrzymania odpowiedniej struktury programu użytkownika” [5].

4.1.2 Algorytm oraz opis jego działania



Rysunek 6 Algorytm SFC sterowania windą

Krok 0

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na przycisku „Start” następuje spełnienie warunków przejścia oraz przejście do Kroku nr 1

Krok 1

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na przycisku „S1” lub „S5” oraz stanu niskiego na czujnikach „B1” oraz „B2” oraz „B3” następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 2 oraz przejście do tego kroku.

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na przycisku „S2” lub „S6” oraz stanu wysokiego na czujnikach „B2” oraz „B3” następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 3 oraz przejście do tego kroku.

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na przycisku „S2” lub „S6” oraz stanu wysokiego na czujnikach „B6” oraz „B7” następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 4 oraz przejście do tego kroku.

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na przycisku „S2” lub „S6” oraz stanu wysokiego na czujnikach „B8” oraz „B9” następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 5 oraz przejście do tego kroku.

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na przycisku „S3” lub „S7” oraz stanu wysokiego na czujnikach „B2” oraz „B3” następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 6 oraz przejście do tego kroku.

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na przycisku „S3” lub „S7” oraz stanu wysokiego na czujnikach „B4” oraz „B5” następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 7 oraz przejście do tego kroku.

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na przycisku „S3” lub „S7” oraz stanu wysokiego na czujnikach „B8” oraz „B9” następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 8 oraz przejście do tego kroku.

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na przycisku „S4” lub „S8” oraz stanu niskiego na czujnikach „B8” oraz „B9” oraz „B10” następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 9 oraz przejście do tego kroku.

Krok 2

Na wyjściu „L/P” pojawia się stan wysoki w konsekwencji czego silnik będzie mógł obracać się w prawo i opuszczać kabinę windy w dół.

Na wyjściu „STER” pojawia się prąd o wartości 10mA w wyniku czego silnik windy zaczyna się obracać z zadaną prędkością.

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na czujniku „B1” lub na czujnikach „B2” oraz „B3” następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 10 oraz przejście do tego kroku.

Krok 3

Na wyjściu „L/P” pojawia się stan niski w konsekwencji czego silnik będzie mógł obracać się w lewo i podnosić kabinę windy w górę.

Na wyjściu „STER” pojawia się prąd o wartości 10mA w wyniku czego silnik windy zaczyna się obracać z zadaną prędkością.

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na czujnikach „B4” oraz „B5” następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 11 oraz przejście do tego kroku.

Krok 4

Na wyjściu „L/P” pojawia się stan wysoki w konsekwencji czego silnik będzie mógł obracać się w prawo i opuszczać kabinę windy w dół.

Na wyjściu „STER” pojawia się prąd o wartości 10mA w wyniku czego silnik windy zaczyna się obracać z zadaną prędkością.

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na czujnikach „B4” oraz „B5” następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 11 oraz przejście do tego kroku.

Krok 5

Na wyjściu „L/P” pojawia się stan wysoki w konsekwencji czego silnik będzie mógł obracać się w prawo i opuszczać kabinę windy w dół.

Na wyjściu „STER” pojawia się prąd o wartości 10mA w wyniku czego silnik windy zaczyna się obracać z zadaną prędkością.

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na czujnikach „B4” oraz „B5” następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 11 oraz przejście do tego kroku.

Krok 6

Na wyjściu „L/P” pojawia się stan niski w konsekwencji czego silnik będzie mógł obracać się w lewo i podnosić kabinę windy w górę.

Na wyjściu „STER” pojawia się prąd o wartości 10mA w wyniku czego silnik windy zaczyna się obracać z zadaną prędkością.

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na czujnikach „B6” oraz „B7” następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 12 oraz przejście do tego kroku.

Krok 7

Na wyjściu „L/P” pojawia się stan niski w konsekwencji czego silnik będzie mógł obracać się w lewo i podnosić kabinę windy w górę.

Na wyjściu „STER” pojawia się prąd o wartości 10mA w wyniku czego silnik windy zaczyna się obracać z zadaną prędkością.

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na czujnikach „B6” oraz „B7” następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 12 oraz przejście do tego kroku.

Krok 8

Na wyjściu „L/P” pojawia się stan wysoki w konsekwencji czego silnik będzie mógł obracać się w prawo i opuszczać kabinę windy w dół.

Na wyjściu „STER” pojawia się prąd o wartości 10mA w wyniku czego silnik windy zaczyna się obracać z zadaną prędkością.

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na czujnikach „B6” oraz „B7” następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 12 oraz przejście do tego kroku.

Krok 9

Na wyjściu „L/P” pojawia się stan niski w konsekwencji czego silnik będzie mógł obracać się w lewo i podnosić kabinę windy w górę.

Na wyjściu „STER” pojawia się prąd o wartości 10mA w wyniku czego silnik windy zaczyna się obracać z zadaną prędkością.

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na czujniku „B10” lub na czujnikach „B8” oraz „B9” następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 13 oraz przejście do tego kroku.

Krok 10

Na wyjściu „STER” pojawia się prąd o wartości 4mA w wyniku czego silnik windy przestaje się obracać. Następnie następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 1 oraz przejście (cofnięcie się) do tego kroku.

Krok 11

Na wyjściu „STER” pojawia się prąd o wartości 4mA w wyniku czego silnik windy przestaje się obracać. Następnie następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 1 oraz przejście (cofnięcie się) do tego kroku.

Krok 12

Na wyjściu „STER” pojawia się prąd o wartości 4mA w wyniku czego silnik windy przestaje się obracać. Następnie następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 1 oraz przejście (cofnięcie się) do tego kroku.

Krok 13

Na wyjściu „STER” pojawia się prąd o wartości 4mA w wyniku czego silnik windy przestaje się obracać. Następnie następuje spełnienie warunków przejścia do kroku nr 1 oraz przejście (cofnięcie się) do tego kroku

4.2 Algorytm sterowania w języku Ladder

Działanie algorytmu zaprogramowanego za pomocą języka graficznego Ladder jest analogiczny do algorytmu przedstawionego za pomocą języka SFC.

4.2.1 Teoria języka Ladder

Język LD – (ang: Ladder Diagram, pl: Schemat drabinkowy) język programowania, należący do grupy języków graficznych, który umożliwia realizację zadania sterowania z wykorzystaniem standaryzowanych symboli graficznych. Umieszcza się je w obwodach w sposób przypominający szczeble (ang: rungs) dla przekaźnikowych układów sterowania.

Obwód (ang: network), zbiór wzajemnie połączonych elementów graficznych. Jest ograniczony z prawej i lewej strony przez power rails (pl: szyny prądowe), które nie są elementami obwodu. Prawa szyna może być ukazana w sposób jawny lub pozostać w domyśle.

W języku Ladder, wykonywanie programu polega na „przepływie prądu” (ang: „power flow”), w sposób podobny jak w schemacie drabinkowym dla systemu przekaźników elektromechanicznych. Przepływ prądu następuje z lewej do prawej strony. Wykorzystuje się go do przedstawienia przepływu odpowiedniej wielkości przez kolejne obwody reprezentujące określoną strategię sterownika.

Elementy obwodu mogą być łączone zarówno poziomo jak i pionowo. Stan elementów, które są łączone oznacza się jako ON (stan wysoki) albo OFF (stan niski), stosownie do wartości boolowskich (1 i 0).

Podstawowymi elementami obwodów w języku Ladder są styki i cewki.

Styk – (ang: contact) element przekazujący do połączenia poziomego po prawej stronie styku stan będący wynikiem mnożenia boolowskiego AND stanu połączenia po lewej stronie styku oraz wartości przypisanej stykowi zmiennej boolowskiej (wejściowej, wyjściowej lub w pamięci). Nie modyfikuje wartości posiadanej przez skojarzoną z nim zmienną.

Cewka – (ang: coil) element przekazujący stan połączeń z lewej strony na prawą bez zmian powodując jednocześnie, że przypisana jest zmienna boolowska przyjmuje wartość odpowiednią do tego stanu połączeń i do zasady działania danego typu cewki. Cewki zazwyczaj służą do zwykłego zapamiętania wartości stanu połączenia. Cewki zatraskiwane służą głównie do realizacji przerzutnika SR (set-reset). Poza cewkami standardowymi występują również cewki podtrzymywane (cewki z pamięcią, ang: retentive coils), które różnią się od podstawowych tym, że z tą cewką jest kojarzona zmienna podtrzymywania (retentive variable). Oznacza to, że wartość zmiennej przypisywanej do cewki tego typu, jest zachowywana po zatrzymaniu zasobu, w którym dana zmienna jest zdefiniowana oraz odtwarzana po jego ponownym uruchomieniu. Kolejną niestandardową cewką jest cewka impulsowa (wrażliwa na zbocze) służą do sprawdzania zmiany stanu połączeni po lewej strony od nich.

Wywołanie funkcji i bloków funkcyjnych – język Ladder jest najprostszym narzędziem do programowania wyrażeń boolowskich. Poza typowymi elementami języka służącym sterowaniu wykonywaniem takich działań, w języku ladder istnieje również możliwość realizacji bardziej złożonych operacji, chociażby arytmetycznych dzięki wywołaniu odpowiednich funkcji tudzież bloków funkcyjnych.

Sekwencja obwodów dla języka LD jest wykonywana w kolejności od góry do dołu. W celu modyfikacji kolejności w jakiej obwód się wykonuje można użyć skoków. [6]

4.2.2 Algorytm sterujący pracą windy

Krok 0 (Gdy styk „ZASILANIE” ma stan wysoki)

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na styku „V.START” następuje spełnienie warunków przejścia oraz uzyskanie stanu wysokiego na cewce typu set o nazwie „Krok(1)”
- Po uzyskaniu stanu wysokiego na styku „V.STOP” następuje spełnienie warunków przejścia oraz uzyskanie stanu wysokiego na cewce typu set o nazwie „STOP”

Krok 1 (Gdy styk „Krok(1)” ma stan wysoki)

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na styku „S1” lub „V.Parter” oraz stanu niskiego na stykach „B1” oraz „B2” oraz „B3” następuje spełnienie warunków przejścia i sumator ustawia na wyjściu prądowym o nazwie „STEROWANIE” sygnał o wartości 11mA, następnie pojawia się stan wysoki na cewkach „L/P” typu Set, „Krok(2)” typu Set oraz „Krok(1)” typu Reset.
- Po uzyskaniu stanu wysokiego na styku „S2” lub „V.piętro1” oraz na stykach „B2” oraz „B3” następuje spełnienie warunków przejścia i sumator ustawia na wyjściu prądowym o nazwie „STEROWANIE” sygnał o wartości 11mA, następnie pojawia się stan wysoki na cewkach „L/P” typu Reset, „Krok(3)” typu Set oraz „Krok(1)” typu Reset.
- Po uzyskaniu stanu wysokiego na styku „S2” lub „V.piętro1” oraz na stykach „B6” oraz „B7” następuje spełnienie warunków przejścia i sumator ustawia na wyjściu prądowym o nazwie „STEROWANIE” sygnał o wartości 11mA, następnie pojawia się stan wysoki na cewkach „L/P” typu Set, „Krok(4)” typu Set oraz „Krok(1)” typu Reset.
- Po uzyskaniu stanu wysokiego na styku „S2” lub „V.piętro1” oraz na stykach „B8” oraz „B9” następuje spełnienie warunków przejścia i sumator ustawia na wyjściu prądowym o nazwie „STEROWANIE” sygnał o wartości 11mA, następnie pojawia się stan wysoki na cewkach „L/P” typu Set, „Krok(5)” typu Set oraz „Krok(1)” typu Reset.
- Po uzyskaniu stanu wysokiego na styku „S3” lub „V.piętro2” oraz na stykach „B2” oraz „B3” następuje spełnienie warunków przejścia i sumator ustawia na wyjściu prądowym o nazwie „STEROWANIE” sygnał o wartości 11mA, następnie pojawia się stan wysoki na cewkach „L/P” typu Reset, „Krok(6)” typu Set oraz „Krok(1)” typu Reset.
- Po uzyskaniu stanu wysokiego na styku „S3” lub „V.piętro2” oraz na stykach „B4” oraz „B5” następuje spełnienie warunków przejścia i sumator ustawia na wyjściu prądowym o nazwie „STEROWANIE” sygnał o wartości 11mA, następnie pojawia się stan wysoki na cewkach „L/P” typu Reset, „Krok(7)” typu Set oraz „Krok(1)” typu Reset.

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na styku „S3” lub „V.piętro2” oraz na stykach „B8” oraz „B9” następuje spełnienie warunków przejścia i sumator ustawia na wyjściu prądowym o nazwie „STEROWANIE” sygnał o wartości 11mA, następnie pojawia się stan wysoki na cewkach „L/P” typu Set, „Krok(8)” typu Set oraz „Krok(1)” typu Reset.

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na styku „S4” lub „V.pietro3” oraz stanu niskiego na stykach „B8” oraz „B9” oraz „B10” następuje spełnienie warunków przejścia i sumator ustawia na wyjściu prądowym o nazwie „STEROWANIE” sygnał o wartości 11mA, następnie pojawia się stan wysoki na cewkach „L/P” typu Reset, „Krok(9)” typu Set oraz „Krok(1)” typu Reset.

Krok 2 (Gdy styk „Krok(2)” ma stan wysoki)

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na styk „B1” lub styki „B2” oraz „B3” następuje spełnienie warunków przejścia i bloczek odejmujący ustawia na wyjściu prądowym o nazwie „STEROWANIE” sygnał o wartości 4mA, następnie pojawia się stan wysoki na cewkach „Krok(10)” typu Set oraz „Krok(2)” typu Reset.

Krok 3 (Gdy styk „Krok(3)” ma stan wysoki)

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na stykach „B4” oraz „B5” następuje spełnienie warunków przejścia i bloczek odejmujący ustawia na wyjściu prądowym o nazwie „STEROWANIE” sygnał o wartości 4mA, następnie pojawia się stan wysoki na cewkach „Krok(11)” typu Set oraz „Krok(3)” typu Reset.

Krok 4 (Gdy styk „Krok(4)” ma stan wysoki)

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na stykach „B4” oraz „B5” następuje spełnienie warunków przejścia i sumator ustawia na wyjściu prądowym o nazwie „STEROWANIE” sygnał o wartości 4mA, następnie pojawia się stan wysoki na cewkach „Krok(11)” typu Set oraz „Krok(4)” typu Reset.

Krok 5 (Gdy styk „Krok(5)” ma stan wysoki)

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na stykach „B4” oraz „B5” następuje spełnienie warunków przejścia i bloczek odejmujący ustawia na wyjściu prądowym o nazwie „STEROWANIE” sygnał o wartości 4mA, następnie pojawia się stan wysoki na cewkach „Krok(11)” typu Set oraz „Krok(5)” typu Reset.

Krok 6 (Gdy styk „Krok(6)” ma stan wysoki)

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na stykach „B6” oraz „B7” następuje spełnienie warunków przejścia i bloczek odejmujący ustawia na wyjściu prądowym o nazwie „STEROWANIE” sygnał o wartości 4mA, następnie pojawia się stan wysoki na cewkach „Krok(12)” typu Set oraz „Krok(6)” typu Reset.

Krok 7 (Gdy styk „Krok(7)” ma stan wysoki)

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na stykach „B6” oraz „B7” następuje spełnienie warunków przejścia i bloczek odejmujący ustawia na wyjściu prądowym o nazwie „STEROWANIE” sygnał o wartości 4mA, następnie pojawia się stan wysoki na cewkach „Krok(12)” typu Set oraz „Krok(7)” typu Reset.

Krok 8 (Gdy styk „Krok(8)” ma stan wysoki)

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na stykach „B6” oraz „B7” następuje spełnienie warunków przejścia i bloczek odejmujący ustawia na wyjściu prądowym o nazwie „STEROWANIE” sygnał o wartości 4mA, następnie pojawia się stan wysoki na cewkach „Krok(12)” typu Set oraz „Krok(8)” typu Reset.

Krok 9 (Gdy styk „Krok(9)” ma stan wysoki)

- Po uzyskaniu stanu wysokiego na styk „B10” lub styki „B8” oraz „B9” następuje spełnienie warunków przejścia i bloczek odejmujący ustawia na wyjściu prądowym o nazwie „STEROWANIE” sygnał o wartości 4mA, następnie pojawia się stan wysoki na cewkach „Krok(13)” typu Set oraz „Krok(9)” typu Reset.

Krok 10 (Gdy styk „Krok(10)” ma stan wysoki)

Następuje spełnienie warunków przejścia, pojawia się stan wysoki na cewkach „Krok(1)” typu Set oraz „Krok(10)” typu Reset.

Krok 11 (Gdy styk „Krok(11)” ma stan wysoki)

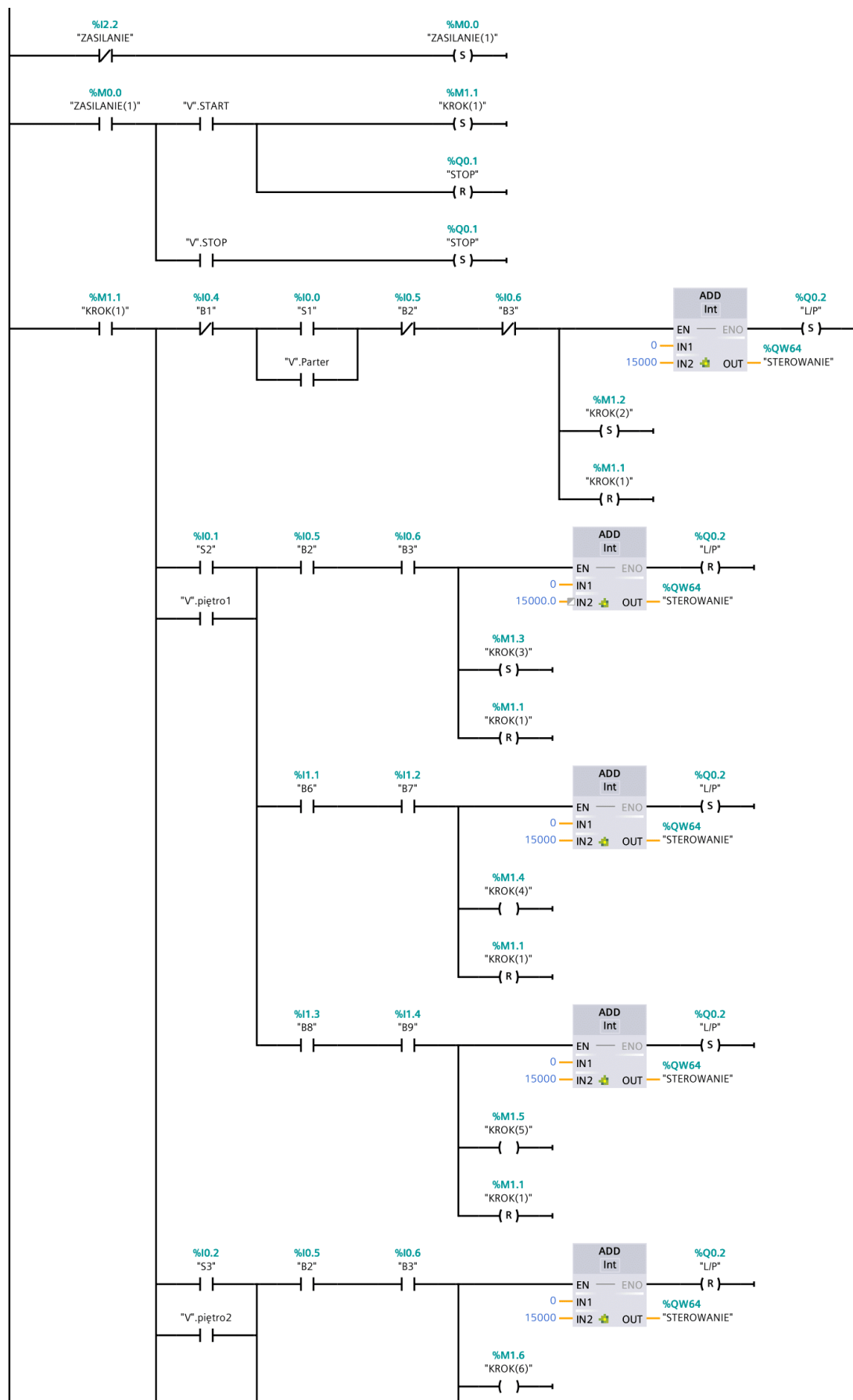
Następuje spełnienie warunków przejścia, pojawia się stan wysoki na cewkach „Krok(1)” typu Set oraz „Krok(11)” typu Reset.

Krok 12 (Gdy styk „Krok(12)” ma stan wysoki)

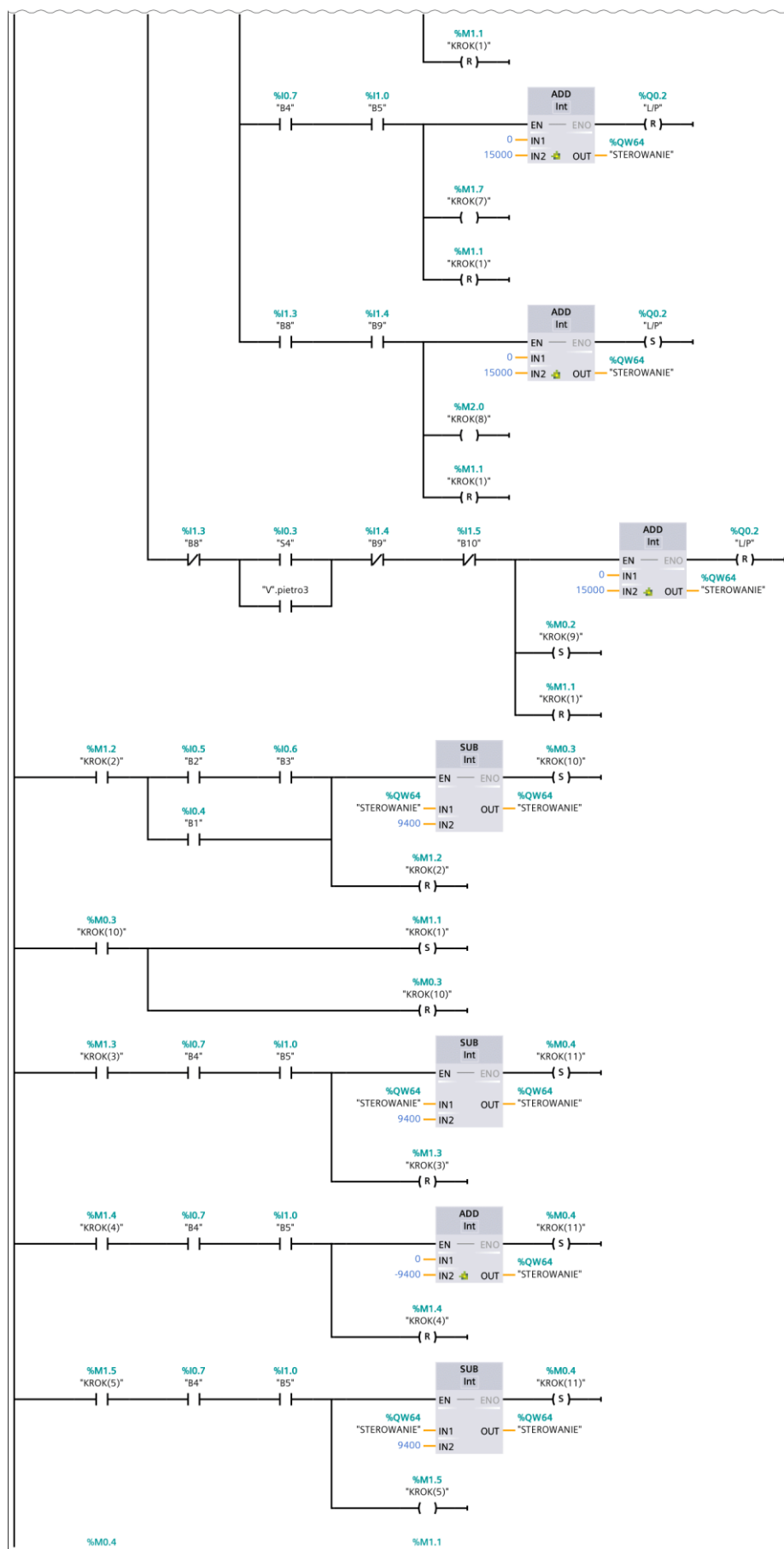
Następuje spełnienie warunków przejścia, pojawia się stan wysoki na cewkach „Krok(1)” typu Set oraz „Krok(12)” typu Reset.

Krok 13 (Gdy styk „Krok(13)” ma stan wysoki)

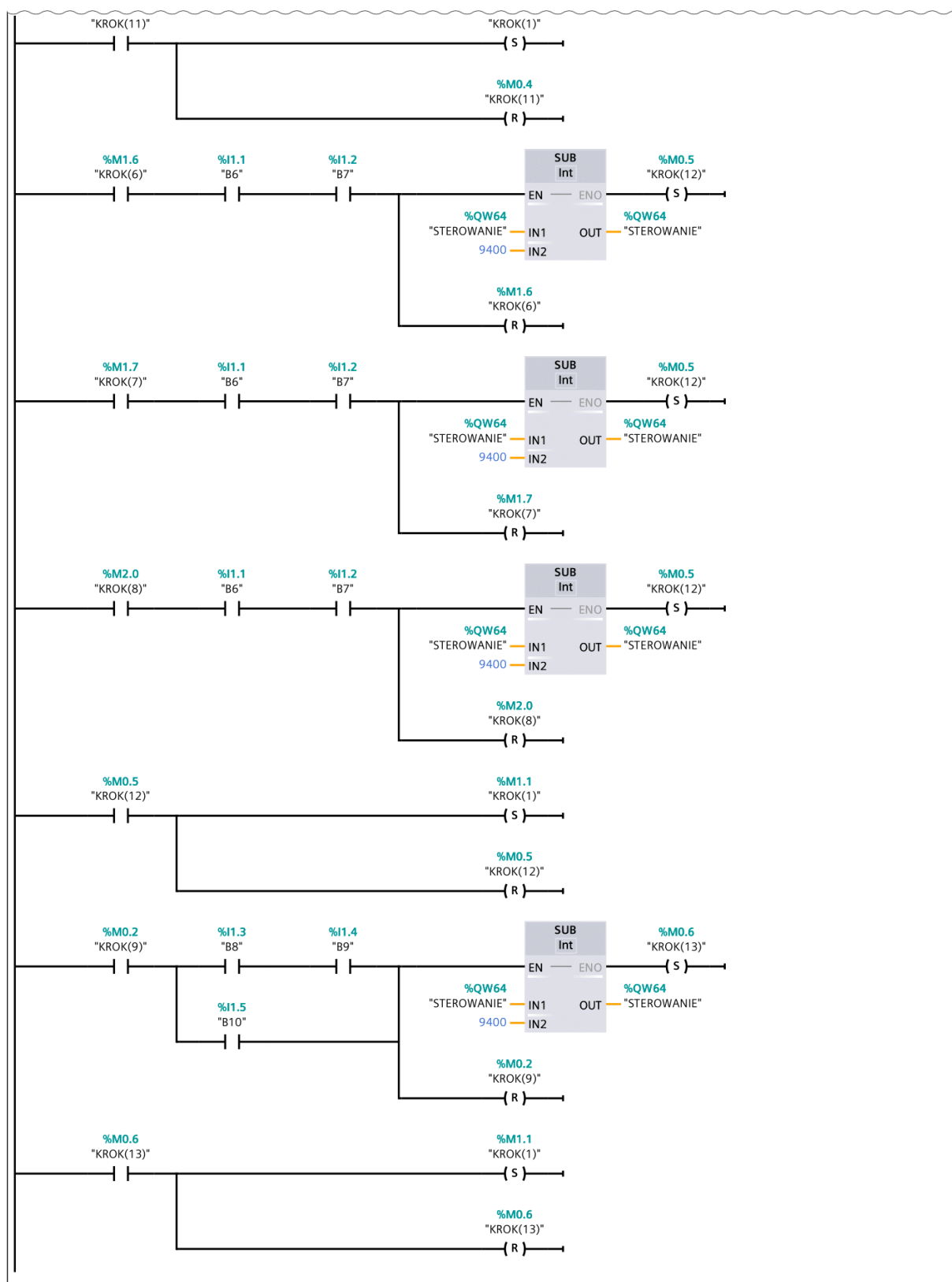
Następuje spełnienie warunków przejścia, pojawia się stan wysoki na cewkach „Krok(1)” typu Set oraz „Krok(13)” typu Reset.



Rysunek 7 Algorytm Ladder sterowania windą 1/3



Rysunek 8 Algorytm Ladder sterowania windą 2/3



Rysunek 9 Algorytm Ladder sterowania windą 3/3

Rozdział 5

Podsumowanie i wnioski

Główne założenia pracy przedstawione we wstępie, zostały w całości spełnione. Udało się skonfigurować sterownik PLC jak i panel operatorski oraz połączyć te dwa elementy za pomocą sieci ProfiNET. Wykonane zostały dwa analogiczne algorytmy sterowania z czego ten stworzony za pomocą języka Ladder został przetestowany w symulacji za sprawą oprogramowania Tia portal v16 i pod każdym względem działa poprawnie. Udało się zaprojektować i wdrożyć do użytku układ przycisków wyświetlanych na głównym pulpicie panelu operatorskiego. Za sprawą specjalnie przygotowanych na potrzeby projektu przewodów, połączono sterownik PLC z panelem sterowania umieszczonym na szybie windy.

Z racji, że kompletnie działająca winda to dzieło trzech prac inżynierskich, z czego dwie z nich („Układ sterowania winda w inteligentnym budynku” [2] oraz „Elektroniczny moduł sterowania laboratoryjnym” [1]) były fundamentem do stworzenia wyżej opisanej pracy.

Podczas tworzenia projektu został napotkany problem z czujnikami, który spowodował czasochłonne dochodzenie i przegląd całej makiety w celu identyfikacji źródła problemu. W konsekwencji tego problemu, konieczne było wymienienie 3 z 8 czujników na nowe.

Zastosowanie panelu operatorskiego pomogło zmieścić wszystkie przyciski i czujniki doprowadzające sygnał do sterownika PLC z racji iż ilość portów wejściowych sterownika jest ograniczona a sygnał z przycisków umieszczonych w panelu operatorskiego jest przekazywany za pomocą ProfiNET.

Bibliografia

- [1] D. Sielużycki, „Elektroniczny moduł sterowania laboratoryjnym”, 2020.
- [2] R. Wojewódzki, „Układ sterowania windą w inteligentnym budynku”, 2020.
- [3] J. Kwaśniewski, „Sterowniki PLC w praktyce inżynierskiej”, BTC, 2008.
- [4] D. Germanek, „Napędy i Sterowanie”, Druk-Art, 2007.
- [5] T. Legierski, J. Wyrwał, J. Kasprzyk i J. Hajda, „Programowanie sterowników PLC”, Gliwice: Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka SKALMIERSKIEGO, 1998.
- [6] J. Kasprzyk, „Programowanie sterowników przemysłowych”, Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-techniczne.

Spis rysunków

Rysunek 1 Schemat poglądowy ukazujący wszystkie elementy tworzące sygnały wejściowe względem sterownika PLC.	4
Rysunek 2 Połączenia elektryczne ukazane w postaci schematu blokowego.	7
Rysunek 3 Schemat blokowy działania modułu	9
Rysunek 4 Schemat poglądowy wejść-wyjść modułu	10
Rysunek 5 Widok głównego pulpitu panelu operatorskiego	11
Rysunek 6 Algorytm SFC sterowania windą	14
Rysunek 7 Algorytm Ladder sterowania windą 1/3	22
Rysunek 8 Algorytm Ladder sterowania windą 2/3	23
Rysunek 9 Algorytm Ladder sterowania windą	24