

Rafał GOŁĘBSKI, Piotr PASZTA

## KONSTRUKCJA STANOWISKA LABORATORYJNEGO DO SEGREGACJI ELEMENTÓW METALOWYCH

### Streszczenie

W artykule opisano przebieg procesu konstruowania i wykonania stanowiska laboratoryjnego segregacji przemieszczających się elementów. Segregacja realizowana była ze względu na obecność metalu w przemieszczanym elemencie. Element poddany pozytywnej detekcji jest zsuwany z taśmociągu przez siłownik pneumatyczny. Przedmioty które nie były wykonane z metalu, bądź nie zawierały metalu przemieszczały się na taśmie aż do momentu, pojawienia na ich drodze krzywki spychającej element do rynny zjazdowej. Do sterowania pracą układu wykorzystano sterownik PLC firmy Mitsubishi typu FX3U – 16M.

### WSTĘP

W artykule opisano zaprojektowanie i wykonanie stanowiska dydaktycznego którego zadaniem będzie segregowanie elementów poruszających się po taśmie transportującej ze względu na zawartość w nich metalu. Projekt zakłada, że elementy podlegające segregacji będą przechodziły przez bramkę na której będzie umieszczony czujnik indukcyjny. Czujnik ten będzie reagował jeśli na taśmie będzie przemieszczał się przedmiot zawierający metal. Gdy czujnik zasygnalizuje że element posiada właściwości magnetyczne nastąpi jego usunięcie z taśmy transportującej przy pomocy siłownika pneumatycznego umieszczonego za czujnikiem pomiarowym. Przedmioty które nie będą wykonane z metalu, bądź nie będą zawierać metalu będą dalej przemieszczać się po taśmie aż do momentu, gdy na ich drodze pojawi się krzywka spychająca element do rynny zjazdowej. Sterowanie całego układu będzie realizował sterownik PLC firmy Mitsubishi typu FX3U – 16M. Program sterujący zostanie napisany w języku drabinkowym.

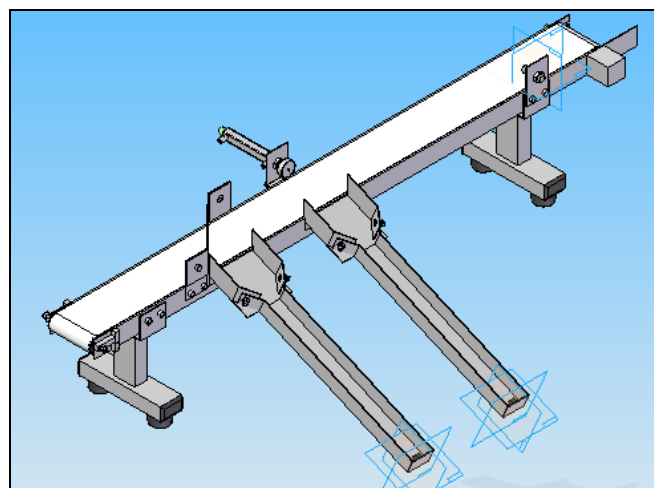
### 1. BUDOWA INTERFEJSU PROGRAMU ORAZ PODSTAWY TWORZENIA I SYMULACJI UKŁADÓW

Na rysunku 1 przedstawiono widok stanowiska wykonanego przy wykorzystaniu oprogramowania SolidEdge. Konstrukcja została zaprojektowana z wykorzystaniem profili aluminiowych co w znacznym stopniu ma ułatwić i przyspieszyć prace montażowe [3]. Do budowy konstrukcji zostaną użyte następujące elementy:

- ceownik o przekroju 104 [mm] x 40 [mm] x 2 [mm],
- profil typu kątownik o przekroju 50 [mm] x 50 [mm] x 2 [mm],
- profil zamknięty prostokątny 50 [mm] x 30 [mm] x 2 [mm],
- płaskownik 50 [mm] x 2 [mm].

Profil typu ceownik został wykorzystany jako element główny stanowiska do którego zostaną przymocowane inne części, a więc będzie korpusem urządzenia. Drugim zastosowaniem tego profilu będą rynny po których będą się zsuwały elementy z taśmociągu. Rynny będą znajdować się po tej samej stronie profilu. Ze względu na to, że stanowisko ma współpracować z drugim stanowiskiem konieczne było wykonanie dodatkowego elementu umożliwiającego zjazd przedmiotu. Element został wykonany z profilu prostokątnego w którym usunięto jedną ze ścianek. Wiązało się to z koniecznością dokładnego pozycjonowania przedmiotu który spada z taśmy. Profil prostokątny zostanie użyty do konstrukcji nóg na których będzie stał cały taśmociąg. Kątownik natomiast zostanie użyty jako część składowa nogi. Zostanie on przykręcony do ceownika jedną z

swoich płaszczyzn. Do drugiej płaszczyzny zostaną zamocowane nogi.



Rys. 1. Widok stanowiska

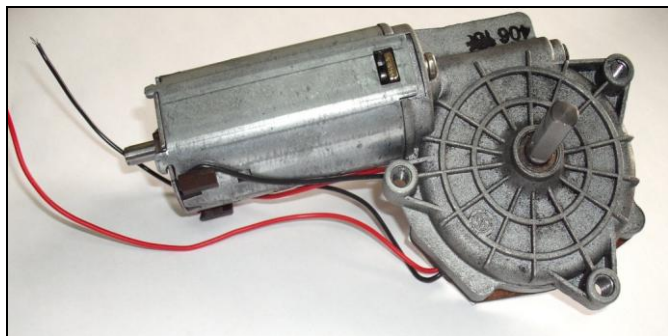
#### 1.1. Komponenty stanowiska

Elementem który będzie realizował segregację przedmiotów będzie czujnik indukcyjny przedstawiony na rys.2. Czujnik będzie podłączony do wejść sterownika PLC i będzie przekazywał mu informacje na temat transportowanego przedmiotu usytuowanego na taśmie. Jeśli będzie to element zawierający metal czujnik zasygnalizuje to sterownikowi PLC który następnie przekształci sygnał z czujnika na użyteczny sygnał wyjściowy i poda go na wyjścia sterownika. Sygnał ten będzie sterował elektrozaworem który dostarcza powietrze do siłownika pneumatycznego.



Rys.2. Czujnik indukcyjny

Uwzględniając Małe gabaryty stanowiska i małe obciążenie taśmy zastosowano napęd taśmy z wykorzystaniem motoreduktora z przekładnią ślimakową. Na rysunku 3 został zaprezentowany wykorzystany motoreduktor. W motoreduktorze wszystkie podzespoły tj. napęd, system redukcyjny i przeniesienia napędu są zamknięte w jednej obudowie i tworzą całość.



Rys.3. Motoreduktor

Aby napędzana motoreduktorem taśma mogła się poruszać z małymi oporami należało zastosować komplet rolek w postaci rolki napędowej i rolki zwrotnej. Wewnątrz rolki napędowej została wciśnięta tulejka która umożliwi przeniesienie napędu z motoreduktora, a następnie łożysko które zapewni stabilną pracę oraz zmniejszy ewentualne bicie tulei. Rolka zwrotna została wykonana w podobny sposób co napędowa z tą różnicą, że obie strony rolki zostały podparte na łożyskach. Łożyska zostały wciśnięte w rolkę wraz ze sworzniem. Użyto łożysk kulowych krytych o średnicy zewnętrznej fi 18, średnicy wewnętrznej fi 6 oraz grubości 7 mm. Na wałku motoreduktora umieszczono łożysko o średnicach zewnętrznej fi 22, wewnętrznej fi 8 oraz grubości 7 mm. Jako element transportujący wykorzystano taśmę poliestrową.

Zgodnie z założeniami projektowymi elementy które zawierają metal mają być zsuwane z taśmy transportującej. Elementy które nie posiadają metalu mają być transportowane dalej aż do momentu, do krzywki która spowoduje przesuw elementów z taśmy. Aby elementy mogły zostać zsunięte należało wymyślić mechanizm dzięki któremu taka operacja będzie możliwa. Proces zsuwania będzie realizowany przy pomocy siłownika pneumatycznego sterowanego przez elektrozawór [3]. Na rysunku 4 przedstawiono siłownik pneumatyczny tłokowy dwustronnego działania z czujnikami położenia mocowanymi na szynie, którego użyto do budowy stanowiska



Rys.4. Siłownik pneumatyczny

Wymieniony siłownik będzie przymocowany do ścianki ceownika i odpowiednio od niego odsunięty aby koniec tłoka znajdował się możliwie jak najbliżej krawędzi ceownika. Na końcu tłoczyska będzie przymocowana końcówka wykonana z miękkiego materiału która będzie bezpośrednio działać na przemieszczające się elementy. Jeśli zawór rozdzielający otrzyma informację ze sterownika PLC, że znajdujący się na taśmie element zawiera metal nastąpi dostarczenie powietrza do siłownika i wysunięcie tłoczyska. Zadanie to będzie realizowane z pewnym opóźnieniem czasowym które będzie realizowane przy pomocy timera. Działanie timera opiera się na wyzwalaniu wyjść sterownika PLC po wyznaczonym czasie od dostarczenia sygnału z wejść. Zatem, jeśli poruszający się z taśmą element będzie zawierał metal czujnik indukcyjny poda tę informację na wejścia sterownika PLC który po określonym czasie steruje

wyjściem do którego podłączony jest elektrozawór. Tłoczysko siłownika wysunie się i nastąpi zsuniecie elementu z taśmy. W taki sposób zostanie zrealizowana segregacja przedmiotów z zawartością metalu w tym przedmiocie. Jeśli natomiast z czujnika nie zostanie podany sygnał, że badany przedmiot nie ma właściwości magnetycznych elementy będą transportowane dalej aż napotkają na przegrodę krzywkową która sprawi że przedmiot zsunie się po drugiej szynie.

Niezbędnym podzespołem który steruje dopływem czynnika roboczego do siłownika jest zawór rozdzielający którego niekiedy nazywamy elektrozaworem. Jest to urządzenie które w wyniku dostarczenia mu sygnału sterującego może sterować kierunkiem przepływu medium [2]. Należy pamiętać o tym, że nie możemy bezpośrednio sterować siłownikiem pneumatycznym, gdyż nie posiada urządzenia które przekształciłoby energię elektryczną na użyteczną pracę. Należy się także zastanowić czy rozdzielacz ma sterować tylko kierunkiem, czy ponadto również jego natężeniem. Powinno się także wiedzieć jakimi własnościami ruchowymi dysponuje rozdzielacz. Chodzi tu o siły niezbędne do przesterowania, czy maksymalne obciążenie. Bardzo ważną kwestią jest także szczelność wewnętrzna rozdzielacza.

Do budowy stanowiska dobrano elektrozawór firmy SMC o oznaczeniu SY5120-BY0-C8F. Jest to zawór rozdzielający pięciopozycyjny dwupołożeniowy monostabilny z serii SY5000 z rodziny zaworów kompaktowych. Zainstalowany zawór przedstawiono na rysunku 5.



Rys.5. Elektrozawór SY5120

## 2. UKŁAD STEROWANIA

Do sterowania procesem segregacji elementów został wykorzystany sterownik PLC firmy Mitsubishi serii MELSEC FX3U-16M. Jest to sterownik kompaktowy przeznaczony do małych i średnich aplikacji. Przez oznaczenie 16M należy rozumieć iż ten sterownik posiada szesnaście wejść/wyjść [1]. Na rysunku 6 przedstawiono omawiany sterownik, sterownik posiada rozszerzoną prawą stronę o zasilacz bez którego nie mógłby pracować. W tej konfiguracji dostępne jest także złącze ethernetowe umożliwiające łączenie się z wykorzystaniem protokołu TCP/IP. Poza tymi najbardziej istotnymi podzespołami możemy znaleźć między innymi woltomierz, dodatkowe wyjście szeregowo, generator drgań prostokątnych, wyjście napięcia 24V oraz diody sygnalizujące. Sterownik połączony jest z panelem operatorskim.



Rys.6. Sterownik PLC MELSEC FX3U-16M

Najbardziej istotną kwestią procesu sterowania jest napisanie programu sterującego odpowiedzialnego za prawidłowe funkcjonowanie całego urządzenia. Do tego celu posłuży program GX Developer, jego ósma wersja która obsługuje sterownik FX3U. Jest to oprogramowanie w którym w łatwy i szybki sposób można zaprogramować sterownik PLC firmy Mitsubishi. Programowanie może odbywać się jednym z dwóch dostępnych języków programowania jakimi są język drabinkowy LD, oraz język tekstu strukturalnego ST. Należy przy tym zaznaczyć, że w każdym momencie tworzenia projektu możliwa jest swobodna zmiana pomiędzy wymienionymi językami programowania bez jakichkolwiek późniejszych konsekwencji.

Tworzony program, którego zadaniem będzie sterowanie procesem sortowania będzie pisany w języku drabinkowym, który daje sposobność odzwierciedlenia idei sterowanego procesu w postaci schematu powiązań elektrycznych. Daje to możliwość zrozumienia istoty programowania sterowników PLC z wykorzystaniem tego języka. Naczelnym zadaniem programu będzie zintegrowanie elementu odpowiadającego za detekcję przedmiotów poruszających się na taśmie z siłownikiem który będzie odpowiadał za zsuwanie tych elementów z taśmy transportującej. W tym celu należy połączyć wzajemnymi zależnościami czujnik indukcyjny z elektrozaworem, który odpowiada za dostarczanie czynnika roboczego do siłownika. Elektrozaworem, który będzie sterował dopływem czynnika roboczego do siłownika będzie zawór rozdzielający monostabilny. Po podaniu sygnału sterującego do elektrozaworu nastąpi wysunięcie tłoczyska siłownika celem zsuwania elementu z taśmy. Ponadto w momencie gdy będzie następowało zsuwanie przedmiotu z taśmy zostanie odłączony napęd, aby tłoczysko siłownika mogło swobodnie trafić w przedmiot. Po usunięciu elementu nastąpi cofnięcie tłoka siłownika do pozycji wyjściowej i ponowne załączenie napędu taśmy. Operacje załączenia i wyłączenia taśmy odbywać się będą z pewnym opóźnieniem czasowym. W tym celu zostaną zastosowane tzw. timery, które są wyspecjalizowanymi zegarami liczącymi i dodającymi do siebie impulsy zegarowe o długości 1 ms, 10 ms, 100 ms, itd. Dodatkowymi elementami użytymi podczas pisania programu były markery. Zadanie markera polega na zapamiętywaniu stanu w którym znajdował się wcześniej dany element [1].

Na rysunku 7 przedstawiono fragment schematu drabinkowego. Jest to pierwszą linijką pisanego programu sterującego. Można z niego odczytać, że po załączeniu wejścia X005 i wykonaniu operacji OR, które mają związek z markerami następuje załączenie wyjścia Y0. Do wyjścia Y0 podłączono motoreduktor z zamontowanym dodatkowo przekaźnikiem. Jego zamontowanie dało możliwość sterownia motoreduktorem. Załączenie wyjścia Y0 może odbyć się, gdy spełniony jest jeden z warunków. Pierwszym warunkiem jest to, aby marker M2 był normalnie zwarty. Drugi wa-

runek składa się z dwóch członów. Marker M3 jak i marker M2 muszą być normalnie otwarte. Oba markery wykorzystuje się podczas operacji zatrzymania taśmy w celu zsuwania z niej elementu. Pojęcie normalnie otwarty oznacza, że stanem bez działania jest stan przerwy między zaciskami. Pojęcie normalnie zwarty oznacza, że w tym stanie styki są cały czas zwarte.



Rys. 7. Załączenie taśmy

Wejście X7 zostało przypisane do czujnika indukcyjnego, który odpowiada za proces segregacji. Zastosowany w budowie stanowiska czujnik indukcyjny znajduje się w pozycji normalnie zwartej. W związku z tym faktem umieszczono go w pozycji wejściowej jako normalnie zwarty, jeśli nastąpi zakłócenie wytwarzanego przez czujnik pola magnetycznego zostanie zasetowany marker M1, a więc zostanie zapamiętana informacja o zmianie stanu czujnika co przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Ustawienie markera M1

W dalszej kolejności marker M1 uruchamia timer T250, który zaczyna zliczać czas od momentu zakłócenia pola magnetycznego. Jest to timer zatraskiwany, podtrzymywany bateryjnie. Podstawa zliczania czasu w przypadku tego timera wynosi 100 ms. Oznaczenie K55 oznacza że przy wspomnianej podstawie czasu timer wywoła reakcję po upływie czasu 5,5 co przedstawia rysunek 9.



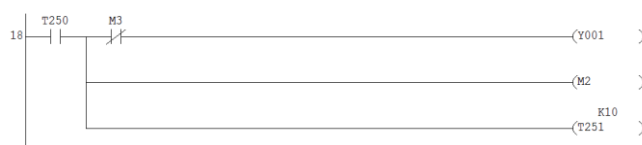
Rys. 9. Początek opóźnienia czasowego

Na rysunku 10 przedstawiono część programu mającą za zadanie zresetować timery. W tym celu do sterownika podłączono mały stycznik który znajduje się na końcu rynny zjazdowej. Stycznik znajduje się w stanie normalnie otwartym, co oznacza, że musi nastąpić styk aby timery mogły się zresetować. Element zjeżdżając po rynnę uderzy w czujnik co spowoduje jego przejście w stan normalnie zamknięty i nastąpi zresetowanie timerów.



Rys. 10. Resetowanie timerów

Zamieszczony na rysunku 11 człon odpowiada za zatrzymanie się taśmy w momencie, w którym ma nastąpić uderzenie końcówki umieszczonej na tłoczysku w przedmiot transportowany na taśmie. Po zliczeniu i dodaniu czasu który został określony przy pomocy timera T250 nastąpi zatrzymanie się taśmy transportującej i zsuwanie poruszającego się po niej elementu. Jednocześnie załączony jest kolejny timer T251 który powoduje zliczanie czasu od momentu zatrzymania się taśmy. Kiedy zostanie osiągnięta wartość 1 s określona tym timerem nastąpi ponowne załączenie się napędu taśmy.



Rys. 11. Zatrzymanie taśmy

Przedstawiony na rysunku 12 fragment schematu drabinkowego informuje nas o tym, że po zliczeniu czasu przez timer nastąpiło ponowne załączenie napędu taśmy i ustawieniu w tym miejscu markera M3 który zapamięta jego stan.



Rys. 12. Załączenie taśmy

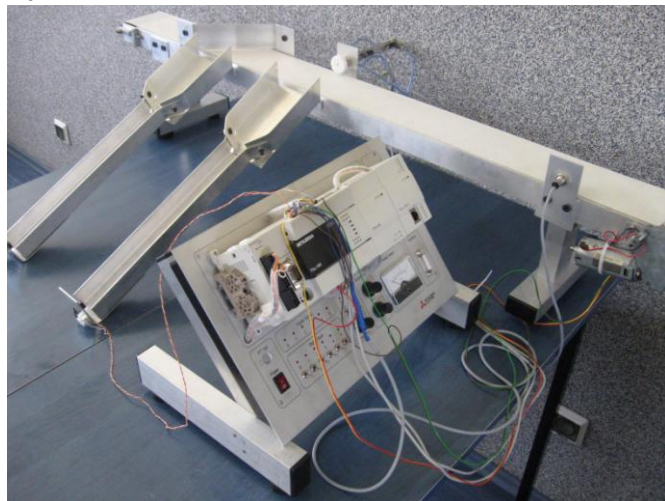
Ostatni człon drabinki przedstawiono na rysunku 13, informuje nas o tym że po wykonaniu operacji ponownego załączenia taśmy marker M2 resetuje ustawiony marker M1 odpowiedzialny za czujnik indukcyjny. Gdyby nie zostało przeprowadzone resetowanie tego markera program poruszałby się w pętli. Oznaczałoby to że tłoczek siłownika po czasie określonym timerem T250 wysuwałoby się a następnie wsuwało po czasie określonym timerem T251.



Rys. 13. Resetowanie markera M1

## PODSUMOWANIE

Na rysunku 14 przedstawiono widok zbudowanego stanowiska. Zbudowany mechanizm sortowania elementów w sposób bardzo wydajny i bezbłędny realizuje zaprogramowane działanie sortowania elementów metalowych. Układ ma charakter uniwersalny i w bardzo prosty sposób może zostać rozbudowany. Można między innymi zastosować dodatkowy czujnik np. czujnik detekcji koloru, który będzie rozpoznawał kolor przemieszczającego się o taśmie elementu. Do taśmociągu można zamocować kolejną rynnę po której elementy będą się zsuwały. Istnieje także możliwość zastosowania innych mechanizmów zsuwających przedmioty z taśmy, z wykorzystaniem na przykład silnika krokowego lub elektromagnesu. Wykorzystany sterownik ze względu na swoją redundancję może pozwolić na realizację znacznie bardziej rozbudowanych programów.



Rys. 14. Widok zbudowane stanowiska

## BIBLIOGRAFIA

1. Kasprzyk J., Programowanie sterowników przemysłowych, WNT, Warszawa 2006 r.
2. Świder J., praca zbiorowa - Sterowanie i automatyzacja procesów technologicznych i układów mechatronicznych. Układy pneumatyczne i elektropneumatyczne ze sterowaniem logicznym (PLC) Gliwice 2006 r..
3. Tomczyk T., Programowanie maszyn i urządzeń z wykorzystaniem sterowników PLC, Częstochowa 2010 r.

## FLUIDSIM-P SOFTWARE CAPABILITIES AS DIDACTIC TOOL OF SIMULATION PNEUMATIC SYSTEMS

### Abstract

*The article describes the process of design and construction of laboratory stand of segregation moving parts. Segregation was carried out due to the presence of metal in the moving element. Element after positive detection is retracted from the conveyor belt by a pneumatic actuator. Objects that are not made of metal or will not contain metal will continue to move until on their way will be a cam, pushing element to the gutter slope. To control the steering system PLC of Mitsubishi type FX3U-16M was used.*

Autorzy:

**dr inż. Rafał Gołębski** Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, 42-200 Częstochowa, Al. Armii Krajowej 21, Tel .34 3250 559,

**dr inż. Piotr Paszta** Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, 42-200 Częstochowa, Al. Armii Krajowej 21, Tel .34 3250 559,