

PLC – elektroniczny element automatyki przemysłowej

Streszczenie. Programowalny układ logiczny do zastosowań przemysłowych (PLC) stał się standardowym elementem elektronicznym układów automatyki przemysłowej. Układ ten wytwarzany jest przez wielu producentów. W ofercie handlowej spotyka się wiele typów PLC różniących się wielkością, możliwościami oraz różnorodnością modułów dodatkowych, rozszerzających dostępne wejścia i wyjścia. W artykule przedstawiono wyposażenie laboratorium układów PLC, w którym są prowadzone zajęcia dydaktyczne dla studentów kierunku Automatyka i Robotyka na Politechnice Poznańskiej. W artykule wymienione zostały główne podzespoły tworzące każde stanowisko, wskazując na zagadnienia, które są tematami ćwiczeń laboratoryjnych.

Abstract. The programmable logic controller (PLC) has become a standard electronic component of industrial automation systems. Such components are produced by many manufacturers. Commercial offers include many types of PLCs that differ in size, functionality, and diversity of additional modules extending available inputs and outputs. This article presents the equipment of the PLC systems laboratory, organized for didactic classes for students of the Automation and Robotics at the Poznan University of Technology. The presentation lists the main components of each laboratory set, pointing to possible issues that may be the subjects of the exercises (**PLC – an electronic element of industrial automation**).

Słowa kluczowe: PLC, automatyka przemysłowa, laboratorium dydaktyczne.

Key words: PLC, industrial automation, didactic laboratory.

Wprowadzenie

Rozwój elektroniki przyczynia się do ciągłego zwiększania obszarów jej zastosowań. Wszechstronne walory użytkowe elektroniki sprawiają, że jest ona wykorzystywana przez osoby, które dość często mogą pozwolić sobie na nieznaną podstaw działania dyskretnych elementów elektronicznych. Jest to konsekwencja postępu technologicznego przejawiającego się w zaawansowanych konstrukcjach urządzeń zawierających elementy elektroniczne. Czasochłonne rozwijanie umiejętności związanych z wykorzystaniem gotowych urządzeń elektronicznych nie wymaga, a nawet nie pozwala, na zagłębianie się w reguły funkcjonowania wewnętrznych obwodów tych urządzeń. Istnieją dziedziny, których rozwój został zapoczątkowany rozwojem elektroniki np. radiofonia i telewizja. Istnieją również dziedziny które zaistniały zanim elektronika mogła zaoferować swoje rozwiązania. Przykładem takiej dziedziny jest automatyka przemysłowa. Jednym ze zdarzeń, rozpoznawalnych w historii automatyki jest zastosowanie odśrodkowego regulatora obrotów maszyny parowej przez Jamesa Watta. Zdarzenie to datuje się na rok 1788. Osiągnięcie to wyróżniało się spośród innych czego potwierdzeniem jest między innymi umieszczenie wizerunku tego regulatora nad wejściem do Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego (dawna Wyższa Szkoła Budowy Maszyn). Niewątpliwie był to mechanizm spełniający funkcję regulatora. Regulator jest koniecznym elementem współczesnych układów automatycznej regulacji – układów sterowania. Przykład ten pokazuje, że automatyka była rozpoznawana wcześniej niż elektronika. Dopiero w roku 1968 Dick Morley zaproponował urządzenie MODICON (ang. *Modular Digital Controller*), które było pierwszym programowalnym układem logicznym (ang. *programmable logic controller*). Wcześniejsze realizacje sterowania wykorzystywały przekaźniki ze stykami normalnie otwartymi i normalnie zamkniętymi. Właściwe łączenie tych przekaźników było odpowiednikiem programowania układu logicznego. Układ programowalny zastąpił złożone sieci przekaźników ułatwiając zmianę algorytmu działania. Rozwój układów programowalnych, nazwanych PLC, osiągnął stan w którym określa się je mianem komputerów przemysłowych, których obsługa wymaga użycia języka programowania. Obok języków programowania, których składnia ma charakter tekstowy np. język tekstu

strukturalnego [1], lub język SCL [2] występuje język drabinkowy (ew. schemat drabinkowy - ang. *ladder diagram*) wzorowany na wyglądzie elektrycznego schematu obwodów przekaźnikowych [3, 4, 5]. Język drabinkowy niewątpliwie był pomocny osobom, które wcześniej realizowały układy przekaźnikowe, a teraz muszą wykorzystać PLC. Język ten stał się jednak standardem, który ciągle jest wykorzystywany – ostatnia aktualizacja normy IEC 61131-3 odbyła się w 2013 roku.

Można zauważyć, że długi już okres rozwoju układów PLC potwierdza zapotrzebowanie na taką właśnie konstrukcję układu sterowania, która jest układem elektronicznym ale nie wymaga od użytkownika rozpatrywania zagadnień projektowych z zakresu dyskretnych elementów elektronicznych w celu jego zastosowania.

Należy zauważyć, że dynamicznie rozwijająca się dziedzina automatyki przemysłowej wymaga ciągłego dostosowywania zakresu materiału omawianego na zajęciach dydaktycznych. Sporym wyzwaniem jest organizowanie wyposażenia laboratorium, które jest stosunkowo kosztownym sprzętem. W jednym laboratorium trudno pomieścić różnorodność osprzętu i rozwiązań spotykanych w przemyśle dlatego ten wybór należy rozumieć jako stworzenie warunków do poznania przez studentów podstaw wybranych zagadnień.

W dalszej części artykułu opisano konfigurację sprzętową stanowisk laboratoryjnych związanych z zajęciami dydaktycznymi na kierunku Automatyka i Robotyka. Laboratorium opiekuje się Zakład Układów Elektronicznych i Przetwarzania Sygnałów na Wydziale Informatyki Politechniki Poznańskiej.

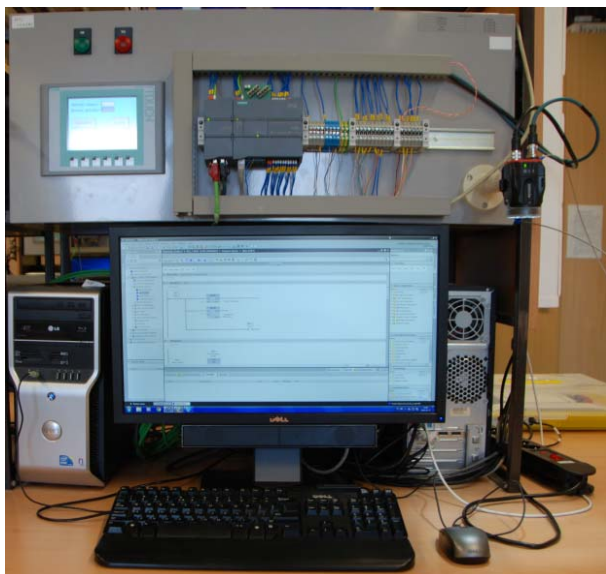
Wyposażenie laboratorium

Laboratorium jest wyposażone w 8 stanowisk zawierających ten sam sprzęt PLC i osprzęt pokazany na rys. 1.

W skład każdego ze stanowisk wchodzi następujące elementy:

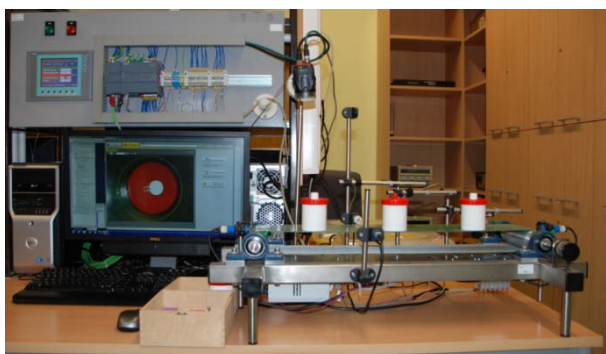
- PLC: SIEMENS SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC/DC
- operatorski panel dotykowy SIEMENS SIMATIC HMI KTP 600
- przełącznik sieciowy SIEMENS CSM 1277

- czujnik wizyjny KEYENCE IV 500CA
- kontrolki tablicowe z LED – czerwona i zielona
- komputer PC z oprogramowaniem TIA Portal V12.



Rys. 1. Stanowisko z S7-1200, panelem KTP 600 i czujnikiem wizyjnym IV-500CA

Stanowiska są przeznaczone do zapoznania się z programowaniem PLC. Na każdym stanowisku, jako zadajnik sygnałów wejściowych można wykorzystać odpowiedź czujnika wizyjnego, dotykowy panel operatora i osiem przełączników dwupołożeniowych. Odpowiedź PLC można obserwować na panelu operatora lub poprzez stan LED skojarzonych z każdym wyjściem. Sterowanie układami wykonawczymi możliwe jest po podłączeniu różnych urządzeń, które wykonano po jednym egzemplarzu. Przyłączenie polega na podłączeniu przewodów sterujących złączem DSUB 25. Pierwszym przykładem takiego urządzenia jest taśma transportowa widoczna na rys. 2 [6].



Rys. 2. Taśma transportowa przemieszczająca obiekty poddawane inspekcji wizyjnej [6]

Taśma transportowa umożliwia przemieszczanie obiektów przeznaczonych do inspekcji wizyjnej. Taśma jest wyposażona w następujące elementy współpracujące z PLC:

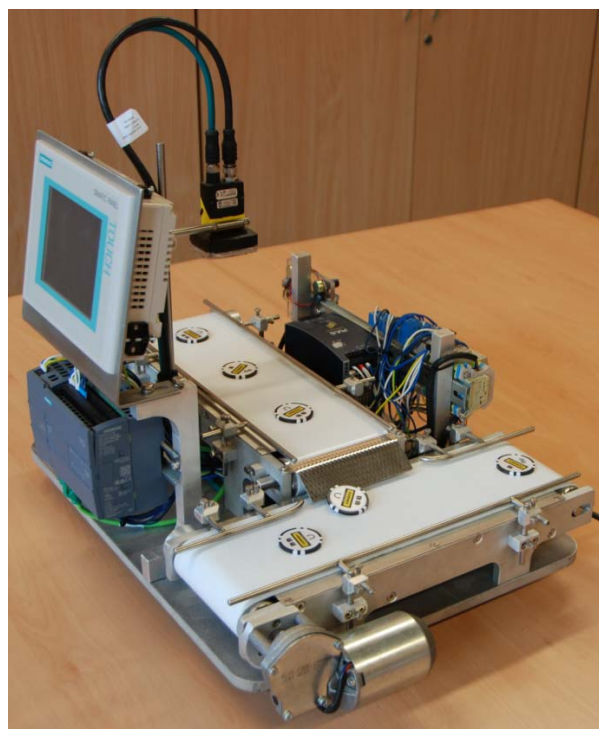
- silnik krokowy do napędu taśmy (PLC dołączony jest do sterownika silnika krokowego)
- przetwornik impulsowo – obrotowy (enkoder inkrementalny) YUMO E6B2-CWZ5B
- czujnik fotoelektryczny – bariera (GREGOO G18-3C5NC).

W powyższej konfiguracji PLC może kontrolować położenie taśmy w celu przemieszczenia obiektu – na rys. 2 widoczne są pojemniki, z których jeden nie zawiera białej zakrętki. Wynik inspekcji odczytywany jest przez PLC w celu podjęcia kolejnej akcji np. zliczenia błędnych obiektów, zatrzymania taśmy itp. Inspekcja wizyjna dokonywana przez czujnik IV-500CA polega na porównaniu obrazu widocznego przez kamerę z obrazem wzorcowym, wcześniej zapisanym w pamięci. Poprzez wykrycie krawędzi występujących w obrazie lokalizowany jest rozpatrywany obiekt. W stosunku do obrazu wzorcowego dopuszcza się zmienną lokalizację w kadrze oraz rotację rozpoznawanego obiektu. Podobieństwo określa się przez podanie procentowej liczby zgodnych pikseli z uwzględnieniem ich koloru. W celu detekcji obecności obiektu przed obiektywem czujnika, wykorzystywany jest czujnik fotoelektryczny, który stwierdza przekroczenie bariery wysyłając sygnał do PLC. Dołączenie taśmy transportowej z rys. 2 do PLC pozwala na ćwiczenie programów odczytujących sygnały z czujników tj. enkodera inkrementalnego i bariery fotoelektrycznej oraz sterujących układami wykonawczymi tj. silnikiem krokowym.

Taśmy transportowe występują również w innym urządzeniu dydaktycznym pokazanym na rys. 3. Głównymi podzespołami składowymi są:

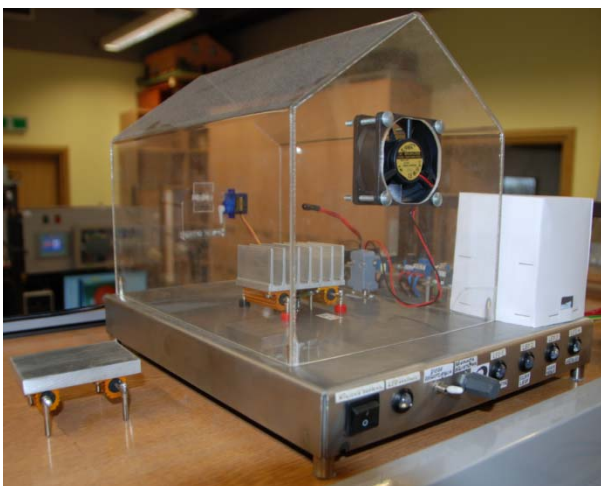
- PLC: SIEMENS SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC
- operatorski panel dotykowy SIEMENS SIMATIC HMI 5,6" TP 177 Micro
- czujnik wizyjny COGNEX IS2000M
- dwa silniki prądu stałego z regulatorami PWM do napędu taśm transportowych.

Zasadniczo, z pomocą tego urządzenia można poznawać możliwości oraz ćwiczyć programowanie czujnika wizyjnego COGNEX IS2000M. Dodatkowe zadania ćwiczeniowe polegają na właściwym sterowaniu współpracujących ze sobą taśm transportowych.



Rys. 3. Taśma transportowa przemieszczająca obiekty poddawane inspekcji wizyjnej

Urządzenia takie jak te z przenośnikami taśmowymi realizują zadania, których czas wykonania należy uwzględnić podczas projektowania sterowania. Dopiero praktyczne ćwiczenie przy rzeczywistym urządzeniu uświadamia, że konstrukcja programu sterującego musi wykorzystywać oczekiwanie na realizację zadań składowych. Im więcej występuje zadań składowych, tym dokładniej należy programować sprawdzenie warunków ukończenia tych zadań, w celu prawidłowego rozpoczęcia zadań od nich zależnych. Rozbudowana obsługa sytuacji awaryjnych czyli tych, które przerywają realizowany proces, polegająca na dokładnej identyfikacji powodu przerwania i zwięzłej informacji dla obsługi pozwala na szybkie usuwanie powodu awarii. Program dla sterownika PLC nie tylko musi właściwie kontrolować proces przemysłowy ale powinien swoim uporządkowaniem pozwalać na szybką identyfikację powodu zatrzymania procesu bez konieczności przeglądania całej struktury programu w celu ustalenia występujących zależności.



Rys. 4. Stanowisko zawierające dwa silniki indukcyjne, enkoder inkrementalny oraz falownik (z lewej). Stanowisko regulacji temperatury zawierające element grzewczy, czujnik temperatury oraz elementy wentylacji (z prawej).

Powszechnie występującym, w warunkach przemysłowych, elementem wykonawczym jest silnik indukcyjny. Uwzględniając ten fakt zbudowano stanowisko pokazane na rys. 4 po lewej stronie. Głównymi podzespołami tego stanowiska są:

- dwa silniki indukcyjne, trójfazowe 230/400V 0.12 kW
- przemiennik częstotliwości (falownik) LG/LS iG5A
- przetwornik impulsowo – obrotowy (enkoder inkrementalny) LS S40-6
- stycznik połączony z awaryjnym wyłącznikiem bezpieczeństwa.

Sygnaly sterujące podłączone są do PLC przewodem wielożyłowym ze złączem DSUB 25. Falownik sterowany jest napięciowym sygnałem analogowym z płytki sygnałowej SB1232. Za pomocą falownika i enkodera program PLC można regulować prędkość obrotową jednego silnika, który za pośrednictwem sprzęgła kłowego napędza wirnik drugiego silnika. Zadaniem drugiego silnika, którego uzwojenia stojana zasilane są prądem stałym, jest wytworzenie momentu hamującego. Wykorzystując to stanowisko można ćwiczyć programowanie PLC do spełniania funkcji regulatora obrotów w zmieniających się warunkach obciążenia.

Ćwiczenie programowania PLC do spełniania funkcji regulatora temperatury można realizować również przy zastosowaniu urządzenia widocznego na rys. 4 po prawej stronie. Głównymi podzespołami tego stanowiska są:

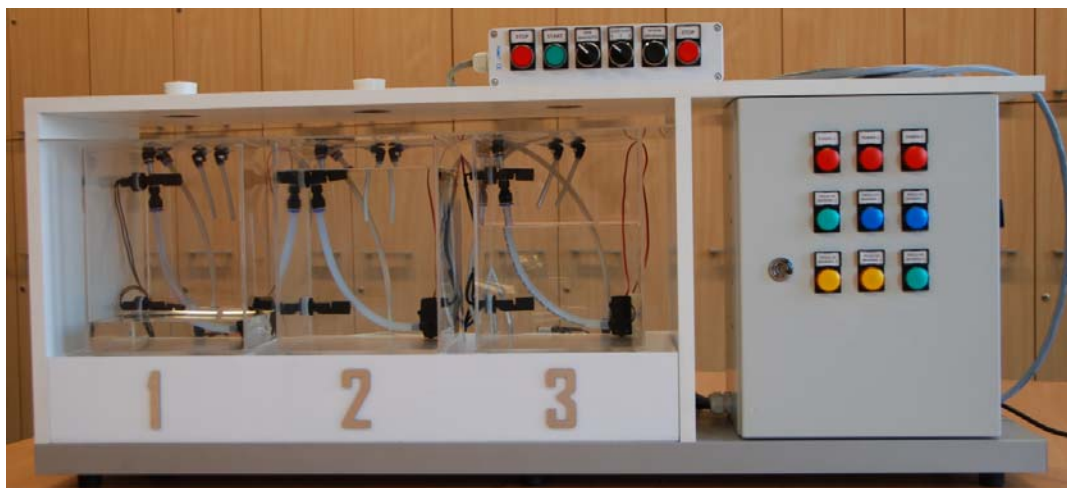
- model pomieszczenia o wymiarach 20.5 cm x 30 cm x 22 cm wykonany z plexi
- elementy grzejne o różnej powierzchni oddawania ciepła
- czujniki temperatury powietrza i elementu grzewczego
- wentylator i otwierane okienko do wentylacji ogrzewanej przestrzeni.

Sygnaly sterujące podłączone są do PLC kablem wielożyłowym ze złączem DSUB25. Stanowisko z modelowym pomieszczeniem (rys. 4) pozwala na eksperymentalną regulację temperatury w pomieszczeniu czyli regulację obiektu o dużej inercji. Wentylator oraz otwierane okienko są elementami przyspieszającymi obniżanie temperatury ale również źródłami zakłóceń podczas regulacji. Określając różne scenariusze ogrzewania modelowego pomieszczenia można obserwować skuteczność regulatora PID z różnymi nastawami.

Sterowanie procesami wolnozmiennymi występuje na stanowisku modelującym przepompownię pokazanym na rys. 5 [7]. Głównymi elementami stanowiska są:

- PLC S7-200 umieszczony w szafce wraz z przekaźnikami
- trzy zbiorniki (z wodą zdemineralizowaną)
- trzy pompy
- sześć elektrozaworów (ciecz z danego zbiornika można skierować do pozostałych)
- sześć czujników poziomu cieczy (poziom minimalny i maksymalny)
- kontrolki LED wskazujące pracę pomp i otwarcie zaworów
 - panel operatora z przyciskami i przełącznikami sterującymi.

Znaczącym walorem dydaktycznym stanowiska z przepompownią jest duża liczba elementów kontrolowanych przez PLC zmuszająca do uporządkowanego konstruowania programu sterującego. Dodatkową zaletą jest przykład szafy sterującej zawierającej osprzęt elektryczny wzorowo okablowany.



Rys. 5. Przepompowania sterowana przez SIMATIC S7-200 [7]

Podsumowanie

W artykule przedstawiono sześć laboratoryjnych stanowisk ćwiczeniowych związanych z zastosowaniem PLC. Z uwagi na ograniczoną przestrzeń laboratoryjną zbudowane stanowiska demonstrują jedynie wybrane aspekty stosowania PLC. Większość stanowisk powstała w ramach realizacji prac dyplomowych. Niektóre z nich były poddane modernizacji rozwijającej możliwości wykorzystania. Nie ulega wątpliwości, że absolwent kierunku Automatyka i Robotyka, który będzie obsługiwał systemy PLC będzie zmuszony do poznawania i śledzenia nowych rozwiązań dotyczących sterowników innych producentów, bogatego spektrum różnych czujników i elementów wykonawczych. Zaprezentowane laboratorium umożliwi poznanie przykładowych rozwiązań, które pozwolą najpierw wyobrazić sobie, a później projektować i użytkować bardziej złożone układy automatyki.

Pracę przygotowano w ramach projektu DS-2018/ZUEPS.

Autorzy: dr inż. Damian Cetnarowicz, Wydział Informatyki, Zakład Układów Elektronicznych i Przetwarzania Sygnałów, Instytut Automatyki i Robotyki, Politechnika Poznańska, ul. Jana Pawła II 24, 60-965 Poznań, dr inż. Piotr Kardys Wydział Informatyki, Zakład Układów Elektronicznych i Przetwarzania Sygnałów, Instytut Automatyki i Robotyki, Politechnika Poznańska, ul. Jana Pawła II

24, 60-965 Poznań, prof. dr hab. inż. Adam Dąbrowski, Wydział Informatyki, Zakład Układów Elektronicznych i Przetwarzania Sygnałów, Instytut Automatyki i Robotyki, Politechnika Poznańska, ul. Jana Pawła II 24, 60-965 Poznań, dr inż. Paweł Pawłowski, Wydział Informatyki, Zakład Układów Elektronicznych i Przetwarzania Sygnałów, Instytut Automatyki i Robotyki, Politechnika Poznańska, ul. Jana Pawła II 24, 60-965 Poznań

LITERATURA

- [1] J. Kwaśniewski, „Język tekstu strukturalnego w sterownikach SIMATIC S7-1200 i S7-1500”, Wydawnictwo BTC, Legionowo 2014
 - [2] T. Gilewski, „Podstawy programowania sterowników SIMATIC S7-1200 w języku SCL”, Wydawnictwo BTC, Legionowo 2015
 - [3] SIEMENS, „SIMATIC S7-1200. Pierwsze kroki z S7-1200 – podręcznik”, opracowanie producenta wydanie 4/2012, www.siemens.pl/s7-1200
 - [4] J. Kwaśniewski, „Sterowniki SIMATIC S7-1200 w praktyce inżynierskiej”, Wydawnictwo BTC, Legionowo 2013
 - [5] B. Broel-Plater, „Układy wykorzystujące sterowniki PLC. Projektowanie algorytmów sterowania”, Wydawnictwo PWN SA, Warszawa 2008
 - [6] Szalecki K., „Zastosowanie sprzężenia wizyjnego w sterowaniu układem przemysłowym”, praca magisterska Wydziału Informatyki Politechniki Poznańskiej, 2015
- Janaszak KI, Przemysław Olejniczak, „Model przepompowni – stanowisko laboratoryjne”, praca inżynierska Wydziału Informatyki Politechniki Poznańskiej, 2018