

Krzysztof Korpysz, Robert Sałat, Andrzej Chochowski  
Katedra Podstaw Inżynierii  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

## STEROWNIKI PROGRAMOWALNE W NAUCZANIU INŻYNIERII ROLNICZEJ

### Streszczenie

W pracy zaprezentowano informacje o nowej pracowni dydaktyczno-badawczej sterowników programowalnych w SGGW a szczególności omówiono rodzaje sterowników i modeli. Omówiono opracowany program wykładów i ćwiczeń, który został pozytywnie sprawdzony w czasie realizacji przedmiotu. Przedstawiono planowany rozwój i unowocześnianie laboratorium sterowników PLC oraz poszerzenie programu nauczania.

**Słowa kluczowe:** sterownik swobodnie programowalny, nauczanie, inżynieria rolnicza

### Wstęp

Integracja Polski ze strukturami Unii Europejskiej oraz harmonizacja przepisów prawnych, w tym dotyczących sektora żywnościowego, postawiła zwiększone wymagania odnośnie jakości produktów. Konieczność sprostania wysokim standardom jakościowym, potrzeba wprowadzania systemów zapewnienia jakości i norm ISO serii 9000 oraz zasad HACCP wymusza stosowanie coraz doskonalszych systemów i procesów produkcyjnych. Regulatory mikroprocesorowe i sterowniki programowalne PLC (*Programmable Logic Controller*) są istotnym elementem nowoczesnych linii produkcyjnych, służącym do kontroli i regulacji przebiegu wielu programowalnych procesów produkcyjnych w rolnictwie i przetwórstwie żywności.

Zakład Elektrotechniki i Automatyki Wydziału Inżynierii Produkcji od kilku lat prowadzi prace związane z zastosowaniem sterowników programowalnych PLC w technice rolniczej i gospodarce żywnościowej. W Regionalnym Centrum Edukacji Ekologicznej w Budach Grabskich zastosowano sterowniki programowalne w układzie hybrydowego systemu odnawialnych źródeł energii zasilającego budynek hotelowy w ciepłą wodę użytkową, co pozwoliło na znaczącą poprawę efektywności energetycznej systemu.

## **Sterowniki programowalne w dydaktyce**

Problematyka stosowania sterowników programowalnych PLC w technice rolniczej i gospodarce żywnościowej nie znajdowała dotychczas znaczącego miejsca w programach kształcenia studentów Wydziału Inżynierii Produkcji. Nie było w programie studiów i profilu kształcenia, ani na kierunku Technika Rolnicza i Leśna ani na kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji, przedmiotu obejmującego zagadnienia budowy, działania i programowania sterowników programowalnych. Ta dalece niezadowolająca sytuacja skłoniła zespół pracowników Zakładu Elektrotechniki i Automatyki WIP do opracowania programu przedmiotu *Programowanie sterowników programowalnych*. Propozycja ta zyskała akceptację komisji dydaktycznej Rady Wydziału i od roku akademickiego 2004/2005 uruchomiono na Wydziale kształcenie studentów kierunku Technika Rolnicza i Leśna w zakresie programowania sterowników PLC.

Opracowano koncepcję i projekt laboratorium i doprowadzono do jego realizacji. Zdecydowano o wyborze dwóch typów sterowników PLC produkowanych przez wiodące na świecie firmy: Siemens A.G. i GE Fanuc. W roku 2004 zakupiono dwa kompaktowe sterowniki PLC Siemens SIMATIC serii S-7 z procesorem 313c, dwa sterowniki GE Fanuc serii Versa Max Micro z cyfrowymi modułami rozszerzającymi oraz jeden sterownik GE Fanuc serii Versa Max o budowie modułowej. Dokonano także zakupu oprogramowania firmowego, kart pamięci Flash oraz konwerterów komunikacyjnych USB/RS 485. Nabyto oprogramowanie Cimplicity Machine Edition 4.0 do sterowników GE Fanuc oraz pakiet Step 7 do sterowników SIMATIC firmy Siemens. Zakupiono również specjalistyczne programatory służące do tworzenia i analizowania programów sterujących, układy zasilające i komunikacyjne.

Dla potrzeb dydaktycznych, pracownicy Zakładu Elektrotechniki i Automatyki Wydziału Inżynierii Produkcji zaprojektowali i wykonali cztery identyczne cyfrowo-analogowe modele dydaktyczne. Modele, wraz ze sterownikami umożliwiają realizowanie szerokiego spektrum kombinacji i układów sterowania oraz symulowania pracy różnorodnych urządzeń wykorzystywanych w technice rolniczej i przetwórstwie spożywczym. Widok ogólny laboratorium, sterowników i modeli przedstawiono na rys. 1 i 2.

Obecnie w laboratorium możliwe jest realizowanie ćwiczeń przez cztery dwuosobowe zespoły, które pracują przy stanowiskach do programowania sterowników oraz do dziesięciu osób pracujących w systemie seminaryjnym, np. przy tworzeniu i analizowaniu algorytmów sterowania.



*Rys 1. Ogólny widok laboratorium*  
*Fig. 1. Main view of the laboratory*



*Rys 2. Widok stanowiska laboratoryjnego z modelem dydaktycznym*  
*Fig 2. View of the laboratory with a teaching model*

Doświadczenia wynikające z nauczania programowania sterowników programowalnych na Wydziale Inżynierii Produkcji SGGW

W ramach obowiązkowego przedmiotu *sterowanie systemów* realizowanego na roku 4 kierunku Technika Rolnicza i Leśna prowadzone są wykłady w wymiarze 15 godzin oraz ćwiczenia laboratoryjne w wymiarze 30 godzin. W programie wykładów uwzględniono między innymi następujące główne zagadnienia:

- Budowa i działanie oraz zadania stawiane sterownikom PLC;
- Języki programowania sterowników, elementy oprogramowania;
- Podstawowe instrukcje w języku LAD;
- Sprzęt i wyposażenie sterowników;
- Budowa, programowanie i realizacja zadań na przykładzie sterowników Siemens serii S-7 – 300 i GE Fanuc Versa Max;
- Standardy komunikacji przemysłowej wykorzystywane przez sterownik PLC.

Ćwiczenia obejmują praktyczne zajęcia z podłączania sterownika PLC do układu zasilania i obiektu (modelu). Zapoznanie z praktycznym wykorzystaniem podstawowych operacji logicznych, poleceń bitowych, operacji na zmiennych, słowach i liczbach oraz liczników (*counters*) i czasomierzy (*timers*). Zawierają one także naukę podłączania sterownika do programatora z zastosowaniem protokołów komunikacyjnych RS 232 i RS 485 oraz odpowiednich konwerterów, a także załadowywania programów do pamięci sterownika.

Końcowa część ćwiczeń polega na realizowaniu przez dwuosobowe zespoły studenckie indywidualnych projektów układu sterowania konkretnego procesu czy urządzenia wykorzystującego sterownik PLC oraz wybrany obiekt (model).

W programie ćwiczeń uwzględniono między innymi następujące tematy:

- Sterowanie światłami na skrzyżowaniu;
- Sterowanie siłownikiem pneumatycznym dwustronnego działania;
- Sterowanie stacją pomp z obsługą sygnalizacji awarii;
- Sterowanie rozruchem silnika elektrycznego;
- Sterowanie mikroklimatem pomieszczenia;
- Sterowanie bramą garażową.

Zrealizowany przez studentów projekt powinien zawierać następujące elementy:

- Szczegółowy opis działania układu według zaproponowanego tematu
- Algorytm działania układu sterowania;
- Opracowanie tabeli przyporządkowującej zmienne do modelu dydaktycznego;
- Opracowanie schematu włączenia sterownika PLC w układ sterujący;

- Opracowanie programu sterującego;
- Uruchomienie i testowanie programu sterującego oraz prezentacja jego praktycznego działania;
- Wydruk kodu programu sterującego poprawnie działającego i przetestowanego.

Zaproponowane studentom propozycje projektów zawierały jedynie ogólne założenia charakteryzujące dany proces czy urządzenie, najważniejsze warunki brzegowe oraz narzucone specyficzne wymagania. Zadanie ćwiczących polegało na samodzielnym zaproponowaniu konkretnych rozwiązań dotyczących sposobu działania urządzenia, czy przebiegu procesu i opracowaniu później adekwatnego programu sterującego. Przy wykonywaniu projektów kładziono nacisk na poprawne i pełne sformułowanie problemu (zadania) sterowania oraz kompletny opis zaproponowanego przez studentów sposobu funkcjonowania procesu czy urządzenia. Dzięki interaktywnej współpracy studenci rozwijali zadane tematy i tworzyli z nich samodzielne, w znacznej mierze autorskie, opisy funkcjonowania procesów czy urządzeń. Dużą uwagę przywiązywano do opracowania pełnego algorytmu działania procesu sterowania w postaci graficznej, przedstawiającego strukturę i działanie układu sterującego. Umożliwiło to doskonalenie i optymalizację opracowywanych zadań sterowania i podkreślało znaczenie stosowania prawidłowej kolejności realizacji poszczególnych funkcji. Dokładna analiza algorytmu często zmuszała zespoły studenckie do wprowadzania poważnych zmian do przygotowywanych programów sterujących.

W miarę postępu prac projektowych studenci dokładniej, w sposób praktyczny i aplikacyjny zapoznawali się z coraz bardziej zaawansowanymi instrukcjami i funkcjami sterowników. Na przykład szczegółowo rozważali zastosowanie i działanie różnych typów liczników czy czasomierzy, komparatorów czy przerzutników; konwersji liczb, operacji na słowach i rejestrach, wymuszania stanów itd. Pojawiające się kolejne problemy zmuszały do stosowania różnorodnych zaawansowanych tricków programistycznych. Najlepsze zespoły, które wcześniej pokonały trudności i szybciej dochodziły do konstruktywnych rozwiązań zaangażowały się mocno i po rozwikłaniu określonego problemu, starały się rozwiązać go innym, nowym i lepszym sposobem. Decydowały się na stosowanie kolejnych, coraz bardziej interesujących i sprytnych rozwiązań, zmierzając tym samym do optymalizowania programu.

W czasie zajęć stosowano ćwiczenia indywidualne i w zespołach. Wykorzystywano instruktaż, czyli prezentację przez prowadzącego sposobu wykonania określonych czynności. W miarę pojawiania się konkretnych potrzeb, prowadzący wyjaśniał działanie określonej funkcji i przedstawiał możliwości i przykłady jej praktycznego zastosowania. Zadaniem studentów było wówczas powtórzenie

określonej sekwencji działań. Wywoływało to interakcję wynikającą z zadawania pytań dotyczących sposobu dokładnej reprodukcji czynności oraz późniejszego zastosowanie jej (po wprowadzeniu stosownych modyfikacji) do własnego projektu. Przy tej okazji zachęcano ćwiczących do intensywnego korzystania z interaktywnego systemu pomocy zawartego w oprogramowaniu. Wykorzystywano krótkie (kilkuminutowe) prezentacje poszczególnych operacji i wyjaśniano zawite elementy. Dla umożliwienia zaprezentowania konkretnych przykładów praktycznego zastosowania określonych funkcji sterowników, korzystano z rzutnika multimedialnego podłączonego do jednego z zestawów programator-sterownik. Pozwalało to na pokazanie danej funkcji oraz jej działania wszystkim studentom i to w formie praktycznej, co znakomicie zwiększało efektywność przyswajania wiedzy.

Stosowano zadania indywidualne i grupowe oraz zadania problemowe. Wykorzystywano dyskusję grupową, polegającą na zachęceniu członków grupy do wspólnego poszukiwania rozwiązania danego problemu. Prowadzący moderowali i ukierunkowywali dyskusje tak aby możliwe było wypracowywanie twórczych rozwiązań stawianych problemów. Wykorzystywano także metodę burzy mózgów czyli stworzeniu warunków do braku krytyki i zebraniu wszelkich pomysłów rozwiązania danego, zgłaszanego przez jakiś zespół problemu, a następnie ich strukturalizowaniu oraz porządkowania wypracowanych pomysłów w dyskusji moderowanej. Pozwoliło to na pełniejsze wygenerowanie właściwych pomysłów i rozwiązań. Studenci zaawansowani mieli możliwość podzielenia się swoimi doświadczeniami i uzyskanymi częściowymi sukcesami w programowaniu, z osobami o mniejszych umiejętnościach. Ta faza zajęć pozwoliła wszystkim zespołom na wnikięcie w istotę rozwiązywanych zadań (projektów) i znalezienie kierunków ich rozwiązania.

### **Podsumowanie**

Doświadczenia prowadzących przedmiot wskazują, że wielkiej uwagi wymaga kwestia zachowania przez zespoły studenckie właściwej kolejności pracy. Często ćwiczący zafascynowani możliwościami sterownika, podejmują na gorąco próby jego programowania i szybkiego zrealizowania zadanego projektu. Poświęcają zbyt mało czasu na kompleksową analizę oczekiwanego działania układu i przedstawienia algorytmu w postaci graficznej. Często dopiero pierwsze porażki, związane z brakiem umiejętności lub niedostatkami dogłębnej analizy problemu, poparte sugestią prowadzącego, skłaniały studentów do wnikliwego zastanowienia się nad algorytmem procesu sterowania. Zaprojektowane i uruchomione laboratorium programowania sterowników PLC spełnia swoje zadania dydaktyczne. Praktyczna weryfikacja potwierdziła słuszność modułowej budowy stanowisk badawczo dydaktycznych do testowania i badania oprogramowania sterowników. Realizacja

cyklu ćwiczeń dydaktycznych pozwala stwierdzić, że zasadne jest prowadzenie zajęć w formie seminaryjnego nauczania podstaw programowania oraz zespołowego wykonywania indywidualnych zadań (projektów). Ważnym elementem sprzyjającym szybkiemu opanowywaniu kolejnych elementów programowania, rozwiązywaniu problemów i uzyskiwaniu skutecznych rozwiązań jest realizacja ćwiczeń przez dwóch prowadzących.

Potwierdziła się zasadność wykorzystania burzy mózgów i dyskusji moderowanej przy rozwiązywaniu projektów indywidualnych. Należy zwracać szczególną uwagę na poprawne opracowanie algorytmu sterowania i zachowanie właściwej kolejności realizacji projektów. Uruchomione Na Wydziale Inżynierii Produkcji SGGW w 2004 roku stanowiska badawczo dydaktyczne do testowania i badania oprogramowania sterowników PLC oraz laboratorium będzie rozwijane i unowocześniane. Planowane jest między innymi wyposażenie laboratorium w kolejne sterowniki PLC oraz inne modele obiektów. Budowa kolejnych, bardziej poglądowych modeli dydaktycznych powinna sprzyjać lepszej percepcji i efektywniejszemu nauczaniu studentów. W dydaktyce planowane jest poszerzenie programu o zapoznanie z komunikowaniem się różnych typów sterowników, protokołami komunikacyjnymi MPI, Profi-BUS i innymi, oraz zaawansowanymi zastosowaniami sterowników. Postulowane jest wydłużenie czasu trwania przedmiotu i zwiększenia liczby godzin. Realizacja zamierzeń zależy jednak, między innymi, od sytuacji finansowej Uczelni i zmian zachodzących w profilu kształcenia studentów wyższych uczelni rolniczych.

W chwili obecnej czworo studentów kierunku Technika Rolnicza i Leśna Wydziału Inżynierii Produkcji SGGW, podjęło realizację dyplomowych prac magisterskich związanych tematycznie z programowaniem sterowników PLC, opracowywaniem programów sterujących i opracowywaniem nowych modeli dydaktycznych. Zdobyte doświadczenia i rezultaty zostaną wykorzystane do unowocześnienia procesu dydaktycznego w nauczaniu inżynierii rolniczej, w celu poprawienia jakości kształcenia studentów SGGW na kierunkach Technika Rolnicza i Leśna, Zarządzanie i Inżynieria Produkcji i innych.

## **Literatura**

Broel-Plater B. 2000. Sterowniki programowalne: właściwości i zasady stosowania. Szczecin Wydaw. Uczelniane Politech. Szczecińskiej.

Legierski T. i in. 1997. Programowanie sterowników PLC. Gliwice.

Kwaśniewski J. 1999. Programowalne sterowniki logiczne w systemach sterowania. Kraków.

## **THE PLC CONTROLS IN LEARNING OF AGRICULTURAL ENGINEERING**

### **Summary**

The following paper presents information about new laboratory of teaching and research of PLC controls in SGGW. Particularly different types of PLC controls and models are described below. The syllabus of lectures and practices, which has been successfully carried out is also presented here. The planned development and modernization of the PLC control laboratory as well as the widening of the syllabus are shown in this paper.

**Key words:** PLC Control, learning, agricultural engineering