

**ZAŁOŻENIA DOTYCZĄCE UTWORZENIA LABORATORIUM
„AUTOMATYZACJA I ROBOTYZACJA PROCESÓW PRODUKCYJNYCH”
NA POTRZEBY EDUKACJI STUDENTÓW NA KIERUNKU ZARZĄDZANIE
I INŻYNIERIA PRODUKCJI**

**ASSUMPTIONS FOR THE FOUNDATION OF THE LABORATORY
OF “AUTOMATION AND ROBOTICS OF PRODUCTION PROCESSES”
FOR THE NEEDS OF EDUCATION OF STUDENTS IN THE FIELD
OF MANAGEMENT AND PRODUCTION ENGINEERING**

Iwona Żabińska

Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania
Instytut Inżynierii Produkcji
e-mail: Iwona.Zabinska@polsl.pl

Jarosław Grzesiek

Education & Testing Dr Agata Pradela
ul. Chelmońskiego 3
44-100 Gliwice
e-mail: jaroslaw.grzesiek@wp.pl

Abstract: The article presents a way to improve the education quality in the field of Management and Production Engineering by creating the laboratory of Automation and Robotics of Production Processes. The authors of the article, who are teachers of the subject Automation and Robotics of Production Processes, propose to create a laboratory that can be equipped in three stages, and the equipment can be used in various subjects conducted in the field of Management and Production Engineering at the Faculty of Organization and Management.

Keywords: automation and robotics, production processes, education quality.

Wprowadzenie

W programie studiów, na kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji (ZiIP), jednym z przedmiotów jest *Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcyjnych* (AiRPP). Przedmiot składa się z wykładów, ćwiczeń i projektów. Celem przedmiotu jest przekazanie uporządkowanej wiedzy oraz nabycie umiejętności i kompetencji społecznych związanych z teoretycznymi i praktycznymi aspektami z zakresu automatyzacji i robotyzacji. W efekcie kształcenia, zgodnie z kartą przedmiotu, student powinien [5]:

- Znać podstawowe zasady budowy i funkcjonowania elementów automatyzacji i robotyzacji w procesach produkcji oraz mieć uporządkowaną wiedzę z zakresu budowy i funkcjonowania prostych układów sterowania, regulacji, elementów pomiarowych;
- Mieć uporządkowaną wiedzę z zakresu projektowania zautomatyzowanych systemów oraz znać i potrafić wykorzystać podstawowe metody, techniki i narzędzia

przy rozwiązywaniu zagadnień związanych z automatyką;

- Potrafić zidentyfikować, analizować i oceniać elementy struktury i funkcjonowania zautomatyzowanych procesów produkcyjnych;
- Współpracować w zespole i potrafić przekazywać w sposób logiczny i zrozumiały informacje i opinie dotyczące osiągnięcia techniki;
- W oparciu o badania literaturowe oraz inne właściwie dobrane źródła potrafić zaprojektować prosty system automatyzacji /robotyzacji procesu produkcyjnego.

W ramach przedmiotu student powinien przede wszystkim zdobyć wiedzę na temat przebiegu procesu produkcyjnego oraz nabyć umiejętności integracji systemów automatyki. Niestety, podstawowym problemem w edukacji studentów na kierunku ZiIP na Wydziale Organizacji i Zarządzania jest brak podstaw w obszarze nauk technicznych, a w konsekwencji krytyczne nastawienie i niechęć studentów do przedmiotu „Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcji” (wnioski w oparciu o wyniki badań ankietowych

prowadzonych w 2017 r. i 2018 r.). Prowadzący zajęcia zdają sobie sprawę z ogromu wiedzy jaką należy posiadać w ramach przedmiotu i w związku z tym postulują utworzenie Laboratorium Automatyki i Robotyzacji Procesów Produkcyjnych, które pomogłoby studentom w zrozumieniu podstaw z zakresu automatyki i robotyki. Należy podkreślić, że automatyka i robotyka jest oddzielną dyscypliną w dziedzinie nauk technicznych i nie ma takiej możliwości, aby student Wydziału Organizacji i Zarządzania w ramach jednego semestru mógł opanować tak obszerny materiał. W związku z powyższym zalecane jest prowadzenie zajęć z wykorzystaniem oprogramowania komputerowego umożliwiającego wizualizację zautomatyzowanych układów lub procesów produkcyjnych.

Etapy rozbudowy laboratorium

Laboratorium Automatyki i Robotyzacji Procesów Produkcyjnych należy wyposażać w sprzęt umożliwiający realizację zagadnień wynikających z programu kształcenia, a także stwarzający możliwość ciągłej rozbudowy. W pierwszym etapie należy zapewnić studentom dostęp do prostych programów komputerowych umożliwiających programowanie logiczne. W miarę możliwości finansowych rozbudowa laboratorium

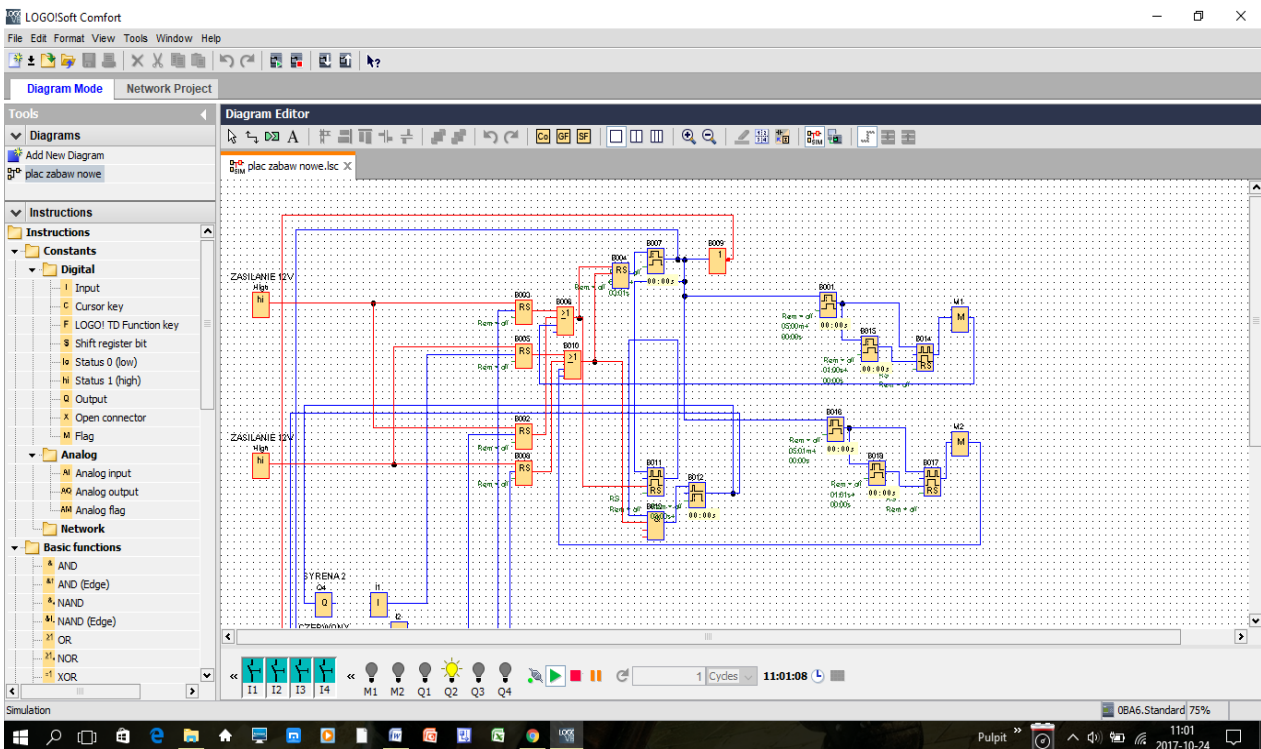
powinna dążyć do przygotowania rzeczywistego rozwiązania technicznego pozwalającego na projektowanie zautomatyzowanych stanowisk, a następnie śledzenia i zarządzania zautomatyzowanymi procesami produkcyjnymi.

Etap 1

W ramach pierwszego etapu można wykorzystać już zakupione 2 sterowniki PLC typu LOGO! 12/24 RC z modułami rozszerzeń wraz z licencjonowanym oprogramowaniem edytora sterownika (LOGO!Soft Comfort V6.0). Licencja na to oprogramowanie jest wydana tylko na dwa stanowiska komputerowe [6, 7].

Na tym etapie sterowniki nie mogą być wykorzystywane jako samodzielne układy sterownicze urządzeń. Powodem jest brak urządzeń sterowniczych. Równolegle można wykorzystać wersje demonstracyjne oprogramowania sterownika LOGO!Soft Comfort (w kolejnych najnowszych wersjach) do nauczania podstaw programowania sterownika czy też podstaw techniki cyfrowej i regulacji (Rys. 1). Zaproponowany w pierwszym etapie zestaw umożliwia:

1. Nauczenie programowania lokalnego sterowników i wykorzystania ich zdolności do samodzielnej lokalizacji błędów w programie.



Rys. 1. Edytor sterownika LOGO!Soft Comfort V8.1 [7].

Zaletą jest przezwyciężenie oporu przed kontaktem ze sterownikiem i nabycie umiejętności obsługi sterownika. Wadą jest brak możliwości obserwacji całego układu automatyki, co może utrudniać znajdowanie rozwiązań w przypadku błędów w programowaniu. Trudność znika w

przypadku nadzorowania procesu lokalnego programowania przez komputer z edytorem. Wadą jest także brak urządzeń sterowanych, ponieważ nie ma możliwości obserwowania sterowanego urządzenia i reakcji na zdarzenia. Niestety, nie można uwzględnić jako

elementy wykonawcze czy regulacyjne urządzeń pneumatycznych czy hydraulicznych ze względu na specyficzne wymagania takiego połączenia.

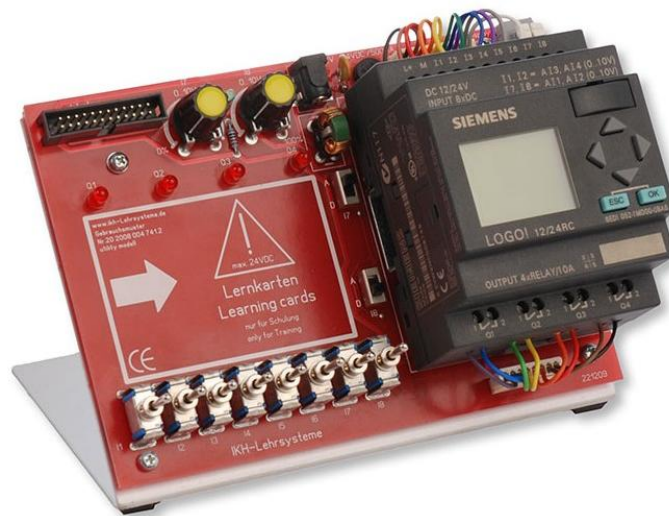
2. Nauczanie podstaw teorii układów cyfrowych czy sterowania przez wykorzystanie edytora sterownika, który po podłączeniu do sterownika może przesyłać i kontrolować programy w pamięci sterownika do nauczania programowania sterowników. Żle zsyntetyzowany w edytorze układ automatyki nie będzie wykonywał w sposób właściwy żądanych sekwencji czynności podczas symulacji jego pracy. Symulacja odbywa się w czasie rzeczywistym. Tak sygnalizowany błąd pozwala na analizę układu i wyszukiwanie błędów układu, a także bezpieczne poszukiwanie rozwiązań i optymalizację.

Zaletą jest możliwość przećwiczenia działania automatyki od najprostszych, podstawowych układów, po złożone wymagające skorzystania z zaawansowanych funkcji sterownika bez konieczności wymiany procesora sterownika. Wadą, obok braku możliwości obserwowania sterowanego urządzenia, a jedynie stanów wyjść odpowiadających różnym jego aktorom, jest liczba stanowisk, które równocześnie mogą być wykorzystane ze względu na ograniczenia licencyjne.

Etap 2

W ramach kolejnego etapu rozwoju laboratorium założono:

- wykorzystanie istniejących zasobów wraz z ich rozszerzeniem przez dostarczone przez firmę Siemens wolne oprogramowanie edukacyjne – edytor sterownika LOGO!Soft Comfort V8.1, z zablokowaną funkcją współpracy ze sterownikiem,
- zakup, przy stosunkowo niewielkich nakładach, stanowisk edukacyjnych LOGO_Learn firmy ©KAFTAN media do nauczania początkowego automatyki (Rys. 2). Przełączniki oraz potencjometry umieszczone na stanowisku umożliwiają symulowanie regulacji (np. poziomu napełniania zbiornika) oraz włączania i wyłączania rozmaitych elementów automatyzowanego układu. Natomiast diody LED pokazują działanie lub brak działania wskazanego układu wykonawczego systemu automatyki. Wariant podstawowy stwarza możliwość przeprowadzenia 36 ćwiczeń opracowanych przez producenta na załączonych do zestawu plakietkach. Ponadto istnieje możliwość dokupienia modułu rozszerzeń z dodatkowymi sterownikami i elementami wykonawczymi.



Rys. 2. Stanowisko edukacyjne LOGO_Learn firmy ©KAFTAN.

Możliwe jest również dokupienie prostego manipulatora, który poprzez podłączenie do sterownika stanie się robotem. W tym wariantcie sterowniki będą wykorzystywane jako samodzielne programowalne układy sterująco-regulacyjne.

Przez wykorzystanie 36 ćwiczeń na plakietkach przy współpracy z edytorami, możliwe jest nauczanie rozwiązywania podstawowych problemów z zakresu sterowania i regulacji, z możliwością różnicowania intensywności oraz poziomu zaawansowania nauczania. Zaletą jest możliwość przećwiczenia rozwiązywania zróżnicowanych problemów bez angażowania wielu

elementów wykonawczych. Można przećwiczyć programowanie poprzez edytor oraz lokalnie na sterowniku. Istnieje możliwość zwielokrotnienia stanowisk laboratoryjnych tanim kosztem. Samemu też można utworzyć swoje karty ćwiczeniowe. Wadą jest brak widocznych uruchamianych urządzeń (poza symulacją diodami LED).

Moduły rozszerzeń mogą uwzględnić tematyczne różnicowanie programu nauczania w zależności od kierunku czy specjalności (ZiP, Logistyka, Zarządzanie Jakością, Środowiskiem i Bezpieczeństwem w Inżynierii Produkcji, Nowoczesne Zarządzanie Jakością w

Przedsiębiorstwie Przemysłowym itp.). Rozszerzenia są dołączane do zestawu przez firmę Ficher Technic (Rys. 3). Obecnie, jest to 9 poziomów zestawów dla nauczania na poziomie wyższej uczelni. W zestawach są np.: drukarka 3D, robot, poziom Beginner z 12 modelami (Pomierz, Steruj, Reguluj) itd. Podobne zestawy przygotowuje dla uczelni firma Encon z Wrocławia. Są to duże stanowiska dedykowane (firma wykonywała stanowiska dla wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej) i obecnie najczęściej służą szkoleniom z zakresu programowania sterowników przemysłowych PLC np. Simatic S7 czy Simatic IOT2000. Posiadane na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej sterowniki, to tzw.

moduły logiczne PLC. Aktualnie istnieje tendencja do zacierania się różnic pomiędzy funkcjonalnością modułów logicznych i sterowników PLC. Wadą tego rozwiązania są koszty oraz konieczność precyzyjnego określenia celów dydaktycznych dla danego stanowiska, aby z jednej strony uwzględnić specjalizację, a z drugiej konieczność nauczania podstaw automatyzacji i robotyzacji. Należy również zwrócić uwagę na język, w którym napisane są instrukcje. W przypadku zestawów firmy ©KAFTAN media, instrukcje dostępne są tylko w języku niemieckim. Ficher Technic posiada instrukcje również w języku angielskim, natomiast firma Enico dysponuje instrukcjami napisanymi w języku polskim.



Rys. 3. Przykładowy zestaw rozszerzeń Ficher Technic [4].

Manipulator w zależności od dalszego jego wyposażenia przy pomocy sterowników oraz odpowiednio dobranych elementów receptorowych można podnieść z generacji pierwszej (ślepej) nawet do poziomu robotów III generacji tzn. samouczących się.

Korzystanie z manipulatora daje możliwość zetknięcia się z podstawowymi problemami robotyki: orientacją w przestrzeni, dynamiką ruchu robota. Wadami tego rozwiązania jest konieczność posiadania wiedzy z automatyki na poziomie zaawansowanym (tak u wykonawcy stanowiska, jak i u studentów), przynajmniej średni poziom wiedzy z mechaniki (dynamika układów złożonych), w przypadku rozszerzenia do poziomu drugiej lub trzeciej generacji konieczność wykonania szeregu dodatkowych układów elektronicznych (poniesienie nakładów na części).

Etap 3

Wykorzystując powyższe zasoby, można rozbudować Laboratorium AiRPP o nowe elementy, takie jak dedykowane stanowiska laboratoryjne wraz z nadzorem

przez systemy SCADA. Oznacza to, że będzie można korzystać z wielostanowiskowych licencji edytora sterownika oraz z programu symulującego pracę SCADA np. WinTr, SCADA IGSS FREE50, SCADA PROMOTIC, RAPIDSCADA, WinLog Lite, VTSCADA LIGHT, ADVANCED HMI, Mango Automation SCADA [1, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15]. Decydując się na takie rozwiązanie unika się problemów np. z rozbudową stanowiska robota. Zadania laboratoryjne wykorzystujące edytor ze sterownikiem, mogą zostać ponadto rozbudowane o interaktywne symulacje 3D dowolnych systemów przemysłowych za pomocą oprogramowania np. Factory I/O firmy Next Generation (Rys. 4 i 5).

W tym wariancie możliwe jest wykorzystanie współpracy z przemysłem i skorzystanie z wycofanych elementów produkcyjnych (w tym manipulatorów i robotów), a także rozszerzenie gamy sterowników z jakimi spotykają się studenci. Pomieszczenie musi być duże, mieć wytrzymałą podłogę oraz doprowadzone zasilanie co najmniej 3x380V.

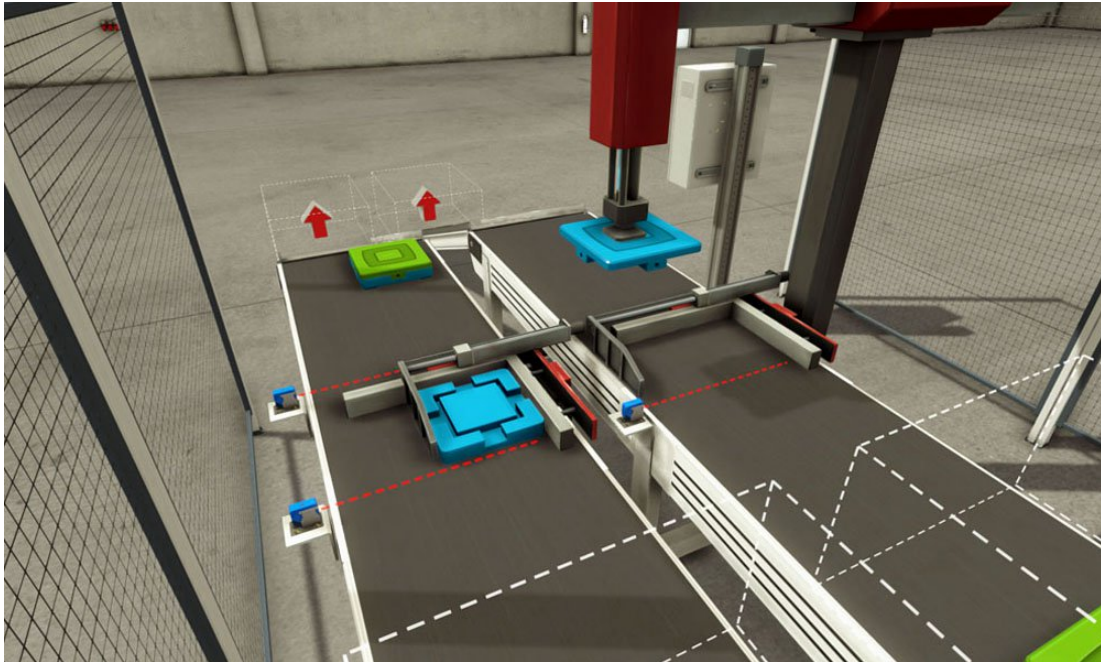


Rys. 2. Przykładowe dedykowane stanowiska edukacyjne oferowane np. przez firmę Encon [2].

Możliwości wykorzystania powyższego zestawu są następujące:

- Interaktywne uczenie podstaw obsługi sterowników przemysłowych;
- Wprowadzenie różnych odmian robotów (np. bramowych, SCARA) bez konieczności zmiany zabudowy i montażu;

- Nauczanie podstaw regulacji i sterownia procesami technologicznymi przy pomocy systemów SCADA;
- Nauczanie operacji koniecznych do wprowadzenia automatyzacji procesu technologicznego;
- Umożliwienie interaktywnego analizowania sytuacji awaryjnych w bezpieczny sposób.



Rys. 3. Przykład interaktywnej symulacji sterownia procesem produkcyjnym zbudowanej za pomocą programu Factory I/O f-my Next Generation [3].

Podsumowanie

Na pierwszym etapie tworzenia Laboratorium Automatykacji i Robotyzacji Procesów Produkcyjnych istnieje możliwość utworzenia 4 stanowisk laboratoryjnych przy wykorzystaniu tylko tych zasobów, które już posiada Instytut (2 sterowniki PLC typu LOGO! 12/24 RC z modułami rozszerzeń wraz z licencjonowanym oprogramowaniem edytora sterownika (LOGO!Soft Comfort V6.0) [12]. Dwa stanowiska z samymi sterownikami oraz dwa z edytorami. Tylko 4 stanowiska umożliwiają realizację od 14 do 18 tematów zadań laboratoryjnych, ze względu na konieczność przekazania wiedzy z kolejnych zakresów: podstawowe układy cyfrowe (AND, OR, NAND, NOR, XOR, XNOR), układy asynchroniczne (sekwencyjne i kombinatoryczne), układy synchroniczne (sekwencyjne i kombinatoryczne), układy analogowe (regulatory proporcjonalne, całkujące, różniczkujące, PID). Można przez przydzielenie trudniejszych zadań tylko do stanowisk z edytorami zredukować ilość tematów. Podstawową wadą tego

rozwiązania jest mała liczba stanowisk i wynikająca tym samym liczba sekcji laboratoryjnych – maksymalnie 4. W ramach drugiego etapu rozwoju laboratorium istnieje możliwość utworzenia co najmniej 8 stanowisk. Wolne oprogramowanie edukacyjne – edytor sterownika (LOGO!Soft Comfort V8.1) - daje nieograniczoną możliwość zwiększenia ilości stanowisk i pozwala na zindywidualizowanie nauczania. Wadą jest koszt stanowisk i język dostępnych instrukcji. Można jednak od firmy otrzymać licencję na ich przetłumaczenie. Wadą jest też brak systemów zarządzania automatyką – systemów SCADA. Dla usunięcia tej wady można skorzystać z symulatora ITS PLC oferowanego przez firmę Encon. W ramach trzeciego etapu istnieje możliwość utworzenia kilku bardzo elastycznych stanowisk laboratoryjnych, które można wykorzystać w ramach różnych przedmiotów. Wadą jest wysoki koszt, ponieważ jedno stanowisko symulacyjne to ok. 800 EUR, a cena jednego dedykowanego stanowiska edukacyjnego jest jeszcze wyższa.

Bibliografia

1. ADVANCED HMI, <https://sourceforge.net/projects/advancedhmi/?source=directory> (dostęp 16.04.2018).
2. Encon. Systemy dla dydaktyki, <http://old.encon.pl/index.php/systemy-dla-dydaktyki/systemy-dla-dydaktyki.html> (dostęp 16.04.2018).
3. Factory I/O, „NEXT-GEN. PLC TRAINING. 3D FACTORY SIMULATION”, <https://factoryio.com/> (dostęp 16.04.2018).
4. Ficher Technic, „Studies and training school”, <https://www.fischertechnik.de/en/teaching/level-of-education/studies-and-training-school> (dostęp 16.04.2018).

5. Karta przedmiotu „Automatyzacja i robotyzacja procesów produkcji”, <https://www.polsl.pl/Wydzialy/ROZ/roz3/Sylabusy/2017-2018/ZiIP/1%20Stopie%C5%84/Stacjonarne/Automatyzacja%20i%20robotyzacja%20proces%C3%B3w%20produkcyjnych-ZiIP-S1Is7.pdf> (dostęp 28.02.2018).
6. LOGO! Soft Comfort – „Demo software , upgrades/updates, drivers”, <https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/demo-software/pages/default.aspx> (dostęp 16.04.2018).
7. LOGO_Learn firmy ©KAFTAN, - “Siemens LOGO! 6/7/8”, <https://www.kaftan-media.com/LOGOLearn> (dostęp 16.04.2018).
8. Mango Automation SCADA, <https://infiniteautomation.com/> (dostęp 16.04.2018).
9. RAPIDSCADA, <https://rapidscada.org/>, (dostęp 16.04.2018).
10. SCADA IGSS FREE50, <http://igss.schneider-electric.com/products/igss/download/free-scada.aspx> (dostęp 16.04.2018).
11. SCADA PROMOTIC, <https://www.promotic.eu/pl/pmdoc/PriceList/PmFree.htm> (dostęp 16.04.2018).
12. Sterownik PLC typu LOGO! 12/24 RC, - „LOGO! Basic Modules With Display. Logic module LOGO! Simply different – simply ingenious”, <https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/modular> (dostęp 16.04.2018).
13. WinLog Lite, <https://www.trihedral.com/free-scada-software> (dostęp 16.04.2018).
14. WinTr, “SCADA SOFTWARE”, <http://scada.fultek.com.tr/index.html> (dostęp 16.04.2018).
15. VTSCADA LIGHT, <https://www.trihedral.com/free-scada-software> (dostęp 16.04.2018).