



**INNOWACYJNA
GOSPODARKA**
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

Inwestujemy
w Waszą
przyszłość



INSTEPRO
Zintegrowane
Sterowanie
Produkcją

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI FUNDUSZ
ROZWOJU REGIONALNEGO



Raport wewnętrzny projektu InStePro

Nr 3.4: Kompletacja i uruchomienie laboratoryjnych stanowisk testowych

Data

30.09.2010

Przygotował zespół :

W. Grega
A. Tutaj
W. Zapła

Spis treści

1. Wstęp	2
2. Linia technologiczna HAS-200.....	3
3. Kaskadowy układ zbiorników.....	9
4. Podsumowanie	18

Spis tabel

Tabela 1. Lokalizacja stanowisk laboratoryjnych	3
Tabela 2. Wyposażenie sali laboratoryjnej	3
Tabela 3. Meble w laboratorium 016	5
Tabela 4. Stacje linii technologicznej HAS-200	5
Tabela 5. Sprzęt sieci Ethernet	7
Tabela 6. Dostępne oprogramowanie	8
Tabela 7. Oprogramowanie w trakcie zakupu	8
Tabela 8. Brakujące meble	8
Tabela 9. Brakujące sprzęt komputerowy i narzędzia.....	8
Tabela 10. Elementy zestawu laboratoryjnego.	9
Tabela 11. Wyposażenie sterowników	12
Tabela 12. Oprogramowanie	17
Tabela 13. Planowane zakupy	17

Spis ilustracji

Rysunek 1. Plan wyposażenia sali laboratoryjnej	4
Rysunek 2. Fotografie stanowisk linii HAS-200	6
Rysunek 3. Struktura sieci Ethernet	7
Rysunek 4. Kaskada zbiorników	10
Rysunek 5. Wymiary zbiorników.....	10
Rysunek 6. Układ zbiorników i sterowniki VersaMax	11
Rysunek 7. Zasada pomiaru poziomu cieczy	12
Rysunek 8. Zestaw sterowników PLC	12
Rysunek 9. Przetwornik U/I.....	14
Rysunek 10. Generator sygnału PWM.....	15
Rysunek 11. Programy sterowników PLC	16
Rysunek 12. Warianty komunikacji z systemem BOSS	19
Rysunek 13. Komputer z maszyną wirtualną i dwoma systemami operacyjnymi.....	20
Rysunek 14. Struktura wymiany danych w systemie finalnym	21

1. Wstęp

Celem projektu INSTEPRO jest stworzenie oprogramowania realizującego zaawansowany system wspomagający sterowanie procesami produkcyjnymi. Z założenia system ma posiadać uniwersalny charakter, umożliwiając stosowanie go w różnych gałęziach przemysłu. Planowane jest wdrożenie gotowego produktu w przemyśle szklarskim (huty szkła gospodarczego), w celu usprawnienia sterowania zasilaczami, którymi płynne szkło z pieca transpor-

owane jest do maszyn formujących. Jednak na etapie rozwijania systemu konieczne jest testowanie go na próbnym instalacjach o charakterze laboratoryjnym. Instalacje te powinny być odporne na błędne sterowania i przerwy w działaniu systemu, a także muszą być dostępne w ciągu całego okresu trwania projektu. Do tego celu wytypowano dwa obiekty laboratoryjne: linię technologiczną HAS-200 oraz kaskadowy układ zbiorników. Za obiekt rezerwowy przyjęto kolumnę destylacyjną. Wymienione instalacje znajdują się w laboratoriach Katedry Automatyki (patrz tabela 1).

Tabela 1. Lokalizacja stanowisk laboratoryjnych

Lp.	Numer sali	Nazwa stanowiska
1	Sala 016, pawilon B1	Linia technologiczna HAS-200
2	Sala 317a, pawilon B1	Kaskadowy układ zbiorników
3	Sala 317c, pawilon B1	Kolumna destylacyjna

System HAS-200 został w całości zakupiony ze środków grantu INSTEPRO, zaś Wydział zaadaptował na jego potrzeby oddzielne pomieszczenie o powierzchni około 30 m² (sala 016, niski parter), pełniące poprzednio funkcję szatni. Pozostałymi dwoma stanowiskami Katedra Automatyki dysponowała już przed rozpoczęciem grantu. Obecnie przeprowadzona jest częściowa modernizacja tych dwóch stanowisk w celu dostosowania ich do potrzeb projektu INSTEPRO.

2. Linia technologiczna HAS-200

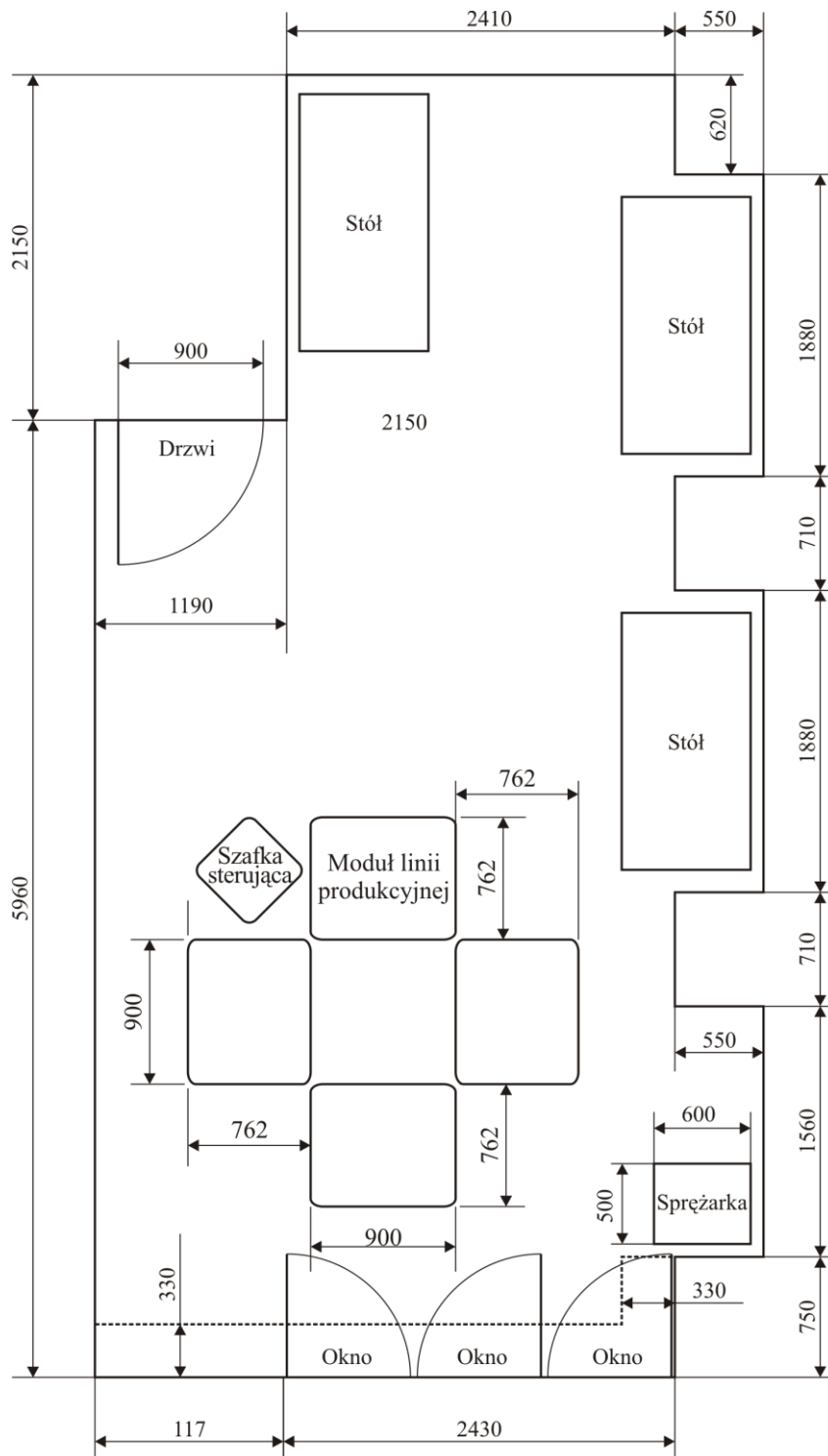
Modelową linię technologiczną HAS-200 zakupiono w całości ze środków finansowych projektu INSTEPRO. Instalacja stanęła w sali 016 (niski parter) w pawilonie B1, w specjalnie do tego celu zaadoptowanym pomieszczeniu. Plan pomieszczenia wraz z zaznaczonym rozmieszczeniem mebli oraz aparatury przedstawiony jest na rysunku 1, wyposażenie pracowni zebrano w tabeli 2, zaś wykaz mebli zamieszczono w tabeli 3.

Tabela 2. Wyposażenie sali laboratoryjnej

Lp.	Nazwa składnika	Opis
1	HAS-200	Model linii technologicznej złożony z czterech stanowisk (stacji): produkcji, kontroli, zamykania pojemników i magazynowania (patrz tabela 4). Zestaw zakupiono w firmie SMC, za pośrednictwem jej polskiego przedstawicielstwa. Został on wyprodukowany przez oddział firmy w Hiszpanii.
2	Sprężarka ze zbiornikiem	Sprężarka OF 150-1.1/16K ze zbiornikiem o pojemności 16 dm ³ , o wydajności 150 dm ³ /min i ciśnieniu roboczym 8 bar.
3	Zestaw komputerowy klasy PC	W skład zestawu wchodzi: jednostka centralna, monitor LCD, klawiatura USB, mysz optyczna z rolką USB, przedłużacz sieciowy z listwą rozdzielającą.
4	Urządzenia sieci Ethernet	Trasownik (router) oraz przełącznik (switch) (patrz tabela 5).
5	Przedłużacze sieciowe 230 V / 50 Hz i kable Ethernetowe UTP	Elementy niezbędne do zasilania zestawu komputerowego i zapewnienia wymiany danych między komputerem a programowalnymi sterownikami logicznymi poszczególnych stacji linii technologicznej.
6	Meble	Stoły i szafki wiszące (patrz tabela 3).

Zgodnie z umową z dostawcą systemu HAS-200, firmą SMC, jej zadaniem było dostarczenie linii (sprzętu i oprogramowania), jej montaż, próbne uruchomienie i przetestowanie, a także przeszkolenie wytypowanego pracownika AGH z obsługi systemu. Zadania te zostały niemal

w całości zrealizowane. Szkolenie odbyło się w Hiszpanii, w siedzibie oddziału firmy SMC, produkującego zestawy szkoleniowe, jeszcze przed dostarczeniem linii produkcyjnej. Pracownicy polskiego oddziału firmy SMC nadzorowali transport, zmontowali linię oraz przeprowadzili próbny rozruch. Nie sprawdzono jedynie działania oprogramowania 3DSupra (specjalizowany program klasy SCADA, dostarczony razem z zestawem) oraz EdMES (specjalizowany program klasy MES, załączony do linii produkcyjnej), ponieważ wymagało to posiadania aplikacji RSLinx, której zakup jest dopiero planowany i która w związku z tym nie była dostępna podczas próbnego rozruchu.



Rysunek 1. Plan wyposażenia sali laboratoryjnej

Tabela 3. Meble w laboratorium 016

Lp.	Nazwa	Liczba	Uwagi
1	Stół	3	Stół o wymiarach (szerokość × głębokość × wysokość) 1600 × 800 × 780 mm, ze wzmocnioną metalową konstrukcją wsporczą i z wytrzymałym blatem o grubości 36 mm.
3	Szafka wisząca	5	Szafki wiszące naścienne o wymiarach (szerokość × głębokość × wysokość) 900 × 380 × 700 mm (pięć sztuk) z pionową przegrodą, półkami, drzwiami dwuskrzydłowymi wyposażonymi w zamki.

W skład linii wchodzi cztery stanowiska, wymienione w tabeli 4. Zadaniem pierwszego z nich jest napełnianie pobranego z magazynu pojemnika granulatem z tworzywa sztucznego, przechowywanym w silosie (leju). Nosi ono wobec tego nazwę stanowiska produkcyjnego. Druga stacja kontroluje poziom wypełnienia pojemnika i odrzuca braki. Trzecie stanowisko zamyka pojemniki wieczkami i przylepia wydrukowane etykiety. Ostatnie, czwarte stanowisko, to magazyn składowania poziomego wyposażony w manipulator typu XYZ o trzech stopniach swobody (dwa serwonapędy elektryczne i jeden siłownik pneumatyczny), przenoszący pojemniki. Pojemniki są transportowane między stanowiskami za pomocą czterech segmentowych przenośników taśmowych, ułożonych w zamknięty pierścień. Fotografie wszystkich czterech stacji zebrano na rysunku 2.

Tabela 4. Stacje linii technologicznej HAS-200

Lp.	Nazwa	Symbol	Opis
1	Production station	HAS-202	Stacja produkcyjna, której zadaniem jest wypełnianie pojemników pobranych z magazynu granulakami pochodzącymi z silosu.
2	Checking station	HAS-206	Stacja kontroli, sprawdzająca prawidłowość napełnienia pojemników, przez pomiar poziomu granulki w pojemnikach.
3	Positioning of the lid station	HAS-207	Stacja zakładająca wieczka na pojemniki i przyklejająca etykiety.
4	Horizontal storage station	HAS-209	Magazyn składowania poziomego z manipulatorem XYZ (X – serwomechanizm z silnikiem AC, Y – serwomechanizm z silnikiem krokowym, Z – siłownik pneumatyczny), wyposażony w panel dotykowy.
5	Control Cabinet		Skrzynka zawierająca zawór i filtr pneumatyczny, czujnik i sygnalizator spadku ciśnienia, wyłącznik główny elektryczny i elektryczny wyłącznik bezpieczeństwa („grzybek”).

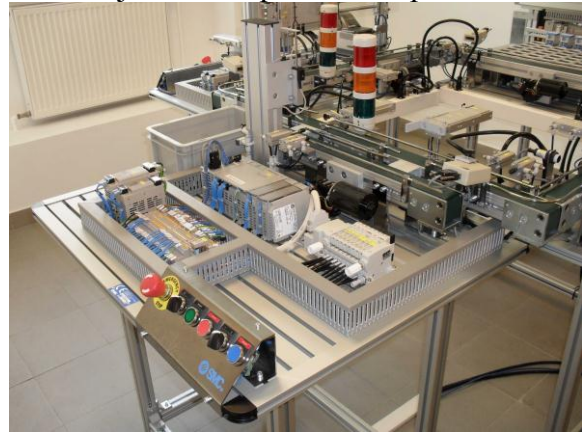
Większość urządzeń wykonawczych to siłowniki pneumatyczne dwustronnego działania oraz przysawki próżniowe (z wyjątkiem dwóch elektrycznych serwomechanizmów w magazynie, odpowiednio z silnikami AC i krokowym), zaś pracą każdego stanowiska zarządza oddzielny programowalny sterownik logiczny PLC typu CompactLogix L32E firmy Allen-Bradley. Magazyn wyposażony jest dodatkowo w panel dotykowy PanelView Plus 600. Wszystkie cztery sterowniki oraz panel połączone są przez koncentrator (hub) siecią Ethernet, jak pokazano na rysunku 3. Za pośrednictwem odrębnego trasownika (router) z wbudowanym prze-

łącznikiem (switchem), do sieci dołączony jest także komputer klasy PC. Router z zaimplementowanym mechanizmem NAT pozwala odizolować sterowniki od sieci komputerowej ogólnouczelnianej, a jednocześnie umożliwia użytkownikom komputera korzystanie z zasobów Internetu (oraz serwera licencji programu MATLAB). Wbudowany switch (przełącznik) w routerze pozwolił doprowadzić sieć Ethernet do czterech gniazdek naściennych. Do jednego z nich podłączony jest komputer PC, do drugiego – hub (koncentrator) obsługujący sterowniki PLC oraz panel dotykowy, zaś dwa pozostałe pozostają wolne i umożliwiają dołączenie – w razie potrzeby – dodatkowych komputerów stacjonarnych lub przenośnych. Wykaz sprzętu sieciowego zebrano w tabeli 5. Z kolei tabela 6 zawiera listę programów zainstalowanych na komputerze PC.

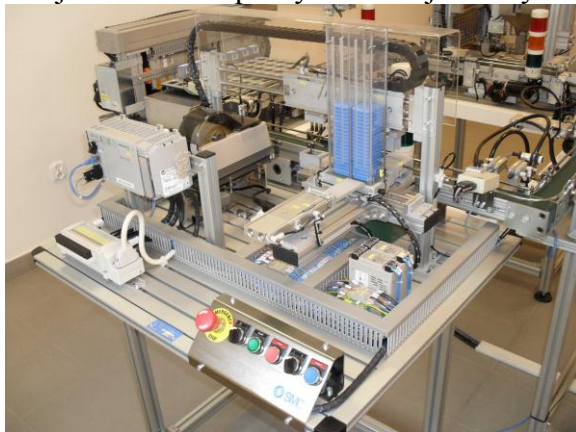
Stacja produkcji (napełniania pojemników)



Stacja kontroli poziomu napełnienia



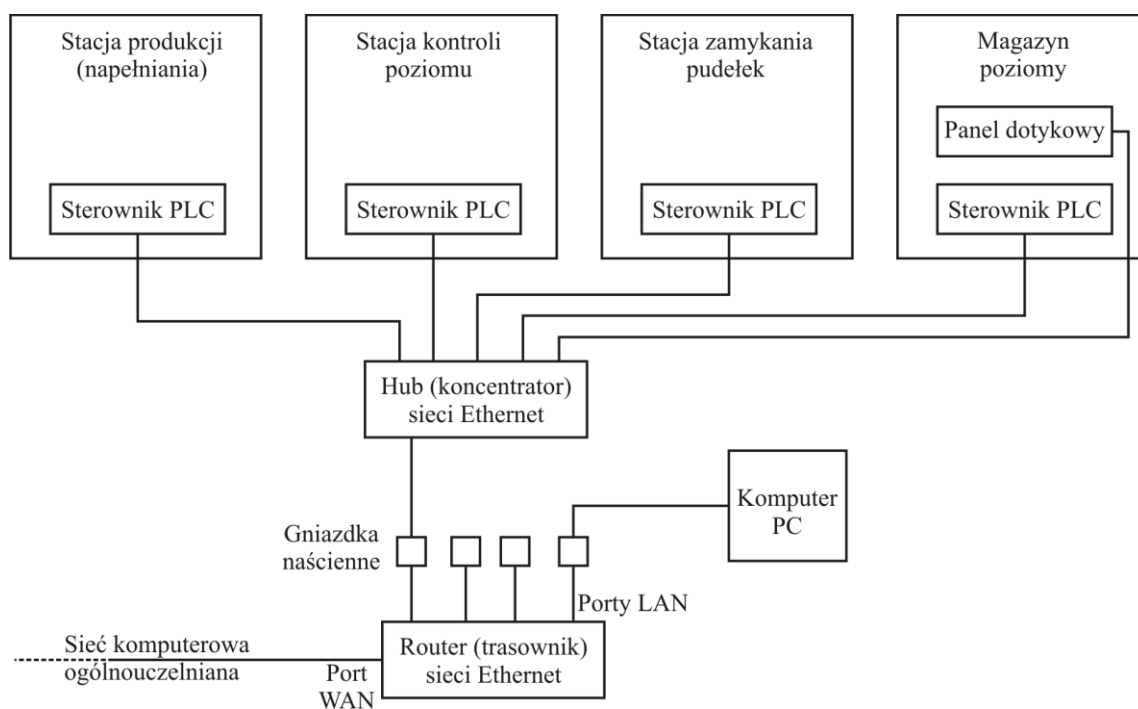
Stacja nakładania pokrywek i klejenia etykiet



Magazyn składowania poziomego



Rysunek 2. Fotografie stanowisk linii HAS-200



Rysunek 3. Struktura sieci Ethernet

Do pełnej sprawności stanowiska konieczne jest dokończenie lub wykonanie zakupów oprogramowania, sprzętu komputerowego, dodatkowego wyposażenia oraz mebli. Obecnie finalizowany jest zakup aplikacji komputerowych wymienionych w tabeli 7. RSLinx to program komunikacyjny, umożliwiający innym aplikacjom połączenie się ze sterownikami CompactLogix. RSLogix 500 służy do tworzenia oprogramowania dla sterowników logicznych, ładowania go do sterowników oraz monitorowania ich pracy. Factory Talk View Studio for Machine Edition służy do programowania paneli operatorskich, zaś aplikacja Ultraware pozwala programować sterowniki serwonapędów firmy Allen-Bradley. Przy okazji najbliższego przetargu na Wydziale zakupione zostaną krzesła do laboratorium (tabela 8). Również wkrótce kupione będzie wyposażenie wymienione w tabeli 9. Jest ono potrzebne między innymi do zapewnienia zasilania i wygodnej komunikacji między składnikami systemu oraz do serwisowania sprzętu (wykonywania drobnych napraw). Dodatkowy komputer, którego zakup również jest planowany, pozwoli zrównoleglic działania badawcze, przyspieszając je i podnosząc komfort pracy.

Tabela 5. Sprzęt sieci Ethernet

Lp.	Nazwa	Liczba	Uwagi
	Trasownik (router) dla sieci komputerowej Ethernet.	1	Trasownik sieci Ethernet z wbudowanym czteroportowym przełącznikiem sieciowym (LAN) o szybkości transmisji 100/1000 Mb/s oraz z portem WAN o szybkości transmisji 100/1000 Mb/s, z własnym zasilaczem wtyczkowym, przeznaczony do pracy w warunkach domowych lub biurowych.
	Przełącznik (switch) dla sieci komputerowej Ethernet.	1	Pięcioportowy przełącznik sieci Ethernet o szybkości transmisji 100/1000 Mb/s, z własnym zasilaczem wtyczkowym, przeznaczony do pracy w warunkach domowych lub biurowych.

Tabela 6. Dostępne oprogramowanie

Lp.	Nazwa programu	Liczba	Opis
1	EdMES	1	System zarządzania produkcją (MES – Manufacturing Execution System) dedykowany dla modelowej linii technologicznej HAS-200, zakupiony wraz z nią.
2	3dSupra	1	System nadzorowania, sterowania i zbierania danych (SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition) dedykowany dla modelowej linii technologicznej HAS-200, zakupiony razem z nią.
3	Motion Control System RBT 5	1	Aplikacja umożliwiająca programowanie sterownika serwo-mechanizmu z silnikiem krokowym, użytego w manipulatorze magazynu składowania poziomego.
4	InTouch	1	Profesjonalny, uniwersalny i programowalny system SCADA firmy Wonderware.
5	MATLAB	1	Zintegrowane tekstowo-graficzne środowisko obliczeń numerycznych i symulacji komputerowych.

Tabela 7. Oprogramowanie w trakcie zakupu

Lp.	Nazwa programu	Liczba	Opis
1	RSLinx	2	Serwer komunikacyjny niezbędny do zapewnienia wymiany danych między sterownikami logicznymi firmy Allen-Bradley i współpracującym z nim oprogramowaniem. Pełni on również rolę lokalnego serwera OPC oraz DDE.
2	RSLogix 5000	2	Aplikacja służąca do konfiguracji, programowania i monitorowania sterowników logicznych firmy Allen-Bradley.
3	Factory Talk View Studio for Machine Edition	1	Aplikacja służąca do programowania paneli operatorskich z rodziny PanelView.
4	Ultraware	1	Aplikacja służąca do programowania sterowników serwonapędów firmy Allen-Bradley.

Tabela 8. Brakujące meble

Lp.	Nazwa	Liczba	Uwagi
1	Krzeseła	8	Będą zakupione przy okazji najbliższego przetargu.

Tabela 9. Brakujące sprzęt komputerowy i narzędzia

Lp.	Nazwa	Liczba	Uwagi
	Zestaw komputerowy klasy PC.	1	Umożliwi zrównoleglenie prac badawczych.
1	Przedłużacz RS-232, 2 × DE-9, bez przepłotu, męski/żeński, 10 metrów	2	Do połączenia komputera PC ze sterownikami serwonapędów.
2	Przejdziówki USB ↔ RS-232	2	Konieczna, ponieważ posiadany komputer nie jest wyposażony w port RS-232.
3	Przedłużacze sieciowe z listwami rozdzielającymi AKAR.	7	Do zasilania komputerów i innych urządzeń elektrycznych.
4	Miernik uniwersalny cyfrowy.		Do prac serwisowych.
5	Zestaw kluczy imbusowych i torxsów.		Do prac serwisowych.
6	Zestaw kluczy nasadowych i płaskooczkowych.		Do prac serwisowych.
7	Zestaw krętek płaskich, krzyżowych (Philips) oraz krzyżowych (Pozidriv).		Do prac serwisowych.

Zgodnie z planami, komunikacja między tworzonym systemem wspomaganie sterowania (zwanym roboczo BOSS-em) a sterownikami logicznymi odbywać się będzie za pośrednictwem protokołu OPC (wprost lub z pośrednictwem systemu SCADA). W tym celu użyta będzie aplikacja RSLinx, posiadająca funkcjonalność lokalnego serwera OPC, pozwalającego wymieniać dane ze sterownikami PLC CompactLogix. Aplikacja ta jest w trakcie zakupu i wkrótce będzie dostępna.

3. Kaskadowy układ zbiorników

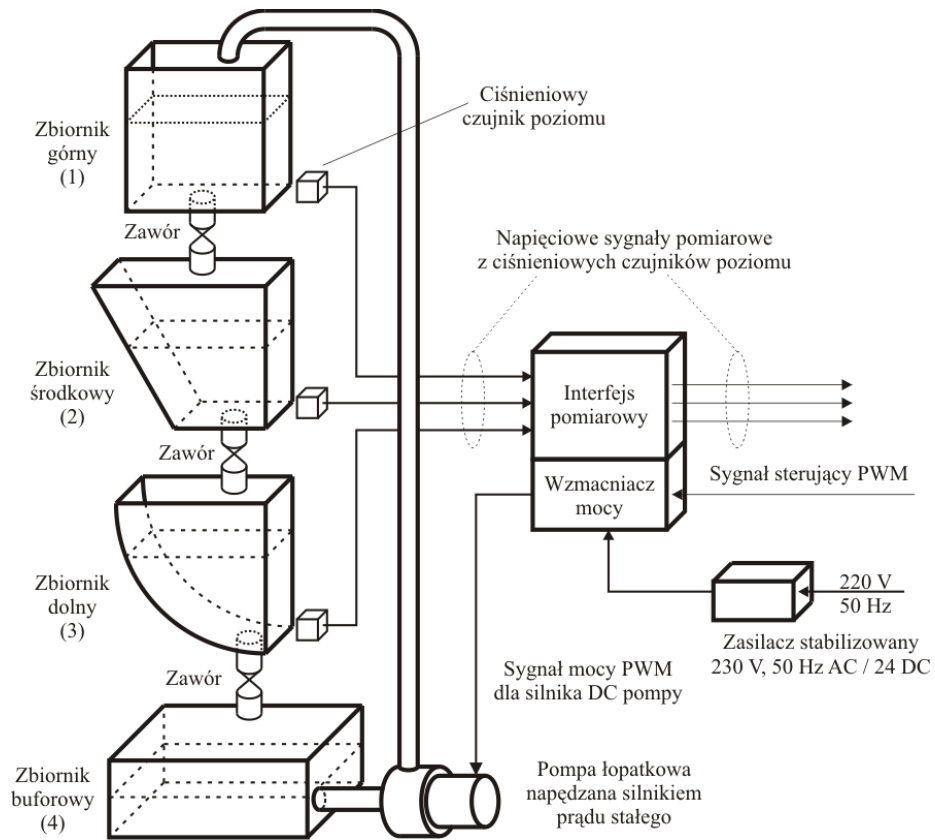
Składniki stanowiska laboratoryjnego wymienione są w tabeli 10. Obiekt regulacji, przedstawiony na rysunku 4, składa się z trzech ułożonych kaskadowo zbiorników, między którymi przelewa się woda oraz czwartego zbiornika buforowego, umieszczonego poniżej trzech pozostałych. Wymiary zbiorników (bez buforowego) podane są na rysunku 5. Woda ze zbiornika buforowego jest tłoczona do zbiornika górnego przez pompę łopatkową¹, napędzaną silnikiem komutatorowym prądu stałego z magnesami stałymi. Następnie pod wpływem siły grawitacji przelewa się przez zawór² zainstalowany w dnie zbiornika górnego do zbiornika środkowego, potem podobnie do dolnego i wreszcie wraca do zbiornika buforowego. Silnik pompy zasilany jest napięciem o przebiegu prostokątnym o wartości szczytowej 24 V i regulowanym współczynnikiem wypełnienia (PWM). W opisywanej instalacji pompa stanowi urządzenie wykonawcze. Poziomy cieczy w trzech zbiornikach (górnym, środkowym i dolnym) wyznaczane są przez pomiar ciśnienia powietrza spiętrzanego w pionowej rurce umieszczonej w zbiorniku przez wpływającą do niej od dołu wodę (rysunek 7). Ciśnienie mierzone jest za pomocą czujnika wykonanego w technologii mikrokrzemowej. Analogowy napięciowy sygnał z czujnika podlega wzmocnieniu w układzie zawierającym wzmacniacz operacyjny. Z dobrym przybliżeniem można przyjąć, że zależność tego napięcia od poziomu jest afiniczna. Wyniki pomiaru poziomu w trzech zbiornikach (górnym, środkowym i dolnym) stanowią sygnały wyjściowe obiektu. Układ zbiorników oraz współpracujące z nimi sterowniki logiczne pokazane są na fotografiach na rysunku 6.

Tabela 10. Elementy zestawu laboratoryjnego.

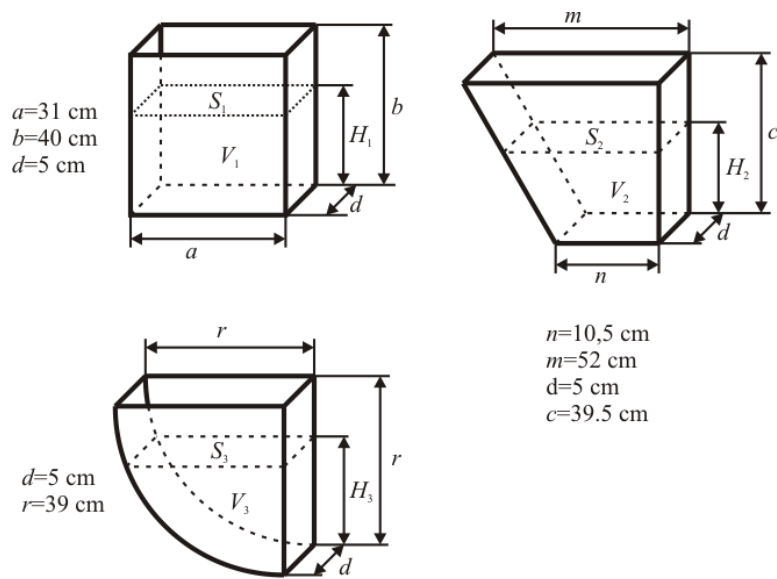
Lp.	Nazwa	Uwagi
1	Kaskadowy układ zbiorników	Układ czterech zbiorników ułożonych kaskadowo, pomiędzy którymi przelewa się woda. Układ wyposażony jest w cztery urządzenia wykonawcze (pompę i trzy elektrozawory) oraz trzy ciśnieniowe czujniki poziomu cieczy w trzech zbiornikach.
2	Panel z zestawem sterowników PLC	Panel z trzema programowalnymi sterownikami logicznymi VersaMax firmy GE Fanuc, zasilaczami sieciowymi dla nich, przełącznikiem (switchem) sieci Ethernet oraz przedłużaczem sieciowym 230 V / 50 Hz z listwą rozdzielającą.
3	Stabilizowany zasilacz impulsowy prądu stałego 230 V, 50 Hz AC / 24 V DC	Źródło zasilania dla elementów wykonawczych (pompy i elektrozaworów) oraz przetworników pomiarowych poziomu cieczy.
4	Zestaw komputerowy klasy PC.	W skład zestawu wchodzi: jednostka centralna, monitor LCD, klawiatura USB oraz mysz optyczna przewodowa USB z rolką.

¹ W związku z dawniejszą awarią i koniecznością naprawy, komora łopatkowa pompy nie jest szczelna.

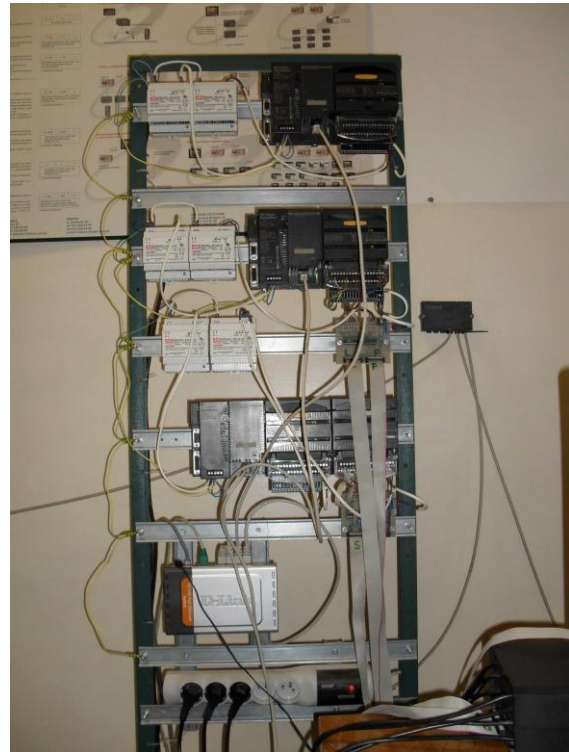
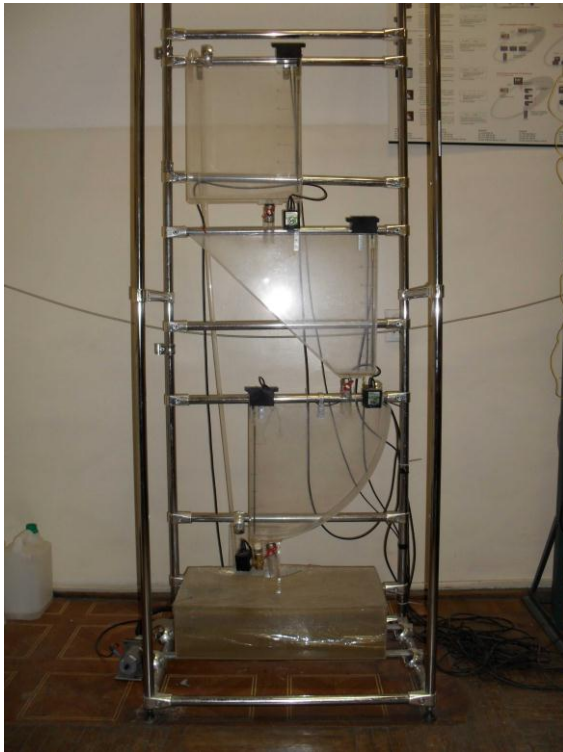
² Jest to kulowy zawór odcinający, ustawiony w położeniu pośrednim.



Rysunek 4. Kaskada zbiorników

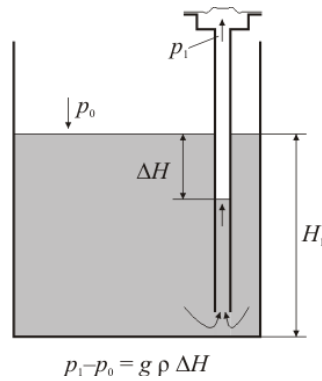


Rysunek 5. Wymiary zbiorników

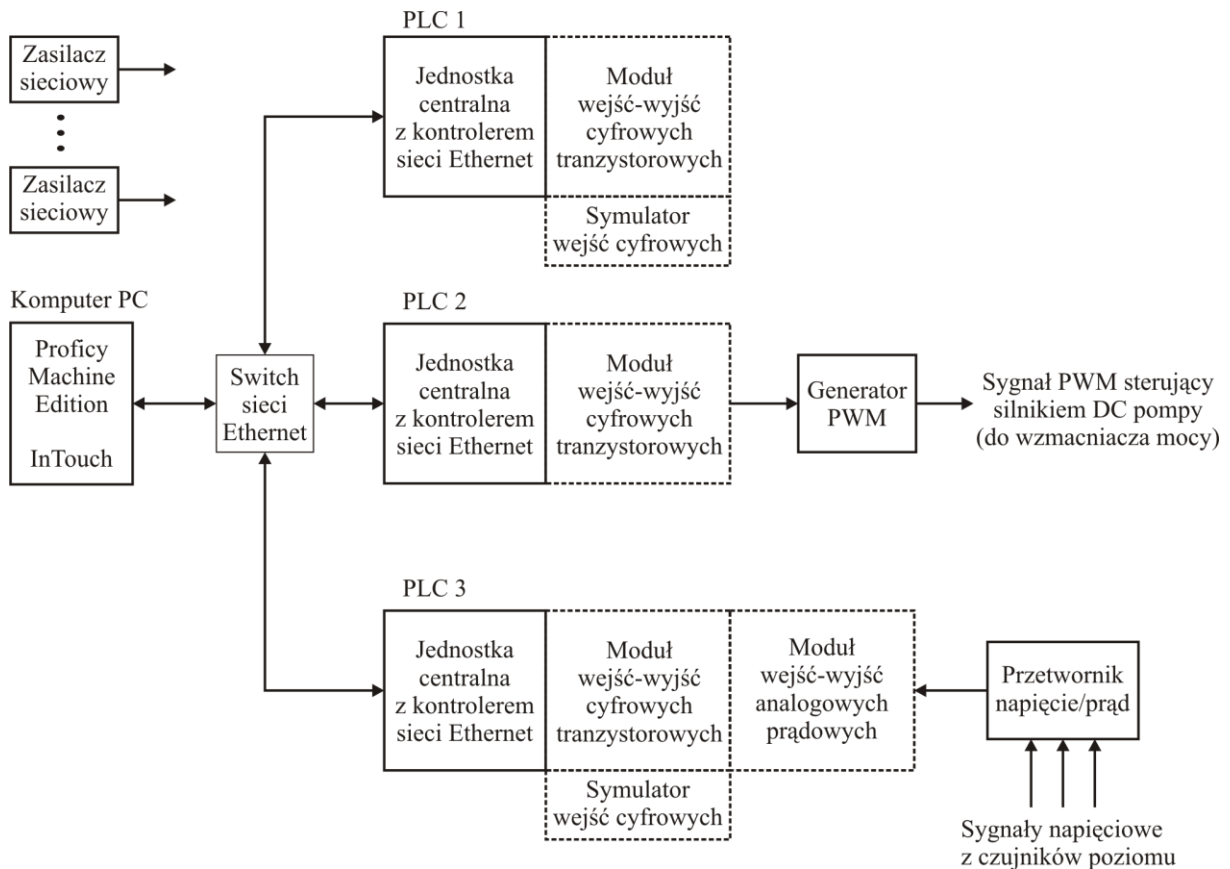


Rysunek 6. Układ zbiorników i sterowniki VersaMax

Do sterowania obiektem wykorzystano programowalne sterowniki logiczne (PLC) VersaMax firmy GE Fanuc. Z instalacją współpracują trzy sterowniki, wymieniające się danymi za pośrednictwem sieci komputerowej Ethernet i tworzące rozproszony układ sterowania (rysunek 8). Elementy zestawów sterowników wymieniono w tabeli 11. Sterownik PLC 3 jest odpowiedzialny za pomiar sygnałów napięciowych z czujników poziomu i przeliczanie ich na wartości poziomów cieczy wyrażone w milimetrach. Ze względu na afiniczną (w przybliżeniu) zależność między napięciem a poziomem, do przeliczania można wykorzystać blok SCALE, dostępny w bibliotekach języka drabinkowego, używanego do tworzenia programu dla sterownika. Ponieważ do sterownika logicznego dołączono blok wejść-wyjść analogowych prądowych, zaś czujniki poziomów generują sygnały napięciowe, konieczne jest zastosowanie przetwornika napięcie/prąd (U/I). Jego elektroniczny schemat ideowy przedstawiono na rysunku 9. Sterownik PLC 2 steruje silnikiem napędzającym pompę. Ponieważ do sterownika dołączony jest blok uniwersalnych wyjść cyfrowych, a silnik pompy powinien być sterowany sygnałem PWM, do instalacji dodano generator PWM oraz wzmacniacz mocy. Schemat ideowy generatora sygnału PWM, sterowanego za pomocą ośmiu wyjść cyfrowych bloku wejścia-wyjścia sterownika logicznego, przedstawiony jest na rysunku 10. Dla zapewnienia odpowiedniej mocy sygnału podawanego na silnik pompy zastosowano wzmacniacz mocy z optoizolacją oraz impulsowy stabilizowany zasilacz prądu stałego o napięciu 24 V i dostatecznej wydajności prądowej.



Rysunek 7. Zasada pomiaru poziomu cieczy



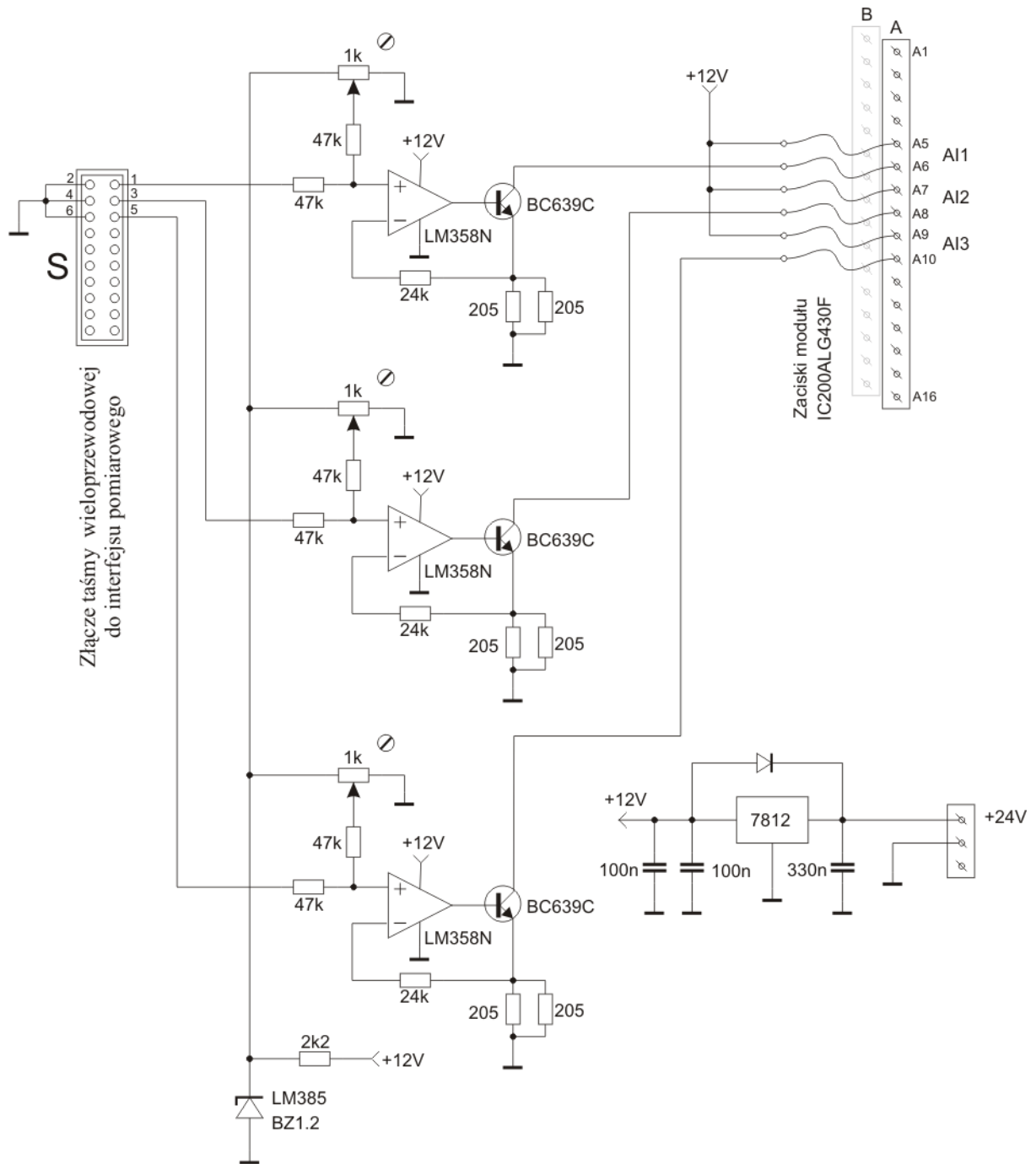
Rysunek 8. Zestaw sterowników PLC

Tabela 11. Wyposażenie sterowników

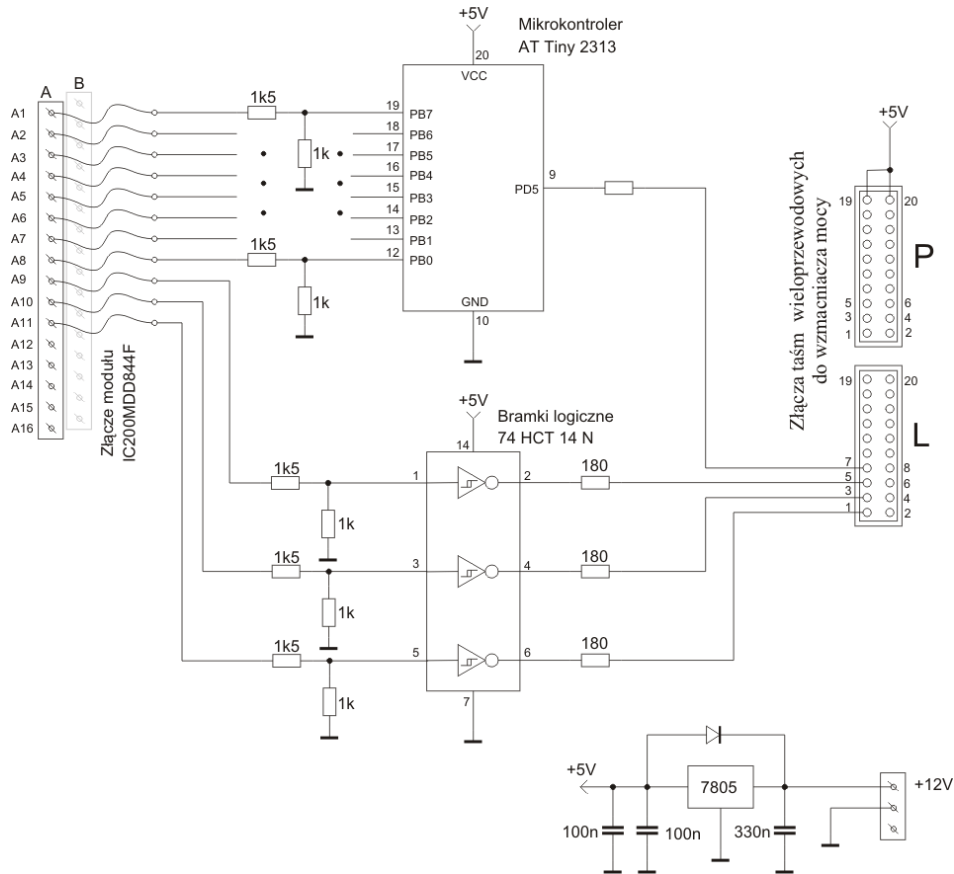
Lp.	Moduły
1	<p>Sterownik PLC złożony z następujących komponentów:</p> <ul style="list-style-type: none"> • jednostka centralna IC200CPUE05 • zasilacz o zwiększonej obciążalności IC200PWR002 • kasetę na moduły rozszerzającą IC200CHS002 (dwie sztuki) • moduł mieszany wejść i wyjść dyskretnych IC200MDD844

	<ul style="list-style-type: none"> • moduł mieszany wejść i wyjść analogowych prądowych IC200ALG430 • symulator wejść dyskretnych IC200ACC302 • impulsowy zasilacz sieciowy 12 V DC DR-30-12 • impulsowy zasilacz sieciowy 24 V DC DR-30-24 (dwie sztuki)
2	<p>Sterownik PLC złożony z następujących elementów:</p> <ul style="list-style-type: none"> • jednostka centralna IC200CPUE05 • zasilacz o zwiększonej obciążalności IC200PWR002 • kasetę na moduły rozszerzające IC200CHS002 • moduł mieszany wejść i wyjść dyskretnych IC200MDD844 • symulator wejść dyskretnych IC200ACC302 • impulsowy zasilacz sieciowy 12 V DC DR-30-12 • impulsowy zasilacz sieciowy 24 V DC DR-30-24
3	Zestaw identyczny z powyższym.
	Switch (przełącznik) sieci Ethernet (pięcioportowy przełącznik (switch) ethernetowy, z własnym zasilaczem wtyczkowym, przeznaczony do pracy w warunkach pokojowych lub biurowych).

W sterowniku PLC 1 realizowane są obliczenia wymagane przez algorytm sterowania. Obecnie jest to algorytm PI stabilizujący poziom w górnym zbiorniku przez dobór sterowania silnika pompy. Za pośrednictwem sieci Ethernet, z wykorzystaniem protokołu EGD, sterownik PLC 1 otrzymuje wyniki pomiaru poziomów cieczy w zbiornikach od sterownika PLC 3. Na tej podstawie wylicza sterowanie dla obiektu, stosując wybrany algorytm regulacji. Obliczona wartość sterowania (liczba naturalna z zakresu 0 – 255, odpowiadająca współczynnikowi wypełnienia sygnału PWM z przedziału [0, 1]) jest przesyłana przez sieć Ethernet do sterownika PLC 2, odpowiedzialnego za zasilanie silnika napędzającego pompę. Programy wszystkich trzech sterowników, zestawione w języku drabinkowym, przedstawione są na rysunku 11.

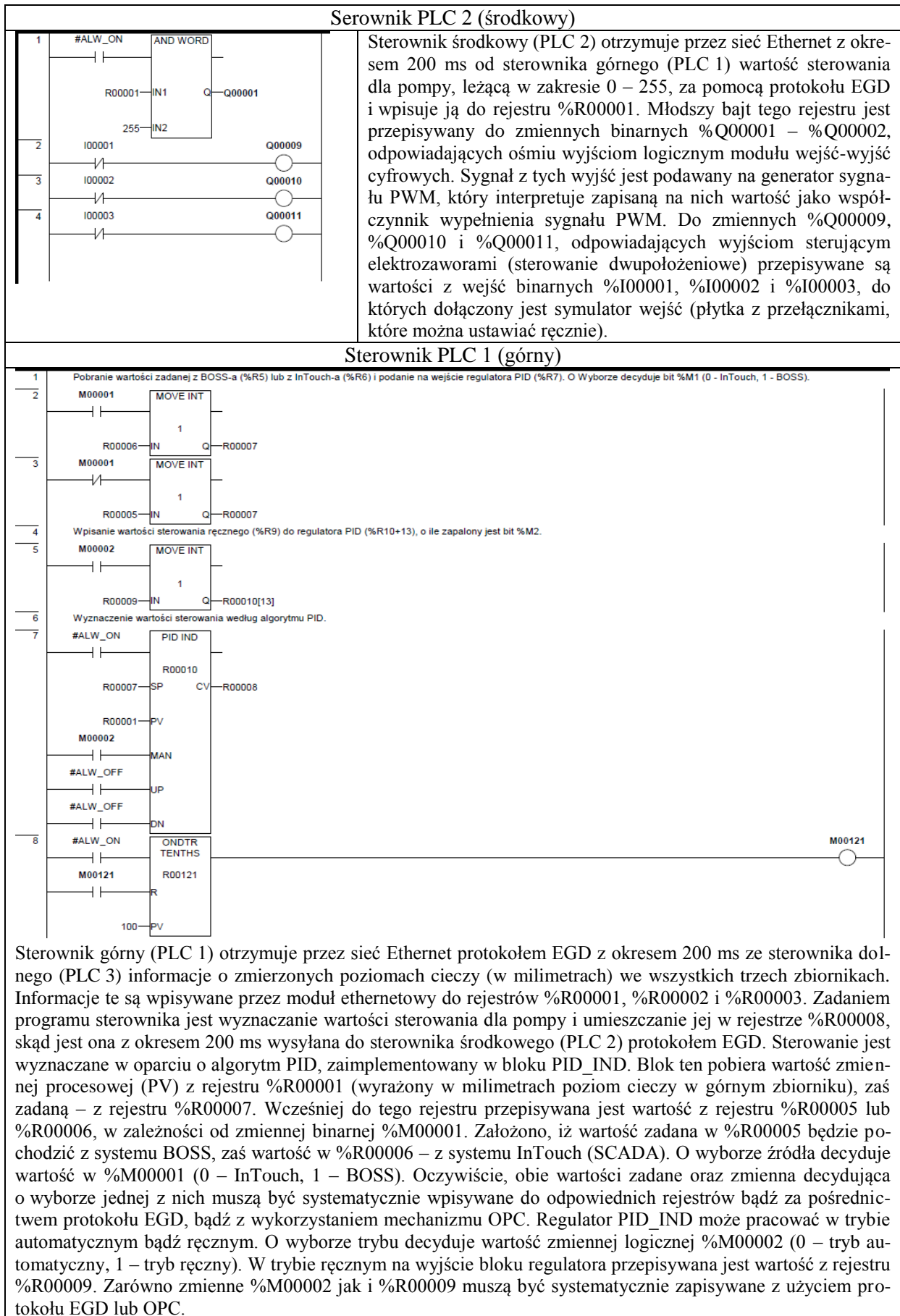


Rysunek 9. Przetwornik U/I



Rysunek 10. Generator sygnału PWM

Sterownik PLC 3 (dolny)																																																																									
<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>#ALW_ON</td> <td>SCALE INT</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>28938—HI</td> <td>OUT—R00001</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1486—LO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>400—OHI</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>-50—OLO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>AI0001—IN</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>#ALW_ON</td> <td>SCALE INT</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>29151—HI</td> <td>OUT—R00002</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1513—LO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>400—OHI</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>-47—OLO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>AI0002—IN</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>#ALW_ON</td> <td>SCALE INT</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>28113—HI</td> <td>OUT—R00003</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>1175—LO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>400—OHI</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>-43—OLO</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>AI0003—IN</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1	#ALW_ON	SCALE INT			28938—HI	OUT—R00001			1486—LO				400—OHI				-50—OLO				AI0001—IN			2	#ALW_ON	SCALE INT			29151—HI	OUT—R00002			1513—LO				400—OHI				-47—OLO				AI0002—IN			3	#ALW_ON	SCALE INT			28113—HI	OUT—R00003			1175—LO				400—OHI				-43—OLO				AI0003—IN			<p>Opis zmiennych:</p> <ul style="list-style-type: none"> %AI0001 – rejestr udostępniający wynik pomiaru sygnału prądowego mierzonego przez moduł wejść analogowych w pierwszym kanale; sygnał ten odpowiada poziomowi cieczy w górnym (pierwszym) zbiorniku. %AI002 – pomiar sygnału analogowego reprezentującego poziom cieczy w drugim (środkowym) zbiorniku %AI003 – pomiar sygnału analogowego reprezentującego poziom cieczy w trzecim (dolnym) zbiorniku %R00001 – wynik pomiaru poziomu cieczy w górnym zbiorniku po przeskalowaniu, wyrażony w milimetrach %R00002 – wynik pomiaru poziomu cieczy w środkowym zbiorniku po przeskalowaniu, wyrażony w milimetrach %R00003 – wynik pomiaru poziomu cieczy w dolnym zbiorniku po przeskalowaniu, wyrażony w milimetrach <p>Zawartość rejestrów %R00001, %R00001 i %R00001, przechowujących wyniki pomiarów poziomów cieczy w zbiornikach, jest przesyłana z okresem 200 ms ze sterownika dolnego (PLC 3) do górnego (PLC 1), z wykorzystaniem protokołu EGD.</p>
1	#ALW_ON	SCALE INT																																																																							
	28938—HI	OUT—R00001																																																																							
	1486—LO																																																																								
	400—OHI																																																																								
	-50—OLO																																																																								
	AI0001—IN																																																																								
2	#ALW_ON	SCALE INT																																																																							
	29151—HI	OUT—R00002																																																																							
	1513—LO																																																																								
	400—OHI																																																																								
	-47—OLO																																																																								
	AI0002—IN																																																																								
3	#ALW_ON	SCALE INT																																																																							
	28113—HI	OUT—R00003																																																																							
	1175—LO																																																																								
	400—OHI																																																																								
	-43—OLO																																																																								
	AI0003—IN																																																																								



Rysunek 11. Programy sterowników PLC

Do switcha (przełącznika) sieci Ethernet, do którego dołączone są sterowniki PLC, przyłączono również komputer PC. Zainstalowano na nim aplikację *Proficy Machine Edition*, służącą do programowania sterowników PLC firmy GE Fanuc. Z kolei program *InTouch*, również dostępny w komputerze, realizuje funkcjonalność SCADA i może się komunikować ze sterownikami za pośrednictwem serwera OPC. Rolę tego serwera pełni *GE SRTP OPC Server*, który wymienia dane ze sterownikami za pośrednictwem sieci Ethernet i protokołu SRTP. Listę oprogramowania, podaną w tabeli Tabela 12, zamyka program MATLAB.

W celu usprawnienia pracy stanowiska, zaplanowano kilka jego modyfikacji, opisanych w tabeli 13. Tam też wyliczono potrzebne do tego zakupy. Zostaną one zrealizowane w drugim kwartale 2010 roku. Modyfikacje mają na celu zastąpienie niektórych, tymczasowych elementów instalacji, profesjonalnymi produktami przewidzianymi do zastosowań przemysłowych.

Tabela 12. Oprogramowanie

Lp.	Nazwa programu	Liczba	Uwagi
1	Proficy Machine Edition – Logic Development PLC – Standard	3	Aplikacja umożliwiająca programowanie sterowników PLC oraz nadzorowanie ich pracy.
2	GE SRTP Ethernet OPC Server	1	Serwer OPC dla sterowników VersaMax.
3	InTouch	1	Uniwersalny system SCADA.
4	MATLAB	1	Środowisko obliczeń numerycznych i symulacji komputerowych.

Tabela 13. Planowane zakupy

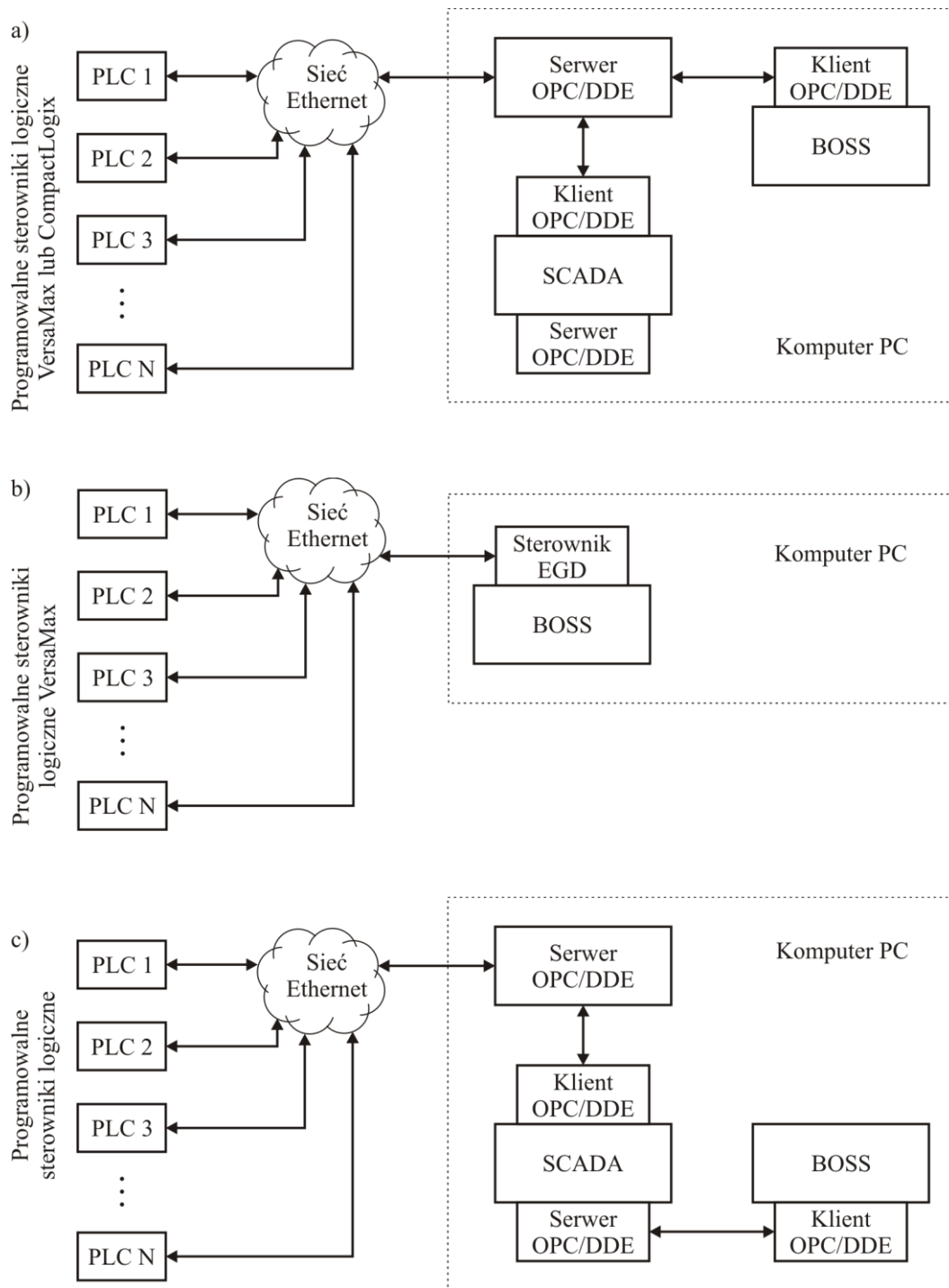
Lp.	Nazwa	Uzasadnienie
1	Moduł napięciowych wejść analogowych	Czujniki poziomów dają analogowy sygnał napięciowy, a posiadany moduł sterownika jest przystosowany jedynie do pomiaru sygnałów prądowych. Zakup modułu napięciowego pozwoli pozbyć się nieprofesjonalnego przetwornika napięcie/prąd.
2	Sterowniki mocy PWM	Silnik napędzający pompę jest sterowany przy pomocy sygnału PWM, generowanego przy pomocy nieprofesjonalnego przetwornika, sterowanego za pośrednictwem ośmiu cyfrowych wyjść modułu sterownika. Pożądane jest zastąpienie tej konstrukcji przez profesjonalny sterownik mocy PWM. Pożądane jest również zastąpienie obecnego sterowania dwupołożeniowego dla trzech elektrozaworów sterowaniem PWM (posiadane zawory to elementy regulacyjne, posiadające siłowniki przystosowane do sygnału PWM).
3	Panel operatorski	Panel pozwoli monitorować działanie instalacji i modyfikować parametry jej pracy bez konieczności korzystania z komputera.
4	Przemysłowy przełącznik (switch) sieci Ethernet	Obecnie w instalacji wykorzystywany jest switch (przełącznik) przewidziany do zastosowań domowych biurowych. Należy go zastąpić urządzeniem spełniającym standardy przemysłowe.

Obecnie końca dobiegają prace nad realizacją komunikacji między sterownikiem PLC 1 a systemem BOSS. Tymczasowo zrezygnowano z użycia protokołu OPC, zastępczo wykorzystując protokół EGD, zaimplementowany w sterownikach. Jest to stosunkowo prosty mechanizm cyklicznego (ze stałym, zadany okres) przesyłania zawartości wybranych rejestrów sterownika między producentem a konsumentem (lub konsumentami) za pośrednictwem protokołu UDP/IP, bez wymiany potwierżeń. Zasadniczo służy on do przesyłania danych pomiędzy sterownikami PLC, ale z łatwością może być użyty do przekazywania danych od sterownika do komputera lub odwrotnie. Pakiety EGD wysyłane są ze stałym okresem, ustawionym na etapie konfiguracji komunikacji. Urządzenia adresowane są przy pomocy adresów IP (choć istnieją też inne opcje). Dodatkowo każdy pakiet oznaczony jest identyfikatorem wymiany EGD. Przesyłane dane nie są w żaden sposób szyfrowane. Oprócz zawartości wybranych na etapie konfiguracji rejestrów sterownika, pakiet zawiera kilka dodatkowych informacji, między innymi numer kolejny wysłanego pakietu oraz wybrany wcześniej identyfikator wymiany. Konfigurowanie wymian sieciowych w sterownikach odbywa się przy pomocy narzędzi graficznych dostępnych w środowisku Proficy Machine Edition. Po stronie systemu BOSS konieczne jest stworzenie sterownika (drivera), zdolnego do wymiany danych ze sterownikami PLC za pośrednictwem protokołu UDP/IP, odbierającego i wysyłającego dane w formacie EGD.

4. Podsumowanie

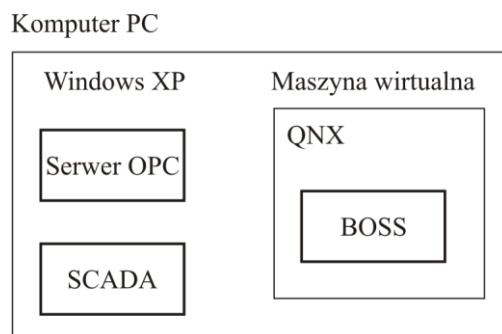
Opisane w raporcie stanowiska (linia produkcyjna HAS-200 i kaskadowy układ zbiorników) posłużą do próbnego wdrożenia systemu BOSS oraz do testowania jego pracy. W razie konieczności, wykorzystana będzie również instalacja kolumny destylacyjnej. Obie opisane instalacje sterowane są przez kilka sterowników logicznych PLC, z którymi można wymieniać dane za pośrednictwem sieci Ethernet. Komunikacja między sterownikami a systemami SCADA bądź MES może się odbywać za pośrednictwem protokołu OPC, z wykorzystaniem serwerów OPC potrafiących współpracować z danym typem sterowników (RSLinx w przypadku sterowników CompactLogix firmy Allen-Bradley oraz GE SRTP OPC Server w przypadku sterowników VersaMax firmy GE Fanuc). Taki sam sposób komunikacji protokołem OPC ze sterownikami może stosować BOSS (rysunek 12a). Dodatkowo w przypadku sterowników VersaMax jest możliwe bezpośrednie przesyłanie danych (bez pośrednictwa serwera OPC) z użyciem protokołu EGD (rysunek 12b). Obok protokołu OPC system BOSS może też korzystać z protokołu DDE (większość serwerów OPC posiada także możliwość pracy jako serwery DDE). Obecnie stosowane będzie najprawdopodobniej bezpośrednie przesyłanie danych między systemem BOSS a sterownikami (za pośrednictwem jednego z protokołów: OPC, DDE, EGD). W przyszłości natomiast planuje się wykorzystanie w roli pośrednika w tej komunikacji system SCADA, który może pełnić rolę zarówno klienta, jak i serwera protokołu OPC (lub DDE) (rysunek 12c). Sposób ten jest szczególnie wskazany w przypadku „zastanego” u klienta systemu automatyki, w który wymiana danych między sterownikami a pakietem SCADA jest już oprogramowana i gdzie zwykle niedozwolone jest bezpośrednie ingerowanie w pracę sterowników. W takim przypadku konieczne jest umieszczenie w aplikacji SCADA używanej przez klienta dodatkowego ekranu z przełącznikiem, który pozwoli wybrać źródło sygnałów sterujących oraz wartości zadanych dla sterowników: system SCADA lub BOSS.

Schematy przedstawione na rysunku 12 mają charakter uproszczony. System BOSS jest na nich reprezentowany pojedynczym blokiem, z którym współpracuje bezpośrednio moduł klienta OPC/DDE lub sterownika (driver) EGD. Na schematach tych BOSS pracuje na tym samym komputerze, na którym zainstalowano serwer OPC/DDE lub system SCADA. Taka konfiguracja stosowana będzie na etapie rozwijania systemu.



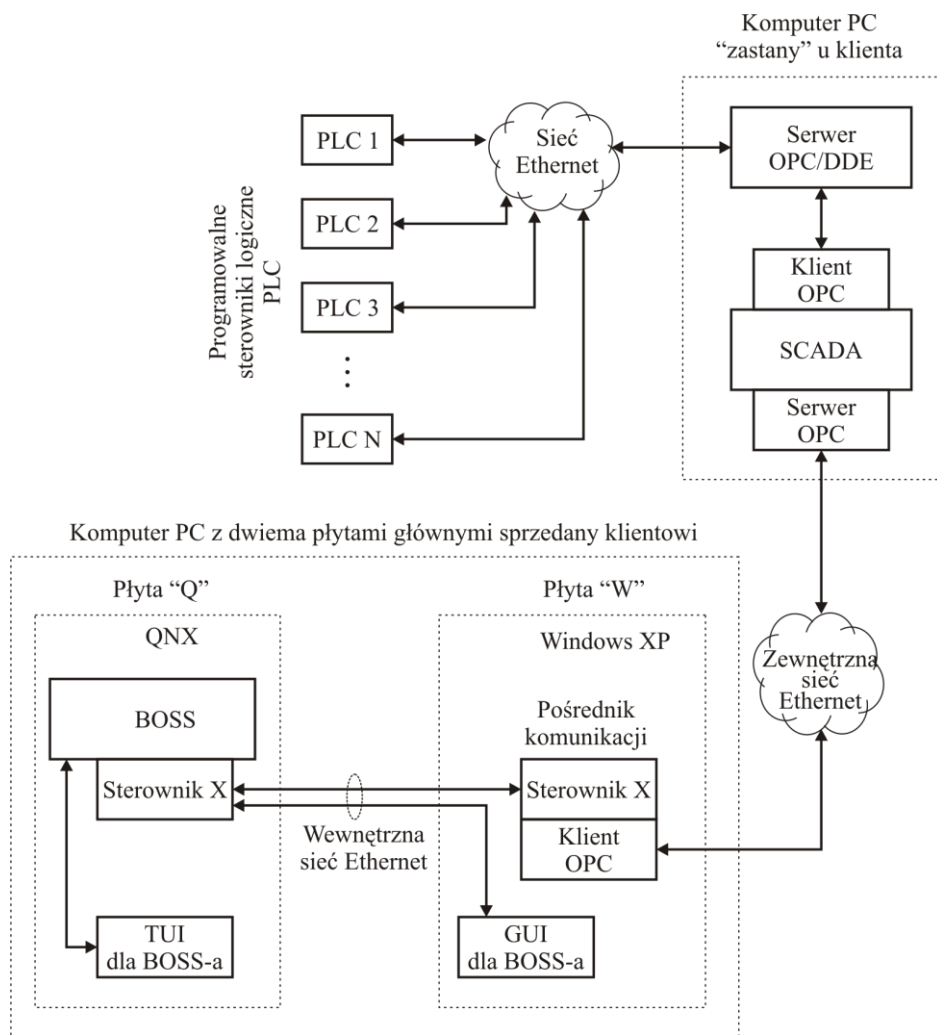
Rysunek 12. Warianty komunikacji z systemem BOSS

BOSS jest aplikacją dla systemu operacyjnego QNX, zaś serwery OPC oraz oprogramowanie SCADA są przystosowane do pracy w systemie Windows. Aby wszystkie te programy można było uruchomić na jednym i tym samym komputerze, konieczne jest zastosowanie wirtualnej maszyny (oprogramowania do wirtualizacji), która stworzy wirtualne środowisko pracy z systemem QNX dla aplikacji BOSS (rysunek 13). Dla uproszczenia maszyna ta nie jest zaznaczona na rysunku 12. Podstawowym (pierwotnym) systemem operacyjnym zainstalowanym na komputerze będzie Windows XP.



Rysunek 13. Komputer z maszyną wirtualną i dwoma systemami operacyjnymi

Organizacja docelowego, finalnego systemu sterowania, przeznaczonego do wdrożenia u klientów (w przemyśle) będzie nieco inna (rozbudowana) w stosunku do schematów przedstawionych na rysunku 12. Przewiduje się użycie komputera, który w jednej obudowie zawierać będzie dwie niezależne płyty główne i dwa zestawy współpracujących z nimi komponentów (dyski twarde, karty sieciowe, karty graficzne), który wobec tego może być traktowany jako dwa niezależne komputery (rysunek 14). Jeden taki zestaw dwupłytkowy został już zakupiony ze środków projektu INSTEPRO. Na jednym z komputerów zainstalowany będzie system Windows XP, na drugim – QNX. W środowisku QNX pracował będzie system BOSS, zaś w środowisku Windows – opisane dalej oprogramowanie pośredniczące w wymianie danych. W systemie QNX zainstalowana będzie jedna karta sieciowa (NIC), zaś w systemie Windows – dwie. Komunikacja między programem BOSS w systemie QNX i oprogramowaniem w systemie Windows wykorzysta po jednej karcie sieciowej z każdego z systemów operacyjnych i odbywać się będzie za pośrednictwem dedykowanego protokołu oznaczonego na rysunku 14 literą „X”. Druga karta sieciowa w systemie Windows będzie użyta do włączenia zestawu do komputerowej sieci automatyki u klienta. Zakłada się, że klient posiada oprogramowanie klasy SCADA, wymieniające dane z programowalnymi sterownikami logicznymi sterującymi produkcją. Oprogramowanie to musi posiadać funkcjonalność serwera OPC. W systemie Windows na komputerze dwupłytkowym pracować będzie oprogramowania pośredniczące w wymianie danych między systemem BOSS a wyposażonym w serwer OPC systemem SCADA u klienta. Oprogramowanie to pełnić będzie rolę pośrednika między protokołem OPC (komunikacja z zastanym systemem automatyki w środowisku Windows) a dedykowanym protokołem „X” opartym na TCP/IP (współpraca z systemem BOSS w środowisku QNX). Dodatkowo w środowisku Windows na komputerze dwupłytkowym pracować będzie graficzny interfejs użytkownika (GUI), pozwalający w ograniczonym zakresie kontrolować pracę systemu BOSS. Być może w roli tego interfejsu wykorzysta się system SCADA. Pełna kontrola nad systemem BOSS możliwa będzie za pośrednictwem dedykowanego interfejsu GUI lub TUI (Textual User Interface) w środowisku QNX.



Rysunek 14. Struktura wymiany danych w systemie finalnym