

Uniwersytet Mikołaja Kopernika
Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej

Tomasz Rudzki
nr albumu: 212595

Praca inżynierska
na kierunku Automatyka i Robotyka

Układy sterowania rozproszonego - budowa i oprogramowanie

Opiekun pracy dyplomowej
dr inż. Kazimierz Karwowski
Zakład Fizyki Technicznej i Zastosowań Fizyki

Toruń 2010

Pracę przyjmuję i akceptuję

Potwierdzam złożenie pracy dyplomowej

.....

.....

data i podpis opiekuna pracy

data i podpis pracownika dziekanatu

Dziękuję:
dr inż. Kazimierzowi Karwowskiemu
oraz mgr Andrzejowi Wawrzakowi
za okazaną pomoc i cenne wskazówki.

Uniwersytet Mikołaja Kopernika zastrzega sobie prawo własności niniejszej pracy inżynierskiej w celu udostępniania dla potrzeb działalności naukowo-badawczej lub dydaktycznej

Spis treści

	Strona
1. Wstęp	6
1.1. Cel pracy	7
2. Systemy sterowania rozproszonego	8
2.1. Sterowniki programowalne	9
2.1.1. Programowalne sterowniki logiczne PLC	11
2.1.2. Programowalne sterowniki automatyki PAC	13
2.2. Magistrale komunikacyjne	15
2.2.1. DeviceNet	16
2.2.2. ControlNet	18
2.2.3. Data Highway 485 (DH485)	19
2.2.4. Data Highway Plus (DH+)	20
2.2.5. Remote I/O	21
2.2.6. EtherNet/IP	22
2.3. Systemy nadzorujące w rozproszonych systemach sterowania	23
2.3.1. System HMI/SCADA	24
2.3.2. Platforma Systemowa WONDERWARE	26
2.3.3. Oprogramowanie WONDERWARE INTOUCH	28
3. Układy sterowania firmy Rockwell	31
3.1 Sterowniki	32
3.1.1. Seria MicroLogix	32
3.1.2. Seria FlexLogix	32
3.1.3. Seria CompactLogix	33
3.1.4. Seria ControlLogix	33
3.2 Oprogramowanie systemów sterowania	34
3.2.1. RSLinx	34
3.2.2. RSLogix 500	35
3.2.3. RSLogix5000	36
4. Stanowisko dydaktyczne ze sterownikiem CompactLogix	37
4.1. Budowa i konfiguracja stanowiska	37

4.1.1.	CompactLogix 1769-L23E-QBFC1B	42
4.1.2.	Power Flex 70	43
4.1.3	1734-AENT EtherNet/IP PointI/O	45
4.1.4	1794-AENT EtherNet/IP FlexI/O	47
4.1.5	Konfiguracja sieci EtherNet/IP	48
4.1.6	Konfiguracja portu szeregowego RS – 232	53
4.1.7	Aktualizacja firmwaru	55
4.2.	Oprogramowanie stanowiska	57
5.	Program demonstracyjny dla stanowiska dydaktycznego w Pracowni Komputerowych Systemów Sterowania i Układów Napędowych	66
6.	Podsumowanie	69
7.	Literatura	70

Załączniki:

Załącz.1. Instrukcja obsługi sterownika CompactLogix.

Załącz.2. Instrukcja obsługi przemiennika Power Flex 70.

Załącz.3. Instrukcja obsługi karty komunikacyjnej 20-COMM-E.

Załącz.4. Instrukcja obsługi stanowiska.

Załącz.5. Kod programu stanowiska ze sterownikiem CompactLogix.

1. Wstęp

Wraz z rozwojem przemysłu w ciągu ostatnich lat można zaobserwować znaczny wzrost wymagań w stosunku do jakości i wydajności produkcji. Duża konkurencja, obecna na światowym rynku wśród największych potentatów przemysłowych wymusza stosowanie coraz nowocześniejszych, bezpieczniejszych i bardziej niezawodnych systemów sterowania i zarządzania produkcją. Powszechnie dąży się do tzw. automatyzacji przedsiębiorstw przemysłowych, polegającej na zastąpieniu lub ograniczeniu ludzkiej pracy fizycznej i umysłowej przez maszyny, wykonujące pewne powtarzalne czynności automatycznie. Realizacja tej strategii możliwa jest tylko przy zastosowaniu nowoczesnych rozwiązań z szeroko pojętej dziedziny automatyzacji, która nieustannie się rozwija.

Obecnie wprowadzenie sztucznej inteligencji zauważalne jest już na poziomie samego procesu technologicznego, który powoduje zwiększenie ilości rozsyłanych informacji w obrębie całego przedsiębiorstwa oraz pozwala na obserwowanie stanu procesu (systemy SCADA).

Postęp w technologii komputerowej, jaki dokonał się w minionym półwieczu, jest w istocie oszałamiający i zupełnie niespotykany w innych dziedzinach przemysłu. Od maszyny, która kosztowała 10 milionów dolarów i wykonywała jedną instrukcję na sekundę, doszliśmy do maszyn kosztujących 1000 dolarów i wykonujących 100 milionów instrukcji na sekundę, osiągając 1012 razy lepszy współczynnik cena/efektywność [2].

Kolejnym krokiem powodującym rozwój układów sterowania maszyn i innych urządzeń technologicznych było powstanie sterowników swobodnie programowalnych (ang. Programmable Logic Controllers - PLC). Znajdują one zastosowanie zarówno dla dużych i małych zadań automatyki. Mogą one sterować pojedynczą maszyną lub ciągiem technologicznym. O powszechności ich stosowania na pewno świadczy również fakt, że kilkadziesiąt firm na świecie produkuje i sprzedaje wyżej wymienione urządzenia. Do ważniejszych firm należą: Meller Electronic (dawniej Kloeckner – Meller), Omron, Rockwell (Allen Bradley), SAIA, Schneider oraz SIEMENS [5].

W chwili, kiedy nowo produkowane urządzenia, o olbrzymich możliwościach funkcjonalnych, zaczęły opanowywać rynki światowe, konieczne stało się wprowadzenie urządzeń nowej generacji zwanych programowalnymi sterownikami automatyki (ang. Programmable Automation Controllers – PAC). Zawierają one w sobie funkcjonalność sterowników PLC, lecz wyznaczają one nowe kierunki rozwoju. Sterowniki PAC obsługują za pomocą jednego oprogramowania narzędziowego wszystkie wątki aplikacji tj. sterowanie

dyskretne i procesowe, sterowanie napędami i osiami oraz komunikację. Zawierają procesory zmiennoprzecinkowe, z dużymi zasobami pamięci i systemami czasu rzeczywistego. Koncepcja sterowników PAC odegra kluczową rolę w kolejnych generacjach projektowanych i produkowanych systemach sterowania.

Powstanie sieci transmisji danych w znacznym stopniu spowodowało redukcję okablowania oraz pozwoliło na umieszczenie sterowników w pobliżu samego procesu zamiast w centralnej sterowni. Spowodowało również większą dostępność do istotnych danych, które występują w obrębie całego przedsiębiorstwa.

Zastosowanie oprogramowania SCADA oraz paneli operatorskich, których zadaniem jest diagnoza pracy systemu automatyki, pozwala na pełną kontrolę nad procesem, jego odcinkiem lub poszczególnym urządzeniem.

Wszystkie elementy składowe, które zostaną połączone w jeden spójny system tworzą zintegrowane systemy sterowania, zwane również systemami rozproszonymi (ang. Distributed Control System – DCS).

Automatyzacja pozwala firmom na produkcję w krótszym czasie większej ilości produktów, zmniejszenie ilości odpadów oraz optymalne zarządzanie procesem oraz monitoring na każdym etapie danego procesu. Monitoring w znacznym stopniu zmniejsza ryzyko wystąpienia awarii, a zarządzanie w optymalny sposób procesem wytwarzania znacznie obniża koszty. Aby otrzymać takie efekty, należy właściwie zaprojektować i zrealizować system sterowania, wykorzystując do tego celu doświadczenie i fachową wiedzę inżynierów – automatyków, którzy specjalizują się w danej dziedzinie.

1.1 Cel pracy

Głównym celem pracy było zbudowanie i uruchomienie stanowiska dydaktycznego ze sterowaniem rozproszonym, w skład którego wchodzi sterownik kompaktowy CompactLogix 1769 – L23E – QBFC1B, moduły komunikacyjne, układy wejść – wyjść dyskretnych oraz przemiennik częstotliwości POWER FLEX 70. Wszystkie elementy wykorzystane do budowy stanowiska pochodzą z firmy Rockwell Automation. Stanowisko to służy do celów dydaktycznych. Drugim celem było wykonanie programu demonstracyjnego dla wykonanego stanowiska dydaktycznego.

2. Układy sterowania rozproszonego

Rozproszone systemy sterowania (ang. Distributed Control System – DCS) określamy jako zbiór samodzielnych komputerów połączonych za pomocą sieci, wyposażonych w oprogramowanie zaprojektowane z myślą o utworzeniu zintegrowanego środowiska obliczeniowego. Są one realizowane z wykorzystaniem sprzętu, którego wielkość waha się od kilku stacji roboczych, poprzez pojedyncze sieci lokalne, aż po Internet – ogólnosiwiatowy zbiór połączonych ze sobą sieci lokalnych i rozległych, zespalaających tysiące a nawet miliony komputerów. Stosując je, osiąga się wielkie korzyści, począwszy od ogólnych udogodnień obliczeniowych oferowanych grupom użytkowników, aż po automatyzację systemów bankowych i multimedialne systemy komunikacji. Obejmują one niemal wszystkie komercyjne i techniczne zastosowania komputerów [2].

Systemy sterowania rozproszonego odpowiadają za sterowania i wizualizację procesu przemysłowego posiadającego wspólną bazę danych dla sterowania i wizualizacji. Przy jego budowaniu wykorzystuje się takie elementy składowe jak:

- sterowniki programowalne (PLC lub PAC),
- magistrale komunikacyjne,
- oprogramowanie typu SCADA.

Wykorzystanie każdego z elementów niesie za sobą korzyści, które przekładają się na zwiększenie wydajności przy zmniejszających się kosztach produkcji.

Rozproszone systemy sterowania znajdują zastosowanie w wielu dziedzinach przemysłu takich jak:

- chemia i rafinerie,
- wytwarzanie energii,
- przemysł papierniczy,
- przemysł spożywczy,
- przemysł szklarski,
- hutnictwo,
- cementownie,
- przemysł maszynowy.

2.1. Sterowniki programowalne

Pierwsze sterowniki programowalne powstały pod koniec lat sześćdziesiątych na potrzeby amerykańskiego przemysłu samochodowego. Częste zmiany procesu sterowania linii montażowych i transporterów sprawiły, że wykonane w technice sprzętowej układy sterowania, zbudowane z bramek, przekaźników i styczników, nie spełniły już nowych wymagań. Specyfika sterowanych obiektów oraz nowe warunki techniczne i ekonomiczne produkcji wymagały aby układy sterowania:

- były łatwo programowalne i reprogramowalne w miejscu zainstalowania,
- były bardziej niezawodne niż układy stycznikowo – przekaźnikowe w warunkach bez klimatyzacji z dużymi wahaniami temperatury i dużymi zakłóceniami elektrycznymi,
- miały małe gabaryty ze względu na coraz większy koszt powierzchni produkcyjnej,
- miały możliwości komunikowania się z komputerami nadrzędnymi,
- były proste w konserwacji i aby do posługiwania się nimi wystarczało średnie wykształcenie techniczne [11],
- były łatwe w rozbudowie i serwisie.

Aby sprostać wszystkim wymienionym wymaganiom przemysłu motoryzacyjnego zaczęły powstawać nowe rozwiązania sterowników programowalnych, których budowa została oparta na mikrokontrolerach. Wraz z upływem czasu doczekały się one standaryzacji i zaczęto je wykorzystywać w wielu gałęziach przemysłu.

Występuje wiele firm, które zajmują się produkcją i sprzedażą sterowników programowalnych. Jednakże każdy sterownik charakteryzuje się wspólnymi cechami, takimi jak:

1. **Uniwersalność** – możliwość realizacji różnych algorytmów sterowania bez konieczności zmian struktury urządzeń, czy połączeń w układzie przy zmieniających się warunkach procesu sterowania.
2. **Programowalność** – realizacja algorytmu sterowania w postaci ciągu instrukcji wpisywanych do pamięci sterownika typu EEPROM, EPROM lub RAM. Z

cechą tą związane jest opracowanie specjalnych zbiorów instrukcji uwzględniających warunki przemysłowe, w których przebiega proces.

3. **Funkcjonalność** – możliwość bezpośredniego połączenia z urządzeniami sterującymi, pomiarowymi, wykonawczymi.
4. **Niezawodność** – wzajemna separacja galwaniczna układów wewnętrznych sterownika i podłączonych urządzeń zewnętrznych zapobiega przeniesieniu się zbyt dużego potencjału w stanach awaryjnych. Zwiększeniu niezawodności służy wprowadzenie programowej kontroli obwodów wejściowych i wyjściowych oraz diagnostyki systemowej i obiektowej, zasilanie awaryjne z akumulatorów lub UPS – ów .
5. **Komfort obsługi** – oprogramowanie narzędziowe zainstalowane w PC lub programatorze pozwala na całkowite przygotowanie programu zawierającego algorytmy sterowania, począwszy od konfiguracji sprzętowej a kończąc na uruchomieniu systemu, włączając w to przeprowadzenie symulacji i przetestowanie pracy układu sterowania przy równoczesnej sygnalizacji stanu układów wejść i wyjść.
6. **Elastyczność** – możliwość doboru sterownika programowalnego w zależności od rodzaju i stopnia złożoności procesu technologicznego [5].

Obecnie wykorzystuje się dwa rodzaje sterowników programowalnych: PLC (ang. Programmable Logic Controllers) oraz PAC (ang. Programmable Automation Controllers), które są podstawowym środkiem automatyzacji maszyn i procesów. Sterowniki PAC w komputerowych systemach operacyjnych czasu rzeczywistego odgrywają rolę sterowników i regulatorów lokalnych. W hierarchicznej strukturze tych systemów zajmują miejsce najbliżej procesu technologicznego, w którym wymagania dotyczące czasu reakcji na zdarzenia są najostrzejsze. Komunikują się między sobą za pomocą sieci lokalnych (field – bus) [11].

W ostatnim dziesięcioleciu toczyła się dyskusja na temat zalet i wad sterowania za pomocą PLC oraz PC. W miarę zanikania różnic natury technicznej między nimi, pojawieniem się PLC wykorzystujących gotową, dostępną w handlu (COTS) elektronikę oraz systemów PC wykorzystujących pracujące w czasie rzeczywistym systemy operacyjne, pojawiła się nowa klasa sterowników – programowalne sterowniki automatyki, czyli PAC. PAC, nowy skrót wprowadzony przez Automation Research Corporation (ARC) opisuje nową generację urządzeń, które łączą w sobie niezawodność sterowników PLC z elastycznością i wydajnością najnowszej technologii komputerów PC.

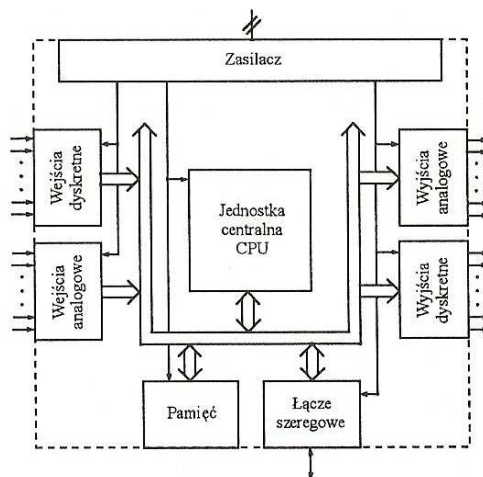
2.1.1. Programowalne sterowniki logiczne PLC

Sterowniki programowalne PLC (ang. Programmable Logic Controllers) są wyspecjalizowanymi „komputerami” przemysłowymi, wprowadzonymi w latach sześćdziesiątych do budowy cyfrowych systemów sterowania. Miały one zastąpić systemy przekaźnikowo – stycznikowe [8].

W 1993 r. Międzynarodowa Komisja Elektroniki (International Electrotechnical Commission IEC) wydała normę IEC 1131 „Programmable Controllers”. Norma ta standaryzuje osprzęt, określa wymagania testowe, oraz ujednolica sposób programowania w językach tekstowych i graficznych. Znajdują się tam wytyczne dla użytkownika, a także model komunikacji.

Każdy sterownik programowalny PLC, pomimo dużej liczby wersji oferowanych przez różnych producentów i mających różne zastosowanie, składa się z następujących elementów (Rys.1.):

- Mikroprocesora – centralna jednostka przetwarzająca CPU (ang. Central Processing Unit), podejmująca decyzję na podstawie instrukcji programowych i obsługująca urządzenia wejść/wyjść procesowych;
- Pamięci – służy do przechowywania informacji w postaci cyfrowej. Procesor wykorzystuje pamięć do tymczasowego przechowywania danych koniecznych do prowadzenia obliczeń podczas wykonywania kodu programu sterownika;
- Zasilacza – układ zasilający jednostkę CPU oraz wszystkie dołączone moduły rozszerzające;
- Modułów wejść/wyjść – dzięki nim sygnały wprowadzane są z otoczenia do sterownika i wyprowadzane ze sterownika do otoczenia. Wyróżniamy moduły cyfrowe, analogowe, specjalizowane np. liczniki czy moduły przeznaczone do pracy w sieci.



Rys. 1. Struktura sterownika PLC

Podstawowym komponentem architektury oprogramowania sterownika PLC jest jego system operacyjny. Systemy operacyjne czasu rzeczywistego zapewniają sterownikom zarówno stabilność działania, jak i pożądaną w aplikacjach przemysłowych – niezawodność. Dodatkowo, w ramach systemu operacyjnego wykonywany jest program, napisany w języku, typowym dla sterownika PLC, zgodnym z normą IEC 61131 – 3 [8]. Zgodnie z normą wyróżnia się dwie grupy języków programowania:

- Języki tekstowe

1. IL (ang. Instruction List) – lista instrukcji,
2. ST (ang. Structured Text) – tekst strukturalny.

- Języki graficzne

1. LD (ang. Ladder Diagram) – schemat drabinkowy,
2. FBD (ang. Function Block Diagram) – schemat bloków funkcyjnych,
3. SFC (ang. Sequential Function Chart) – schemat sekwencji funkcji, graf sekwencyjny.

Podstawowymi czynnikami, które świadczą o niezawodności sterownika PLC są: jego odporność konstrukcji mechanicznej, która pozwala na pracę w warunkach przemysłowych oraz niezmienna architektura oprogramowania, w której rola użytkownika sprowadza się do wprowadzenia programu do systemu. Program ten opisuje zachowanie i decyzje systemu sterowania wykorzystywane do danej aplikacji, przy uwzględnieniu informacji wejściowych.

Właściwości mechaniczne oraz programistyczne, które zapewniają wysoką niezawodność sterownika, przyczyniają się do ograniczenia możliwości aplikacyjnych. Przyczynia się to do ograniczenia możliwości rozbudowy, aktualizacji komponentów oraz przystosowania sterownika do obsługi nietypowych czujników, które coraz częściej występują w nowo budowanych maszynach.

2.1.1. Programowalne sterowniki automatyki PAC

W dobie dynamicznego rozwoju elektroniki i techniki mikroprocesorowej pojawiły się sterowniki PLC, które w pewnym momencie zostały przyjęte jako swego rodzaju standard i występują w większości systemów sterowania maszyn i linii produkcyjnych. Z drugiej strony, zauważono także coraz większe możliwości zastosowań przemysłowych komputerów PC, wynikające z ich uniwersalności, bogatego wyposażenia we wszelkiego rodzaju interfejsy komunikacyjne, większej elastyczności w zakresie programowania, stale rosnącej mocy obliczeniowej, w połączeniu ze stopniowym spadkiem cen. Właśnie wynikiem połączenia tych dwóch trendów jest wyodrębnienie nowej grupy urządzeń w postaci sterowników PAC (ang. Programmable Automation Controller), które w ogólnym zarysie są odpowiednikami sterowników PLC, jednak pod względem budowy oparte są ściśle na technologiach stosowanych w przemysłowych komputerach PC [12].

Nazwa programowalne sterowniki automatyki (z ang. Programmable Automation Controllers – PACs) została zaproponowana w 2001 roku przez Craiga Resnicka, analityka firmy ARC Advisory Group.

Sterowniki PAC należą do grupy wielofunkcyjnych platform sterowania, które dostosowywane mogą być do różnych aplikacji. Ich elastyczność związana jest z użyciem systemu operacyjnego, a nie tylko, jak ma to miejsce w przypadku PLC, platformy sprzętowej z oprogramowaniem wbudowanym.

Wynikające korzyści, związane są zarówno z wymienionymi możliwościami obliczeniowymi, jak też możliwością wykonywania z użyciem jednego urządzenia zadań, do wykorzystania których konieczne było wcześniej użycie kilku podzespołów – np. PLC do sterowania w czasie rzeczywistym czy komputerów przemysłowych do akwizycji, przetwarzania i udostępniania danych. Istotna jest tutaj też możliwość skorzystania z wielu protokołów sieciowych i różnych technologii informacyjnych, w tym bazodanowych.

Biorąc pod uwagę zastosowania, PLC są tradycyjnie kojarzone ze sterowaniem dyskretnym (choć oczywiście mogą być rozszerzane na sterowanie procesami ciągłymi poprzez odpowiednie moduły), podczas gdy PAC mogą być wykorzystywane w aplikacjach integrujących sterowanie dyskretnie, ciągłe i sterowanie napędami. Z tych powodów kontrolery używane będą m.in. do zadań złożonych i wymagających np. precyzyjnego sterowania procesów, jak też zaawansowanych algorytmów przetwarzania danych. Obszarem ich zastosowań są też szybko popularyzujące się w ostatnich latach aplikacje związane z akwizycją i analizą obrazów oraz sterowaniem procesami na tej podstawie.

Programowalne sterowniki automatyki PAC charakteryzują się następującymi cechami:

- wielokryterialna funkcjonalność, rozumiana jako możliwość tworzenia aplikacji różnego rodzaju: sterowania logicznego, sterowania ruchem, napędami oraz regulacji ciągłej, w ramach jednej platformy sprzętowej;
- pojedyncza wielozadaniowa platforma sprzętowa, dzięki której możliwe jest przechowywanie danych procesowych oraz wewnętrznych w jednej, wspólnej dla całości, bazie danych;
- narzędzia programistyczne, dzięki którym możliwe jest projektowanie aplikacji dla wielu maszyn czy procesów;
- otwarta, modułowa architektura, odzwierciedlająca strukturą aplikacje przemysłowe od poziomu maszyn do jednostek zarządzania produkcją fabryki;
- wykorzystanie wielu standardów komunikacji, języków programowania oraz innych, dzięki czemu dane mogą być w prosty sposób wymieniane pomiędzy produktami (systemami) pochodzącymi od wielu dostawców.

Sprzęt, na jakim bazują sterowniki PAC, pod względem technologicznym jest bardzo zaawansowany, umożliwia wykorzystania wszystkich możliwości stawianych przed projektantem jest oprogramowanie. Oprogramowanie sterownika PAC zapewnia stabilność oraz niezawodność systemu operacyjnego czasu rzeczywistego, która jest bardzo istotna podczas obsługi wejść/wyjść, ustalania zależności czasowych oraz priorytetów wykonywania zadań.

Oprogramowanie sterownika PAC dostarcza funkcje, które umożliwiają projektantowi:

- analizę danych, które pochodzą m. in. z systemów wizyjnych,
- sterowanie ruchem,
- rejestrację dużej ilości danych,
- komunikację w sieci urządzeń,
- import kodów programów z innych języków programowania.

Można stwierdzić, że nowa generacja sterowników programowalnych powstała w wyniku coraz bardziej wygórowanych wymagań inżynierów, dla których z jednej strony istotna jest odporność mechaniczna i środowiskowa, stabilność i niezawodność systemu typowego dla PLC, a z drugiej strony bardzo ważna jest wydajność, otwartość i szeroko rozumiana elastyczność – typowa dla komputerów przemysłowych PC [8].

2.2. Magistrale komunikacyjne

Możliwość komunikacji oraz spójna technologia przekazywania informacji stanowi podstawę koncepcji komunikacji systemów automatyki. Współczesne systemy automatyki konstruowane są w oparciu o techniki komputerowe, a ich architektura jest często tworzona na bazie systemów rozproszonych, które tworzą sieci przemysłowe.

Jednak sieć przemysłowa jest siecią specyficzną i różni się znacznie od powszechnie znanej sieci komputerowej. Musi spełniać szereg warunków, które narzuca charakter jej zastosowania. Sieć taką musi cechować niezawodność, odpowiednia szybkość transmisji, duża odległość, na którą można przesyłać informacje, kontrola wykrywania błędów oraz odporność na zakłócenia.

Firma Allen-Bradley (obecnie Rockwell Automation) opracowała i wprowadziła na rynek własne specjalistyczne magistrale komunikacyjne do zastosowań w sterowaniu rozproszonym. Należą do nich: DeviceNet, ControlNet, Data Highway 485 (DH485), Data Highway Plus (DH+), Remote I/O, EtherNet/IP.

2.2.1. DeviceNet

Magistrala DeviceNet jest standardową, magistralą komunikacyjną, wynalezioną przez Rockwell Automation w 1993 roku, dedykowaną do łączenia kontrolerów przemysłowych takich, jak sterowniki swobodnie programowalne PLC z odległymi urządzeniami stanowiącymi interfejs pomiędzy systemem a obiektem sterowania. Urządzeniami takimi mogą być zdalne stacje wejść/wyjść wyposażone w moduły wejść/wyjść cyfrowych i analogowych. Mogą to być także pojedyncze czujniki podłączone bezpośrednio do magistrali komunikacyjnej sieci DeviceNet i dostarczające binarnej informacji o obiekcie, jak również urządzenia wykonawcze pozwalające na realizację sterowania obiektem.

Przy użyciu sieci DeviceNet może być realizowana komunikacja „peer to peer”, multimaster oraz master – slave. Magistrala ta jest siecią typu Producent-Konsument. W tego typu sieciach występują urządzenia będące „producentami” wartości zmiennych transmitowanych z użyciem magistrali komunikacyjnej (na przykład położenie zaworu, przepływ itp.) oraz „konsumentami” tych wartości.

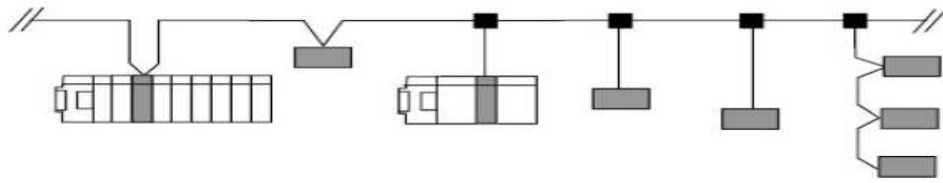
Każda zmienna musi mieć dokładnie jednego producenta oraz może mieć wielu konsumentów. Do magistrali tej sieci może być podłączonych do 64 abonentów. W sieci DeviceNet wyróżnia się ponadto co najmniej jednego abonenta często nazywanego masterem sieci. Abonent ten jest odpowiedzialny za nadzorowanie procesem wymiany informacji poprzez odpowiednie odpytywanie pozostałych abonentów sieci i odsługiwanie żądań komunikacji przez nich wysyłanych.

Warstwę fizyczną magistrali komunikacyjnej DeviceNet stanowią dwie skręcone pary przewodów w ekranie. Jedna z par jest wykorzystywana do komunikacji pomiędzy urządzeniami. Druga para stanowi źródło zasilania abonentów sieci. Maksymalna długość magistrali komunikacyjnej jest uzależniona od częstotliwości jej pracy i wynosi do:

- 500m przy prędkości transmisji 125kb/s,
- 250m przy prędkości transmisji 250kb/s,
- 125m przy prędkości transmisji 500kb/s.

Na magistrali komunikacyjnej mogą występować odgałęzienia. Maksymalna długość pojedynczego odgałęzienia wynosi 6m. Suma długości wszystkich odgałęzień jest uzależniona od częstotliwości pracy magistrali i wynosi 156, 8 oraz 39m dla odpowiednio 125, 250 oraz 500kb/s.

Przykładowa topologia sieci została przedstawiona na Rys.2.



Rys. 2. Przykład topologii sieci DeviceNet

Niezwykle istotne w przypadku magistrali sieci DeviceNet jest umieszczenie na jej końcach odpowiednich rezystorów terminujących. Bez ich zastosowania nie będzie możliwa poprawna komunikacja pomiędzy urządzeniami sieci.

Protokół komunikacyjny bazuje na specyfikacji sieci CAN 2.0A, z której została zaczerpnięta warstwa fizyczna i warstwa liniowa. Dodatkowo precyzowana jest warstwa aplikacji.

Warstwa fizyczna przedstawia fizyczne i elektryczne parametry magistrali i sprzętu, którego zadaniem jest zmiana wartości bitów poszczególnych ramek na odpowiadające im sygnały elektryczne i odwrotnie.

Zgodnie ze standardem CAN, na którym została oparta magistrala DeviceNet, sposobem w jaki koduje się bity jest NRZ (ang. Non Return to Zero), który oznacza, że wartości konkretnego bitu odpowiada stała wartość na magistrali trwającej przez całe okno czasowe.

Przesyłanie sygnałów po magistrali realizowane jest w sposób synchroniczny, pozwalające na osiągnięcie lepszej wydajności, lecz wymaga użycia wyrafinowanej metody synchronizacji. Algorytm rozstrzygania dostępu do magistrali komunikacyjnej wymusza użycia jednego na tyle dużego okna czasowego, aby pozwoliło na wystawienie bitu na linię, przesłanie go do najbardziej oddalonego węzła i jego powrót do węzła początkowego.

Warstwa łącza danych jest jedyną warstwą, która może rozpoznać i analizować format wiadomości w znanych ramkach. Buduje ona ramki, które są następnie przekazywane do warstwy fizycznej i dekoduje warstwy powracające. Każda ramka posiada swój własny unikatowy identyfikator, który definiuje zawartość i priorytet wiadomości (Rys.3.).



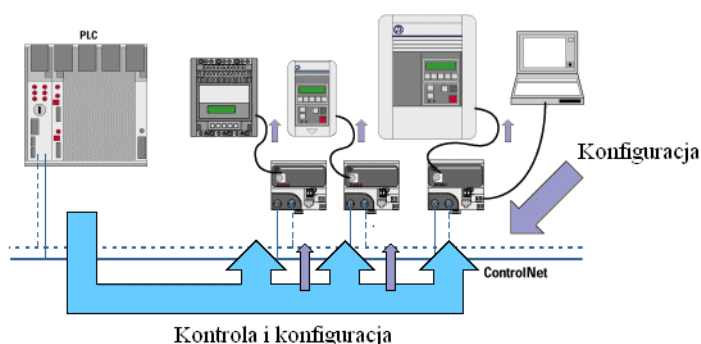
Rys. 3. Format ramki CAN

Komunikacja w sieci DeviceNet opiera się zatem na transmisji komunikatów. Możemy je podzielić na dwa rodzaje: komunikaty *explicite* (komunikat zapytanie - odpowiedź), który służy do przesyłania informacji dotyczących konfiguracji poszczególnych abonentów sieci lub danych niekrytycznych czasowo oraz na komunikaty *implicit* (komunikaty I/O), które są wykorzystywane do komunikacji w czasie rzeczywistym.

2.2.2. ControlNet

Magistrala ControlNet firmy Allen-Bradley jest siecią sterującą dedykowaną dla aplikacji wymagających wysokiej przepustowości dostępu do danych w czasie rzeczywistym. Magistrala jako szybkie łącze pomiędzy sterownikami a urządzeniami we/wy, łączy w sobie możliwości istniejącej sieci Universal Remote I/O i DH+. Do sieci ControlNet użytkownik może podłączyć różne urządzenia w tym: komputery osobiste, sterowniki, panele operatorskie, napędy, moduły we/wy i inne urządzenia z łączem ControlNet.

Przykładowa topologia sieci została przedstawiona na Rys.4.



Rys. 4. Przykład topologii sieci ControlNet

W warstwie sterowania, magistrala łączy w sobie funkcjonalność sieci obiektowej we/wy i sieci komunikacyjnej typu partnerskiego. Ta otwarta magistrala, posiada dostateczną wydajność do sterowania i obsługi krytycznych danych, jak uaktualnianie we/wy i zblokowanie wymiany informacji sterownik - sterownik. Jest ona szeregowym systemem do transmisji danych krytycznych czasowo. Dane oznaczone jako krytyczne (planowane ang. scheduled), wykorzystywane są do przesyłania krytycznych czasowo danych i zapewniają deterministyczny, powtarzalny ich transfer.

Magistrala ControlNet umożliwia również przesyłanie danych, które nie są krytyczne czasowo (nieplanowane ang. unscheduled Data) takich jak konfiguracja czy parametry. Oba

typy transmisji są wpisane w cykl magistrali. Cykl ten jest tak dobrany, że dane krytyczne i ostatnia wiadomość niekrytyczna są przesyłane w jednym cyklu. Magistrala ControlNet posiada wiele zalet, do których możemy zaliczyć:

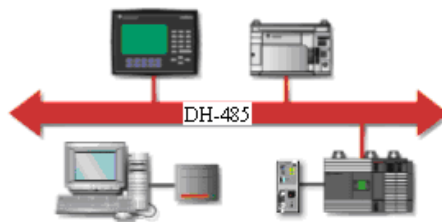
- Dostarczanie możliwości komunikacji typu master/slave i peer-to-peer,
- Obsługiwanie Modelu Producent / Konsument (Producer / Consumer) co pozwala na konfigurowanie urządzenia, sterowanie i zbieranie informacji poprzez jedną sieć,
- Zapewnianie powtarzalności i determinizmu przesyłania informacji,
- Umożliwianie redundancji wszystkich elementów sieci,
- Dawanie pełnych możliwości diagnostyki sieci i podłączonych do niej urządzeń,
- Umożliwianie podłączenia sieci Fieldbus i DeviceNet oraz wymiany danych z ich urządzeniami,
- Pozwolenie na podłączenie modułów Ex (Flex Ex).

Magistrala ControlNet jest zdeterminowaną czasowo magistralą procesową o szybkości transmisji 5 Mbitów/sek. Długość segmentu magistrali, przy użyciu przewodu miedzianego, wynosi 1 kilometr. Długość ta może być zwiększona do 6 kilometrów poprzez zastosowanie repeater'ów. Wykorzystując przewody światłowodowe uzyskuje się znacznie większe odległości. Jako magistrali używa się najczęściej standardowego przewodu RG – 6.

2.2.3. Data Highway 485 (DH485)

Magistrala Data Highway 485 (DH485) jest lokalną magistralą przemysłową, dedykowaną dla wszelkich aplikacji, gdzie wykorzystywane są sterowniki serii MicroLogix 1000/1500 lub SCL500.

Magistrala Data Highway 485 (DH485) pozwala na łączenie szerokiej gamy urządzeń służących do monitorowania i sterowania pracą urządzeń lub instalacji. Jest to typowa magistrala peer – to – peer. Przykładowa topologia sieci została przedstawiona na Rys.5.



Rys. 5. Przykład topologii sieci Data Highway 485 (DH485)

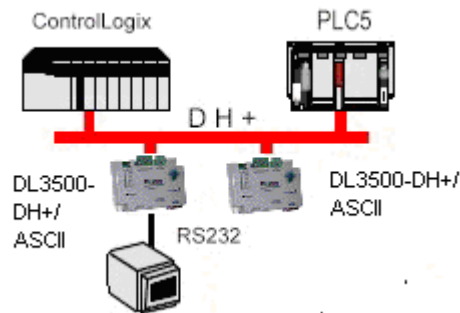
Do głównych parametrów, które charakteryzują magistralę Data Highway 485 możemy zaliczyć:

- prędkość transmisji: 19,2 kbit/s,
- długość segmentu sieci: 1200 – 2400 metra,
- maksymalna ilość węzłów w sieci: 32,
- typ przewodu: podwójna skrętka ekranowana 1747 – CD lub światłowód.

2.2.4. Data Highway Plus (DH+)

Magistrala Data Highway Plus (DH+) to lokalna magistrala przemysłowa, wykorzystywana do aplikacji, gdzie nie jest wymagana wysoka przepustowość.

Magistrala Data Highway Plus (DH+) podobnie jak magistrala Data Highway 485 pozwala na łączenie szerokiej gamy urządzeń służących do monitorowania i sterowania pracą urządzeń lub instalacji. Jest to typowa sieć peer – to – peer. Posiada prostą konfigurację poszczególnych elementów sieci jak i wymiany danych. Występują tu sterowniki sieciowe dla różnych platform komputerowych oraz oprogramowanie diagnostyczne, które w znacznym stopniu ułatwia uruchomienie sieci i jej eksploatację. Przykładowa topologia sieci została przedstawiona na Rys.6.



Rys. 6. Przykład topologii sieci Data Highway Plus (DH+)

Do głównych parametrów, które charakteryzują magistralę Data Highway Plus możemy zaliczyć:

- prędkość transmisji: 57,6 lub 230 kbit/s,
- długość segmentu sieci: 3000 m dla 57,6 kbit/s oraz 750m dla 230 kbit/s,
- maksymalna ilość węzłów w sieci: 64,
- typ przewodu: skrętka ekranowana 1770– CD lub światłowód.

2.2.5. Remote I/O

Magistrala Remote I/O (RIO) jest siecią niskiego poziomu, która realizuje połączenia pomiędzy urządzeniami przemysłowymi (takimi jak wyspy zaworowe, przemienniki częstotliwości bloki I/O, panele operatorskie itp.) i urządzeniami wyższego poziomu (takimi jak sterowniki PLC i komputery). Jest siecią typu master/slave, która pozwala na redukcję kosztów połączeń poprzez zastosowanie rozproszonych modułów I/O.

Do głównych parametrów, które charakteryzują magistralę Remote I/O możemy zaliczyć:

- prędkość transmisji: 57,6 ; 115,2; 230 kbit/s,
- długość: 3000m dla 57,6 kbit/s i 750m dla 230 kbit/s,
- maksymalna ilość węzłów w sieci 32 adaptory i 1 skaner,
- typ przewodu: skrętka ekranowana 1770-CD lub opcjonalnie światłowód,
- sposób wymiany danych: Master/Slave.

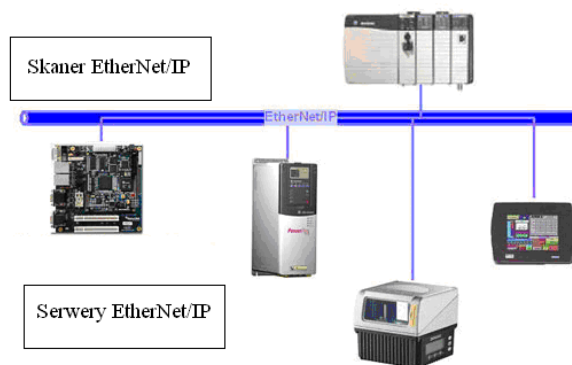
2.2.6. EtherNet/IP

EtherNet/IP jest przemysłowym standardem, który specyfikuje kombinację składników Ethernetu, użycie protokołów TCP/IP i UDP/IP, Control and Information Protocol i standardów pochodzących z sieci przemysłowych. Jedną z najważniejszych zalet protokołu w porównaniu z innymi typami sieci jest fakt, że on sam wyznacza standardy, a nie tylko bazuje na standardach. Korzysta on ze standardowego sprzętu, standardowych przełączników i standardowych narzędzi do zarządzania. Inne protokoły korzystają z technologii bazujących na standardach, ale im głębiej się wnika w ich strukturę, tym bardziej wyraźna staje się ich niestandardowa natura. Dzięki swej standardowej architekturze protokołów EtherNet/IP ułatwia łączenie ze sobą w jednej sieci systemów transakcyjnych, wspomagania decyzji i pracujących w czasie rzeczywistym systemów produkcyjnych: wszelkie wymagania można spełnić przy użyciu katalogowych komponentów, podczas gdy inne rozwiązania wymagają układów elektronicznych konstruowanych na zamówienie.

Topologie sieci Ethernet tworzy się za pomocą przełączników, z których wiele jest wyposażonych w specjalne, rozwijane od wielu lat funkcje. Spośród nich należy wymienić:

- Quality of Service (QoS), usługę umożliwiającą przydzielanie pakietom priorytetu transmisji,
- dublowanie portów, dzięki któremu można diagnozować problemy na jednym z portów przełącznika, podłączając instrumenty diagnostyczne do innego portu w celu podglądania ruchu pakietów,
- funkcje zabezpieczeń,
- obsługę komunikatów IGMP, które pozwalają kierować pakiety rozgłaszane tylko do właściwych węzłów sieci oraz cały szereg dodatkowych funkcji.

Przykładowa topologia sieci została przedstawiona na Rys.7.



Rys. 7. Przykład topologii sieci EtherNet/IP

EtherNet/IP ma na tyle bogatą funkcjonalność, że sprawdza się w bardzo szerokim spektrum zastosowań. Dzięki temu góruje nad większością protokołów konkurencyjnych pod względem elastyczności, ponieważ EtherNet/IP pozwala przesyłać zarówno sygnały sterujące, jak i dane, dzięki czemu stwarza on możliwość skonsolidowania infrastruktury komunikacyjnej przedsiębiorstwa.

Podstawową przyczyną, dla której firmy produkcyjne decydują się na ten rodzaj magistrali nie jest jej podobieństwo do sieci przemysłowych, lecz posiadanie przez nią nowych możliwości. Są to między innymi: transmisja głosu i obrazu, zróżnicowana topologia, łatwość integracji z systemem informatycznym, możliwość zdalnego zarządzania, łatwość łączenia z Internetem oraz elastyczny system bezpieczeństwa, a wszystko to niezależnie od obsługi systemu automatyki przemysłowej w czasie rzeczywistym.

2.3. Systemy nadzorujące w rozproszonych systemach sterowania

Wiele czynników występujących w środowisku produkcyjnym powoduje, iż praca maszyn nie zawsze może przebiegać w ten sam sposób. Zmieniają się wielkości zamówień na produkty oraz receptury. Niekiedy zmieniają się także warunki, w których zachodzi proces - pojawiają się nowe źródła zakłóceń, które należy szybko kompensować dla utrzymania stałej jakości wytwarzania. Nie wszystko można zrealizować poprzez sterowanie automatyczne.

Bardzo często niezbędna jest ingerencja personelu przy doborze nastaw, formułowaniu receptur, uruchamianiu procesu czy też synchronizacji pracy maszyn znajdujących się na hali. Wymaga to nadrzędnej w stosunku do sterowania bezpośredniego kontroli wykonywania algorytmów sterowania. Możliwość modyfikacji i monitorowania nastaw, receptur i zadań

pozwała na zwiększenie elastyczności produkcji - zwiększa znacznie zdolność do szybkiej reakcji na zmianę zapotrzebowania na daną wersję produktu, usprawnia nadzór pracy maszyn, pozwala na szybką diagnozę błędów i awarii oraz dostrajanie parametrów produkcji w celu zwiększenia wskaźników jakościowych.

Prym na rynku rozwiązań informatycznych do zarządzania operacyjnego w czasie rzeczywistym oraz systemów w zakresie: nadrzędnej wizualizacji procesów HMI, GeoSCADA, rozwiązań mobilnych, zarządzania produkcją, MES, zarządzania wydajnością, EMI oraz integracji z systemami zarządzania zasobami, zarządzania łańcuchem dostaw i aplikacjami ERP wie firma Wonderware.

2.3.1. Systemy HMI/SCADA

Systemy HMI/SCADA (ang. Human Machine Interfece/Supervisory Control and Data Acquisition) pełnią funkcję narzędzi służących do nadzoru przebiegu procesu technologicznego lub produkcyjnego. Ich działanie polega na pobieraniu aktualnych wartości parametrów procesu ze sterowników PLC obsługujących linie produkcyjne oraz wysyłaniu do systemu automatyki poleceń wydawanych przez operatora. Dzięki funkcjom sterowania nadrzędnego i wizualizacji procesów, zawartym w systemach HMI/SCADA, operator zyskuje możliwość monitorowania przebiegu produkcji oraz modyfikacji receptur i generalnych nastaw. Dodatkowo aplikacje tego typu umożliwiają zapis wartości historycznych parametrów technologicznych procesu w specjalnie przystosowanej do tego bazie danych. Niekiedy również pozwalają na ręczne prowadzenie cykli produkcyjnych z poziomu stacji operatorskiej.

Przykładowa topologia systemu została przedstawiona na Rys.8.



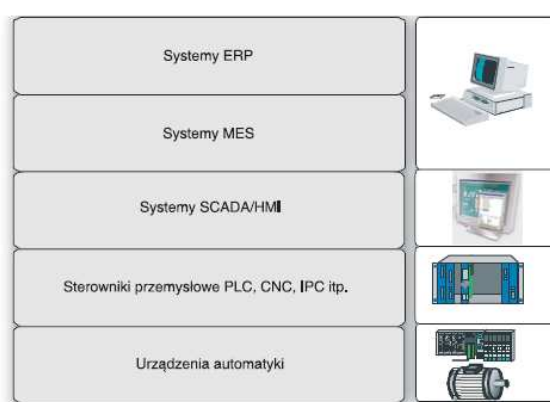
Rys.8. Przykład topologii systemu HMI/SCADA

Zastosowanie takich systemów pozwala gromadzić w jednym miejscu informacje pochodzące z urządzeń automatyki całej hali przemysłowej lub budynku. Dane te mogą być prezentowane w postaci ekranów synoptycznych zawierających wskazania i animacje nałożone na schemat automatyki. W zależności od potrzeb stosuje się różne formy graficznej prezentacji danych – od zwykłych wskazań liczbowych poprzez wykresy przebiegów czasowych zbieranych sygnałów aż po ekrany synoptyczne zawierające schemat automatyki z nałożonymi wskazaniami wartości odpowiednich parametrów. Systemy HMI/SCADA gromadzą w jednym miejscu informacje z całej hali lub budynku. Dzięki temu personel jest w stanie dużo szybciej podejmować decyzje dotyczące koniecznych zmian parametrów technologicznych czy też konieczności rozpoczęcia interwencji w przypadku sytuacji awaryjnych. Takie systemy są znakomitą rozszerzeniem funkcji lokalnych paneli operatorskich o możliwość nadzorowania procesów z zasięgiem globalnym.

Konieczność obniżania kosztów, podwyższania jakości i możliwości szybkiej reakcji na potrzeby rynku zmusza firmy do ulepszania systemów automatyzacji produkcji. Aby usprawnianie procesu technologicznego (a w szczególności szybkie lokalizowanie i usuwanie występujących w nim nieprawidłowości) było w ogóle możliwe, potrzebna jest szczegółowa wiedza o jego przebiegu. Na tę wiedzę składa się cały szereg informacji o pracy poszczególnych urządzeń, przepływie materiałów, wartościach pomiarów rozmaitych parametrów procesu itp. Pozyskiwanie i gromadzenie tych informacji w realiach dzisiejszego zakładu przemysłowego na ogół nie jest proste. Wpływ na to ma jeden podstawowy czynnik - rozwój technologii, który powoduje gwałtowny wzrost stopnia skomplikowania procesów, zwiększenie ich szybkości, przy jednoczesnym wzroście wymagań odnośnie jakości i

dokładności ich realizacji. Stąd też niezbędne są odpowiednie systemy informatyczne, zapewniające efektywne gromadzenie i wygodne udostępnianie pożądaných informacji.

W systemach współczesnego sterowania można wyróżnić pewne poziomy funkcjonalne. Najniższy poziom obejmuje sterowanie przebiegiem produkcji (np. układy sterowania PLC - Programmable Logic Controllers i CNC - Computerized Numerical Control). Poziom drugi to zbieranie danych z procesu i ich wizualizacja HMI/SCADA. Poziom trzeci to systemy zarządzania produkcją i śledzenie jej przebiegu typu MES (Manufacturing Execution System). Poziom czwarty to system zarządzania i planowania zasobów całego przedsiębiorstwa ERP (Enterprise Resource Planning) (Rys.9.).



Rys.9. Systemy informatyczne przedsiębiorstwa produkcyjnego

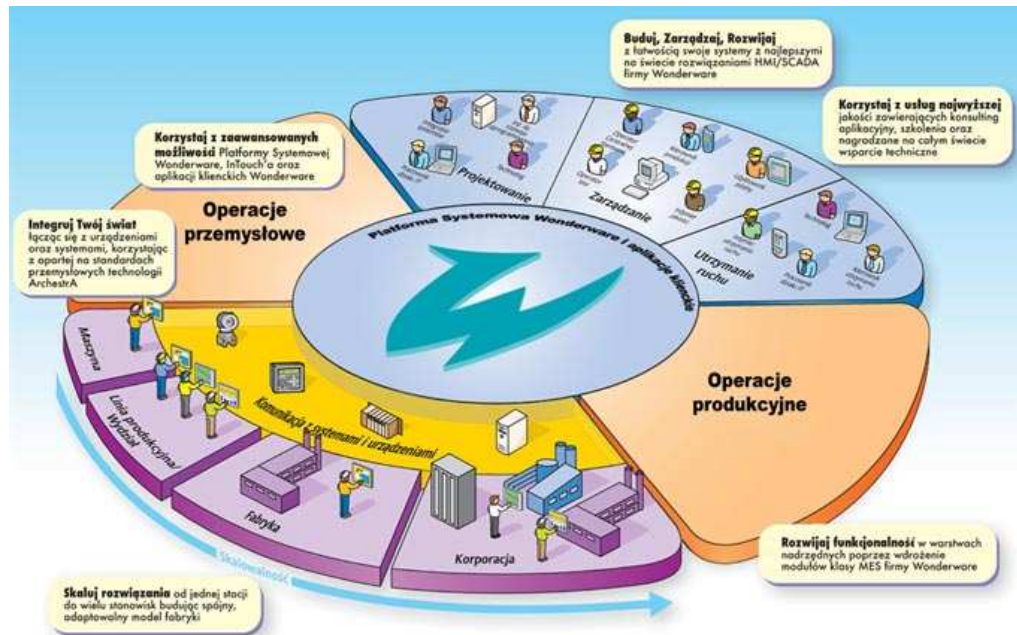
Architektura systemów SCADA jest konfigurowalna w zależności od producenta i wymogów aplikacji. W prostych aplikacjach system wizualizacji instalowany jest na jednym komputerze i operatorzy mają monitoring procesu, w bardziej zaawansowanych instalacjach system jest instalowany w architekturze klient-serwer, gdzie bazy danych instalowane są na jednym komputerach (serwerach), a aplikacja wizualizacji (monitoring, sterowanie) na komputerach operatorów. W zależności od ustawień każdy operator może mieć dostęp do określonych danych i możliwości sterowania (np. operator ma dostęp tylko do monitoringu, technolog może również parametryzować proces itd.).

2.3.2. Platforma Systemowa Wonderware

Platforma Systemowa Wonderware to jednolita platforma składająca się z zestawu usług oraz aplikacji opartych o technologię ArchestrA, która pozwala w efektywny sposób

tworzyć oraz rozwijać rozproszone aplikacje przemysłowe na wielu poziomach zarządzania informacją. Ten modułowy system obejmuje zarówno komunikację z urządzeniami produkcyjnymi, warstwy pośrednie zarządzania informacją z produkcji jak i warstwę integracji z systemami ERP.

Przykładowa topologia Platformy Systemowej Wonderware została przedstawiona na Rys.10.



Rys. 10. Przykład topologia Platformy Systemowej Wonderware [14]

Wykorzystując i rozbudowując możliwości technologii systemów operacyjnych, daje możliwość stosowania w swoich aplikacjach elementów infrastruktury:

- Środowisko projektowania aplikacji przemysłowych,
- Usługi zarządzania aplikacją w całej sieci (Deployment Services),
- Zaawansowane usługi tworzenia logiki w oparciu m.in. o język programowania zgodny z NET,
- Sieciowy system zarządzania alarmami i zdarzeniami przemysłowymi,
- Sieciowy system archiwizacji danych produkcyjnych dla tworzenia aplikacji zapewniających wysoką dostępność danych historycznych,
- Integracja z systemami automatyki (PLC, regulatory, DCS, liczniki i urządzenia z możliwościami komunikacyjnymi i inne),

- Zarządzanie komunikacją pomiędzy obiektami i systemem zarządzania nazwami obiektów,
- Usługi zarządzania wersjami obiektów,
- Scentralizowany system zarządzania bezpieczeństwem aplikacji przemysłowej,
- Scentralizowany system diagnostyki aplikacji i usług w całej sieci,
- Edytor graficzny dla aplikacji HMI/SCADA,
- Usługi dla tworzenia raportów przemysłowych,
- Wsparcie dla standardów OPC, .NET, SQL.

Platforma Systemowa Wonderware jest to zestaw komponentów, który udostępnia użytkownikowi funkcje do efektywnego budowania elastycznych i skalowalnych aplikacji przemysłowych (Rys.11.).



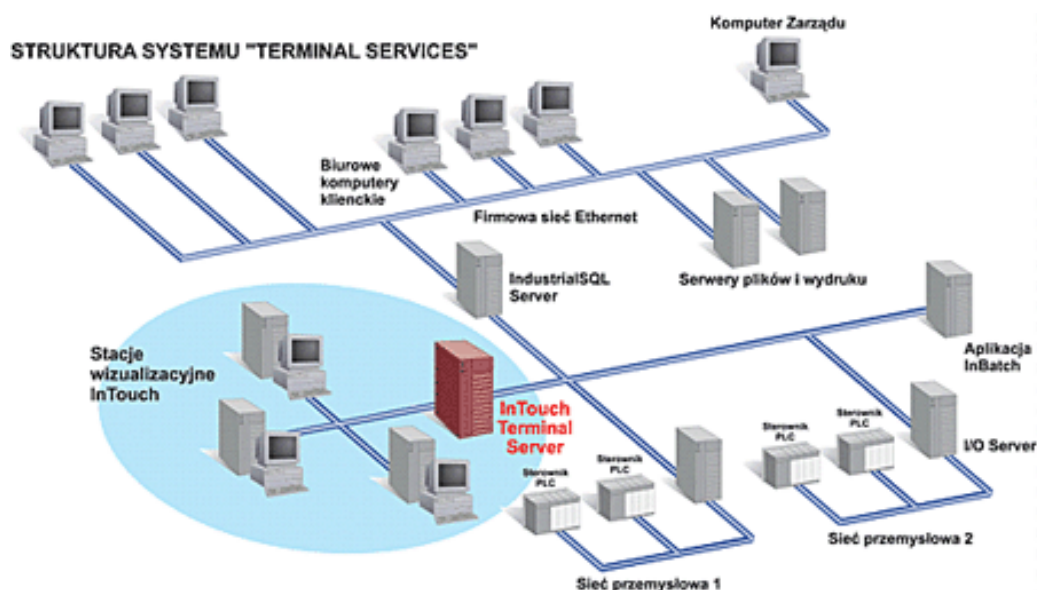
Rys. 11. Przykładowy zestaw komponentów dla Platformy Systemowej Wonderware [14]

2.3.3. Oprogramowanie WONDERWARE INTOUCH

InTouch to przemysłowe oprogramowanie zaprojektowane do wizualizacji oraz kontroli procesów produkcyjnych, w pełni zgodny z wytycznymi dla systemów klasy SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) oraz HMI (Human-Machine-Interface). Oferuje łatwe w użyciu i intuicyjne środowisko do projektowania aplikacji oraz rozległą funkcjonalność umożliwiającą szybkie projektowanie, testowanie oraz wdrażanie wartościowych systemów udostępniających użytkownikom dane bezpośrednio z systemów sterownia i produkcji. InTouch to także otwarte i elastyczne oprogramowanie, umożliwiające dostosowanie aplikacji do aktualnych potrzeb przy zachowaniu szerokiego wachlarza połączeń z urządzeniami oraz systemami spotykanymi w przemyśle.

Dzięki koncepcji budowania aplikacji z gotowych, łatwo konfigurowalnych elementów jak obiekty graficzne, obiekty analiz stanów alarmowych czy archiwizacja i wyświetlanie historii parametrów procesowych, maleje czas oraz koszty uruchomienia systemu wizualizacji produkcji, sterowania i analizy procesu.

Przykładowa topologia sieci została przedstawiona na Rys.12.



Rys. 12. Przykład topologii sieci z wykorzystaniem oprogramowania WONDERWARE INTOUCH [14]

Oprogramowanie wykorzystywane jest do prostych aplikacji jednostanowiskowych, rozproszonych systemów sieciowych o architekturze klient – serwer, oraz do systemów, które korzystają z Platformy Systemu Wonderware (ang. Wonderware System Platform) lub z Usług Terminalowych (ang. Terminal Services).

Aby przedstawić proces produkcyjny w formie graficznej, oprogramowanie InTouch zapewnia nam wiele narzędzi do rysowania obiektów, a taką możliwość importowania plików graficznych z innych programów.

Dzięki integracji oprogramowania z platformą przemysłową ArchestrA, która oparta jest na technologii .NET firmy Microsoft, umożliwia tworzenie rozbudowanych aplikacji wizualizacyjnych, które pracują w systemie rozproszonym, bez konieczności duplikowania logiki działania systemu na wszystkich stacjach operatorskich. Platforma oferuje ponad 500 gotowych obiektów graficznych, z których można wykonać szablony obiektów graficznych, dzięki którym istnieje możliwość propagacji zmian dokonywanych w szablonach na wszystkie obiekty, wykonane z tych szablonów. Oprogramowanie odciąża projektantów od modyfikacji aplikacji na każdej ze stacji roboczej, na rzecz modyfikacji systemu na serwerze aplikacyjnym. Każdy użytkownik otrzymuje dzięki temu stabilny i pewny w działaniu spójny i integralny system.

W oprogramowaniu Wonderware InTouch możliwe jest stosowanie trzech poziomów dostępu:

- Aplikacyjny poziom dostępu – użytkownicy posiadają własne hasła , mają nadany poziom dostępu, który decyduje o tym jakie informacje są dla nich widoczne lub mogą być przez nich modyfikowane;
- Systemowy poziom dostępu – pozwala przydzielać dostęp na poziomie kontrolera domeny lub lokalnego komputera, który bazuje na identyfikatorze użytkownika lub grupy użytkowników. Tworzy się dzięki temu zintegrowany system bezpieczeństwa, który w znacznym stopniu ułatwia zarządzanie prawami dostępu użytkowników i administrację hasłami;
- Poziom dostępu ArchestrA – jeżeli użytkownicy posiadają system architektury Wonderware Industrial Application Server mogą korzystać z pełni rozbudowanego systemu bezpieczeństwa.

3. Układy sterowania firmy Rockwell

Od każdej firmy oczekuje się dzisiaj efektywności, wydajności i rentowności. Reguły współczesnej, globalnej ekonomii zmuszają do osiągania coraz lepszych wyników przy coraz bardziej ograniczonych zasobach. Szybko zmieniające się potrzeby rynkowe wymagają skrócenia cykli produkcyjnych, zmniejszenia woluminów partii, lepszego dostosowania produkcji do potrzeb klienta, wyższej jakości oraz ograniczania kosztów.

Obowiązujące przepisy określają rygorystyczne normy w zakresie przebiegu procesów, bezpieczeństwa i sprawozdawczości. Konieczne jest koordynowanie pracy między działami inżynieryjnymi, utrzymania ruchu, operacyjnym i zarządem. Istniejące wyzwania wymagają szybkich decyzji. Nie dość tego, aby zagwarantować zgodność z normami i konkurencyjność, trzeba mieć pewność, że dostawcy surowców, technologii i usług sami działają według należytych standardów. Sukces na dzisiejszym globalnym rynku wymaga posiadania rozległej perspektywy na całość działania firmy.

Rockwell Automation, globalny lider w dziedzinie zintegrowanych technik automatyzacji i produkcji, oferuje zaawansowany system kontroli i sterowania, obejmuje całość procesów produkcyjnych, czyli odbiór i wydawanie materiałów, łączenie w partie i miksy, procesy przetwórcze, pakowanie, dostawy i obsługę systemów informatycznych.

Firma oferuje kompletne systemy automatyzacji na które składają się produkty znanych od lat i sprawdzonych marek. Producenci wchodzący w skład Rockwell Automation (Allen-Bradley, Reliance Electric, Dodge i Rockwell Software) oferują łącznie ponad 500000 wyrobów. Firma posiada okazały dorobek w dziedzinie podwyższania sprawności przedsiębiorstw, zapewniając przy tym ochronę inwestycji w automatykę i systemy produkcyjne. Kontynuacją ponadstuletniej już tradycji jest wykonanie Architektury Zintegrowanej, czyli najnowszej generacji informatycznej systemów automatyki przemysłowej. Architektura Zintegrowana stanowi istotny krok naprzód w technologii sterowania i informatyzacji, zapewniając platformę sterowania procesami o niezrównanych możliwościach w skali całego zakładu.

Rockwell Automation udowodniła, że jedynie prawdziwie zintegrowane podejście może pomóc przedsiębiorstwom wykorzystać bogactwo wiedzy, możliwości i wydajność, jakie oferuje ich infrastruktura przemysłowa, o ile firmy te oferują poszczególne produkty, specjaliści oraz ich partnerzy realizują aplikacje, wykonują ekspertyzy przemysłowe, służą

bezpośrednią pomocą oraz świadczą usługi związane z integracją systemów. Pozwala to na zwiększenie opłacalności inwestycji dotyczących automatyki.

3.1. Sterowniki

Sterowniki przemysłowe Rockwell Automation stanowią kompleksową ofertę dla każdej gałęzi przemysłu. Najnowsze rozwiązania, wsparcie techniczne i różnorodność systemów, jak również zgodność z normami IEC 61131-3 powodują że marka Allen-Bradley cieszy się powodzeniem wśród użytkowników. Do najczęściej wykorzystywanych sterowników możemy zaliczyć serie MicroLogix, FlexLogic, CompactLogix i ControlLogix.

3.1.1. Seria MicroLogix

Rodzina sterowników MicroLogix przeznaczona jest dla małych i średnich aplikacji. Do podstawowych cech tej serii możemy zaliczyć:

- budowę modułową z możliwością rozbudowy o dodatkowe wejścia/ wyjścia,
- wbudowane porty RS-232,
- komunikację poprzez DF1, DH485, Modbus RTU oraz EtherNet/IP,
- programowanie online lub offline w języku drabinkowym w programie RSLogix 500.

3.1.2. Seria FlexLogix

Rodzina sterowników FlexLogix przeznaczona jest dla małych i średnich aplikacji. Do podstawowych cech tej serii możemy zaliczyć:

- łatwe dystrybuowanie lokalnych wejść / wyjść w pobliżu sensorów i elementów wykonawczych,
- możliwość połączenia w sieć i stanowienie systemu rozproszonego sterowania złożonym obiektem,

- szeroką listę instrukcji,
- zadaniowy model programu (max 8 zadań),
- wykorzystanie pakietu narzędziowego RSLogix5000,
- możliwość obsługi 8 lokalnych modułów I/O, 8 rozszerzających modułów I/O, 32 połączenia za pomocą kart komunikacyjnych ControlNet lub EtherNet/IP (jeden procesor może obsługiwać dwie karty komunikacyjne), 496 bajtów wejściowych i 492 bajtów wyjściowych przez sieć DeviceNet.

3.1.3. Seria CompactLogix

Rodzina sterowników CompactLogix przeznaczona jest dla małych i średnich aplikacji. Do podstawowych cech tej serii możemy zaliczyć:

- budowę modułową,
- niewielkie wymiary,
- dużą gamę procesorów z pamięcią od 0.5 do 2MB,
- moduły rozszerzeń – do 30 modułów,
- obsługę osi oraz komunikację z większością sieci przemysłowych,
- zastosowanie w aplikacjach maszynowych,
- szeroką listę instrukcji,
- zadaniowy model programu (max 8 zadań),
- możliwość tworzenia klas zmiennych,
- programowanie online w oprogramowaniu RSLogix 5000.

3.1.4. Seria ControlLogix

Rodzina sterowników ControlLogix przeznaczona jest dla małych i średnich aplikacji. Do podstawowych cech tej serii możemy zaliczyć:

- szeroką listę instrukcji,
- zadaniowy model programu (max 32 zadań),

- możliwość użycia wielu procesorów w jednej kasecie,
- procesory i moduły w systemie RIUP (wymiana pod napięciem),
- nowoczesne i wydajne rozwiązania sieciowe,
- mechanizm producent/konsument,
- możliwość tworzenia klas zmiennych,
- możliwość tworzenia systemu redundantnego,
- wykorzystanie pakietu narzędziowego RSLogix5000,
- szeroką listę modułów z możliwościami diagnostyki obiektu,
- łatwe tworzenie aplikacji sekwencyjnych, procesowych, sterowania ruchem, osiami oraz napędami,
- łatwe projektowanie i modyfikację.

3.2. Oprogramowanie systemów sterowania

Oprogramowaniem, które jest wykorzystywane do programowania i obsługi urządzeń firmy Rockwell Automation, zajmuje się firma Rockwell Software, która zwiększa zakres obsługi z poziomu urządzeń do poziomu systemów przemysłowych. Dostępne oprogramowanie korzysta z najnowszych, otwartych platform programowych. Przy konfiguracji systemów najczęściej korzysta się z oprogramowania RSLinx – nawiązanie komunikacji pomiędzy wszelkimi urządzeniami, RSLogix 500 lub RSLogix 5000 - obsługa, konfiguracja, oprogramowanie i zespoleńca całego rozproszonego systemu sterowania w całość.

3.2.1. RSLinx

RSLinx jest to kompletny serwer komunikacyjny, który pozwala na połączenia pomiędzy sterownikami a dodatkowym oprogramowaniem oferowanym przez Rockwell Software (RSLogix 5, RSLogix 500, RSLogix 5000, RSView32). Dodatkowym atutem oprogramowania jest możliwość dołączenia oprogramowania wizualizacyjnego, programów do akwizycji danych lub innych programów.

RSLinx pozwala na przeglądanie wszystkich aktywnych połączeń sieciowych. Natomiast wykorzystując różne interfejsy komunikacyjne, jest w stanie jednocześnie uruchomić dowolną kombinację programów użytkowych.

Oprogramowanie RSLinx udostępnia najszybsze, zoptymalizowane interfejsy typu OPC, DDE, oraz posiada możliwość tworzenia własnych w językach C/C++. Wraz z użyciem programu, użytkownik otrzymuje możliwość obsługi systemu, usuwania usterek w sieci oraz zestaw narzędzi diagnostycznych do sieci stacji lokalnych i połączeń OPC/DDE.

3.2.2. RSLogix 500

RSLogix 500 jest to pakiet oprogramowania, który wykorzystywany jest do tworzenia programów drabinkowych. Pozwala na oszczędność czasu przy wykonywaniu opracowania, zwiększenie wydajności oraz maksymalizację efektów. Program został wykonany dla 32 bitowych systemów operacyjnych Windows 95 oraz Windows NT i wykorzystywany jest przy obsłudze sterowników serii SLC 500 oraz MicroLogix. Jest to pierwszy program dla sterowników programowalnych PLC, który umożliwia osiągnięcie nieosiągalnej wcześniej wydajności. Przeznaczony jest do interfejsów operatorskich wykorzystywanych w przemyśle.

Budowanie programów w RSLogix 500 jest kompatybilne z pracującymi w środowisku DOS preferowanymi sterownikami, dzięki czemu dostępna jest duża prostota obsługi przy wykorzystaniu różnych platform sprzętowych. Oprogramowanie oferuje:

- intuicyjny okienkowy interfejs użytkownika,
- funkcję ciągnij-upuść, wytnij-wklej,
- łatwą konfigurację wejść/wyjść i komunikacji,
- programowanie symboliczne w języku drabinkowym LD,
- edycję on-line,
- zaawansowane funkcje diagnostyczne,
- interaktywną pomoc.

3.2.3. RSLogix 5000

RSLogix 5000 jest to oprogramowanie przeznaczone dla platformy Allen – Bradley Logix, która obejmuje sterowniki, takie jak: CompactLogix, ControlLogix, FlexLogix. Użycie programu daje użytkownikowi możliwość tworzenia programów sekwencyjnych, sterowanie napędami, procesami jak i zaawansowane sterowania ruchem.

Interfejs użytkownika oferowany przez RSLogix 5000 jest zgodny z normą IEC – 61131 – 6, które oferuje programowanie symboliczne, struktury, tablice oraz instrukcje, które dedykowane są do różnego rodzaju aplikacji. Oprogramowanie oferuje:

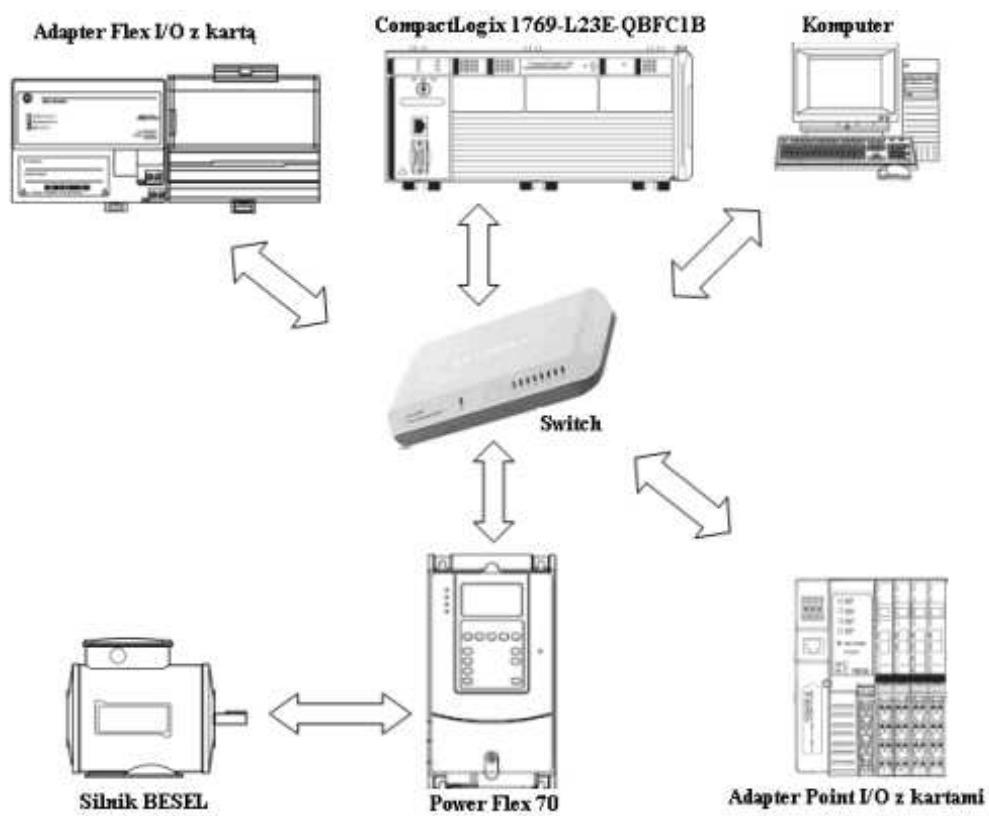
- jednakowy interfejs użytkownika i zestaw opcji,
- elastyczny, łatwy w stosowaniu edytor,
- jednakowy zestaw instrukcji języka drabinkowego,
- sterowany myszką system konfiguracji we/wy,
- niezawodną komunikację.

4. Stanowisko dydaktyczne ze sterownikiem 1769-L23E-QBFC1B

4.1. Budowa i konfiguracja stanowiska

Stanowisko (Rys.14.) przeznaczone jest do celów dydaktycznych. Zbudowane jest z następujących elementów (Rys.13.):

- sterownika CompactLogix 1769-L23E-QBFC1B,
- przetwornicy Power Flex 70 z kartą komunikacyjną 20 – COMM – E,
- adaptera komunikacyjnego 1734 – AENT EtherNet/IP systemu PointI/O wraz z kartami:
 - 1734 232ASC,
 - 1734 IB4,
 - 1734 OV4E,
 - 1734 IE2C,
 - 1734 IV4,
- adaptera komunikacyjnego 1794 – AENT EtherNet/IP systemu FlexI/O wraz z kartą:
 - 1794 IB10XOB6,
- switcha EDIMAX ES – 3208P,
- silnika BESEL, typ Sg 80-2A,
- komputera PC,
- dwóch gniazd sieciowych,
- zasilacza COBI Electronic, model MCV 120-24,
- zestawu wejść/wyjść z wbudowanymi diodami i przełącznikami.



Rys. 13. Elementy stanowiska ze sterownikiem CompactLogix



Rys. 14. Stanowisko dydaktyczne ze sterownikiem CompactLogix

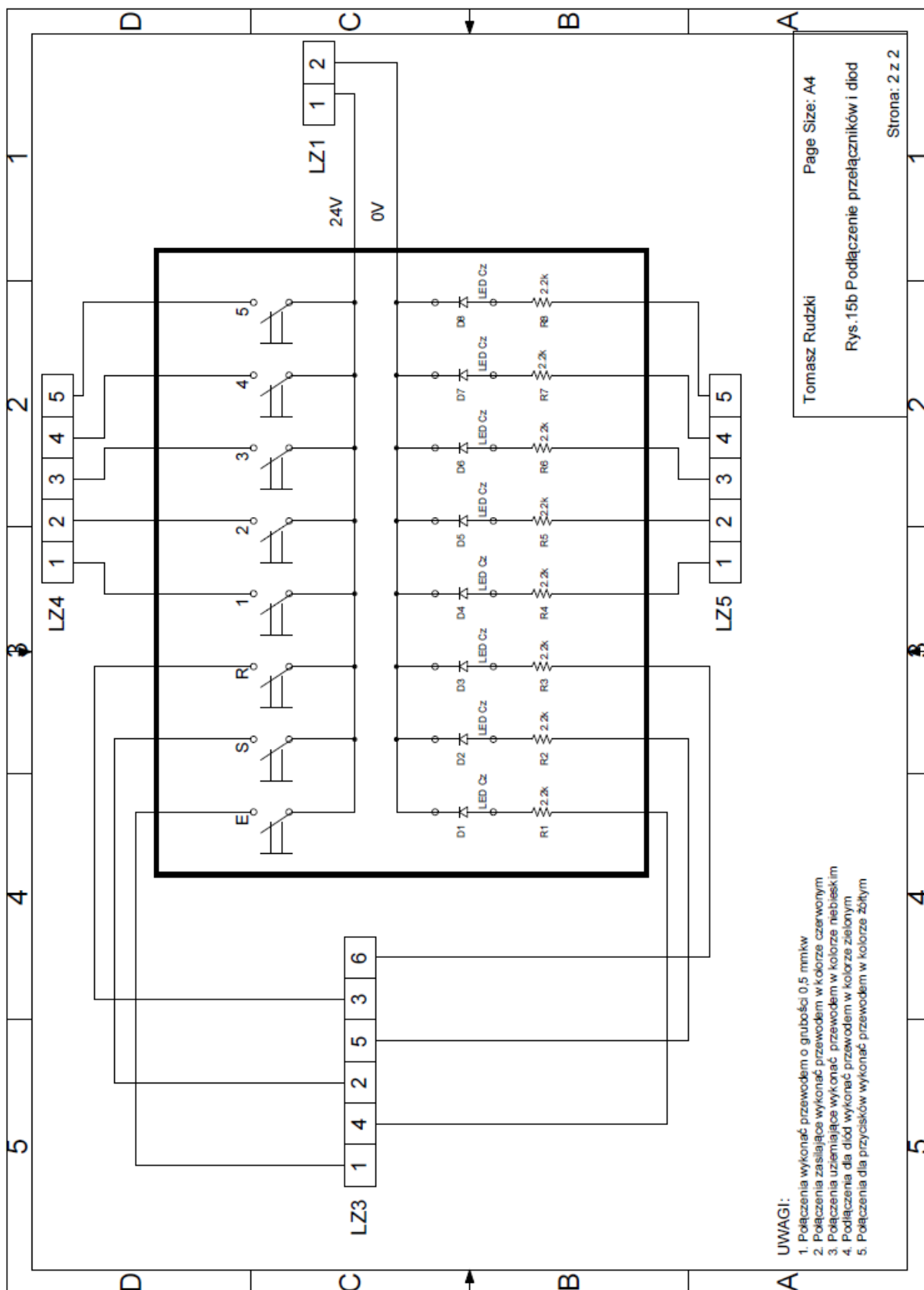
Stanowisko laboratoryjne zasilane jest ze skrzynki trójfazowej, która posiada dwa wbudowane gniazda sieciowe, bezpiecznik C16 S303 chroniący stanowisko i włącznik 20A LP300 załączający całe stanowisko. Całość zabezpieczona jest czerwonym przyciskiem awaryjnym.

Przetwornica Power Flex 70, zasilana jest ze skrzynki trójfazowej, służy do sterowania silnikiem trójfazowym firmy BESEL. Wykorzystany na stanowisku switch podłączony jest do gniazda sieciowego skrzyni trójfazowej. Pozostałe elementy stanowiska zasilane są z zasilacza COBI, do którego doprowadzone jest napięcie 230 VAC, a w wyniku transformowania na jego wyjściu otrzymujemy 24 VDC. Diody i przełączniki, które zostały podłączone do stanowiska mają za zadanie symulację stanów na wejściach i wyjściach sterownika. Stanowisko posiada również komputer PC, który podłączony jest ze sterownikiem CompactLogix przez port RS232 oraz magistralą EtherNet/IP. Komunikacja pomiędzy poszczególnymi modułami i komputerem odbywa się przy użyciu magistrali EtherNet/IP.

Na Rys.15a. został przedstawiony schemat stanowiska ze sterownikiem CompactLogix. Na listwy zaciskowe wyprowadzono wejścia, wyjścia dla sterownika i przemiennika Power Flex 70 oraz zasilanie z zasilacza COBI.

Schemat podłączenia przełączników i diod sygnalizacyjnych do listew zaciskowych przedstawiono na Rys.15b. Zastosowano następujące oznaczenia przełączników:

- E – Enable – wejście 6 przetwornicy,
- S – Stop/Clear Fault – wejście 1 przetwornicy,
- R – Start – wejście 2 przetwornicy,
- 1 – wejście 0 sterownika,
- 2 – wejście 1 sterownika,
- 3 – wejście 2 sterownika,
- 4 – wejście 3 sterownika,
- 5 – wejście 4 sterownika.

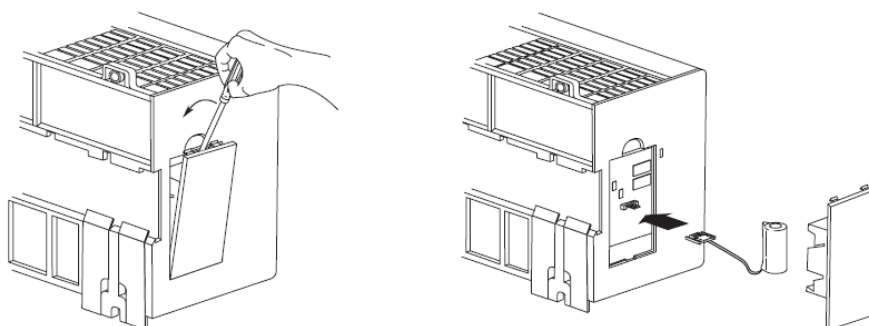


4.1.1 Sterowniki CompactLogix 1769-L23E-QBFC1B

Jest to sterownik z rodziny CompactLogix, zatem wykorzystywany jest dla aplikacji o średnim i małym koszcie, z ograniczoną ilością wejść/wyjść oraz z ograniczoną potrzebą komunikacji sieciowej.

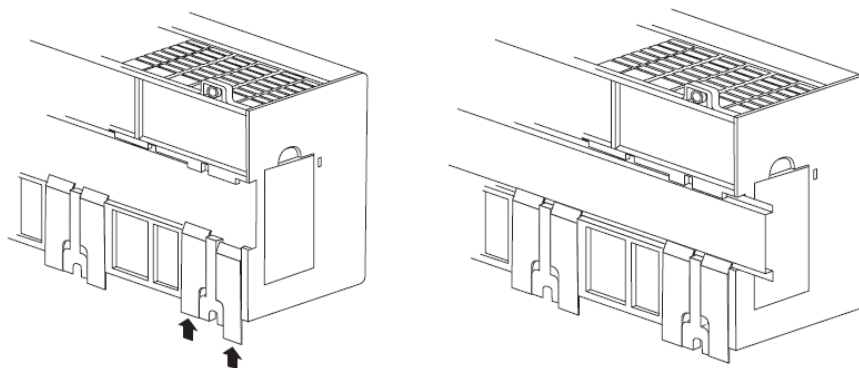
Zainstalowanie przez użytkownika sprzętu CompactLogix składa się z następujących etapów:

- Podłączenie baterii (Rys.16.),



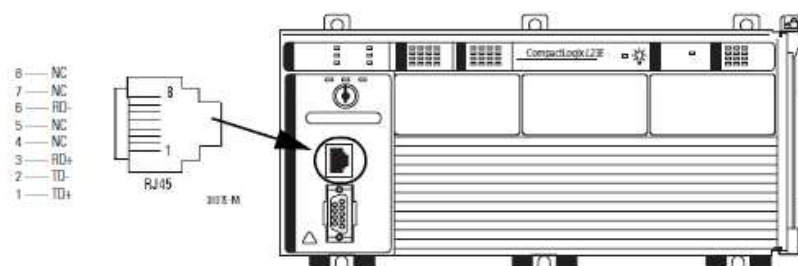
Rys. 16. Podłączenia baterii do sterownika

- Montaż sterownika na szynie DIN (Rys.17.),



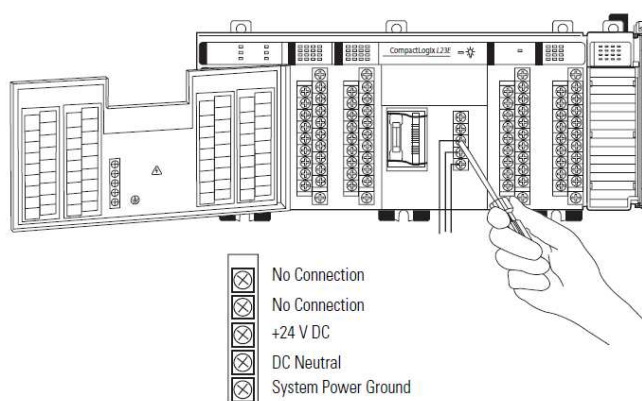
Rys. 17. Montaż sterownika na szynie DIN

- Wykonanie połączenia sieciowego(Rys.18.),



Rys. 18. Podłączenie kabla sieciowego RJ-45

- Podłączenie zasilania (Rys.19.).



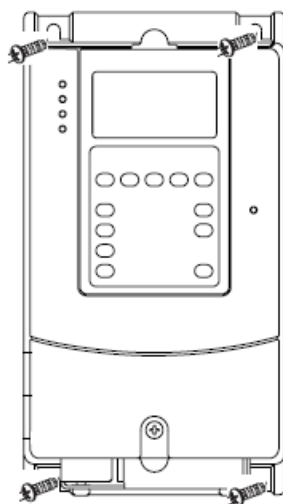
Rys. 19. Podłączenie zasilania do sterownika

4.1.2 Power Flex 70

Przemiennik częstotliwości Power Flex 70 wykorzystywany jest do sterowania silnikiem firmy Basel.

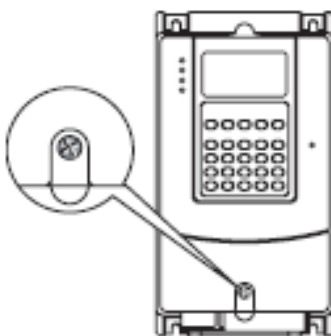
Zainstalowanie przez użytkownika przetwornicy Power Flex 70 składa się z następujących etapów:

- Zamocowanie przetwornicy za pomocą śrub (Rys.20.),



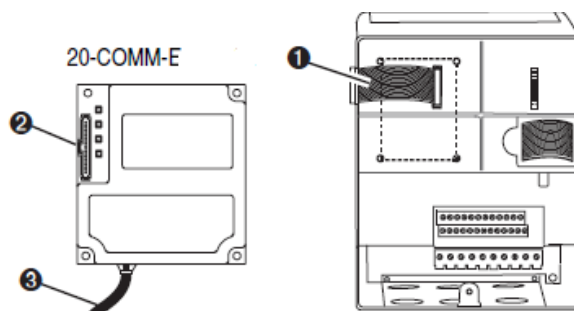
Rys. 20. Montaż przetwornicy

- Zdjęcie osłony (Rys.21.),



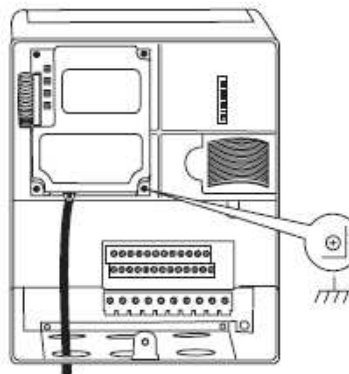
Rys. 21. Zdjęcie osłony przetwornicy

- Zainstalowanie karty komunikacyjnej 20-COMM-E (Rys. 22 i 23),



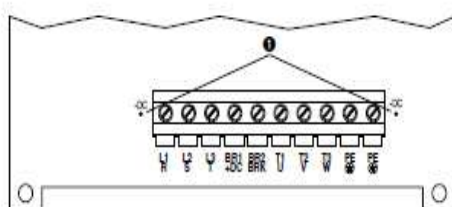
1. Kabel interfejsu
2. Port DPI
3. Kabel Ethernetowy

Rys. 22. Podłączenie karty komunikacyjnej 20-COMM-E



Rys. 23. Montaż karty komunikacyjnej 20-COMM-E

- Wykonanie podłączenia zasilania (Rys.24.).



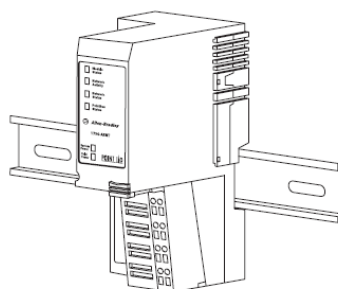
Zacisk	Opis	Uwagi
R	R (L1)	Wejście zasilania AC
S	S (L2)	Wejście zasilania AC
T	T (L3)	Wejście zasilania AC
+DC	Szyna DC (+)	Podłączenie rezystora hamowania dynamicznego (+)
BRK	Hamulec DC	Podłączenie rezystora hamowania dynamicznego (-)
U	U (T1)	Do silnika
V	V (T2)	Do silnika
W	W (T3)	Do silnika
PE	Uziemienie PE	
PE	Uziemienie PE	
-DC	Szyna DC (-)	1 Mogą być zlokalizowane z lewej lub prawej strony listwy zaciskowej połączeń siłowych

Rys. 24. Podłączenia zasilania

4.1.3. 1734-AENT EtherNet/IP Point I/O

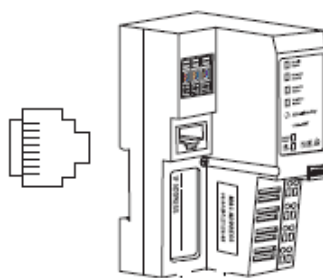
Moduł 1734 – AENT jest to adapter komunikacji sieci EtherNet/IP. Zainstalowanie przez użytkownika modułu składa się z następujących etapów:

- Montaż na szynie DIN (Rys.25.),



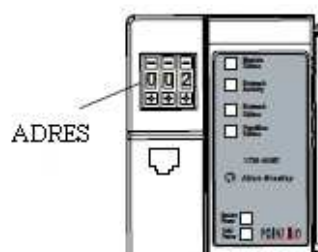
Rys. 25. Montaż na szynie DIN

- Podłączenie przewodu sieciowego (Rys.26.),



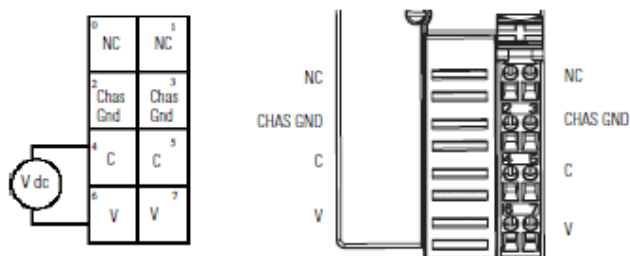
Rys. 26. Podłączenie przewodu Ethernetowego RJ-45

- Ustawienie adresu (Rys.27.),



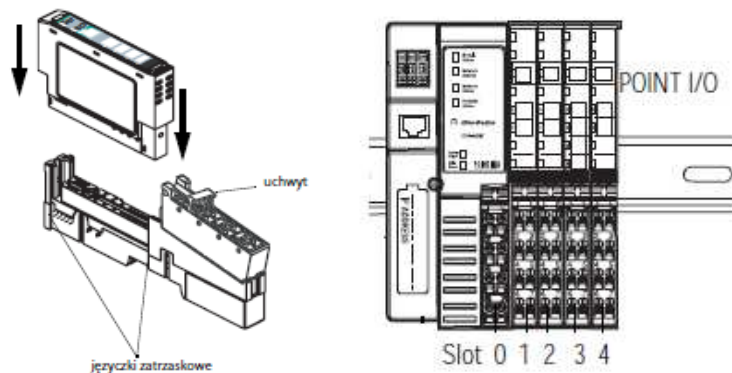
Rys. 27. Ustawienie adresu sieciowego

- Podłączenie zasilania (Rys.28.),



Rys. 28. Podłączenie zasilania

- Podłączenie kart rozszerzeń (Rys.29.).

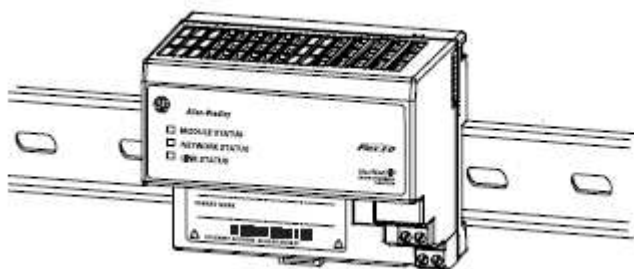


Rys. 29. Podłączenie kart rozszerzeń

4.1.4. 1794-AENT EtherNet/IP Flex I/O

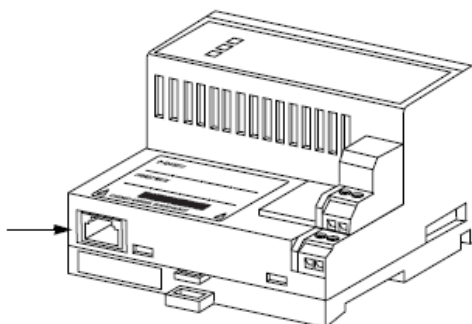
Moduł 1794 – AENT jest to adapter komunikacji sieci EtherNet/IP. Zainstalowanie przez użytkownika modułu składa się z następujących etapów:

- Montaż na szynie DIN (Rys.30.),



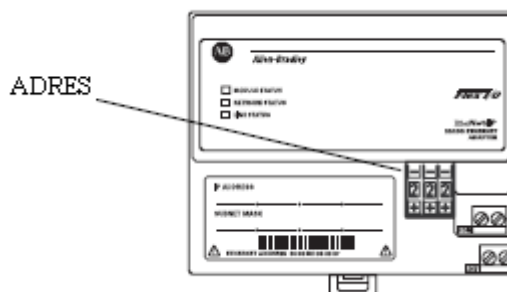
Rys. 30. Montaż na szynie DIN

- Podłączenie przewodu sieciowego (Rys.31.),



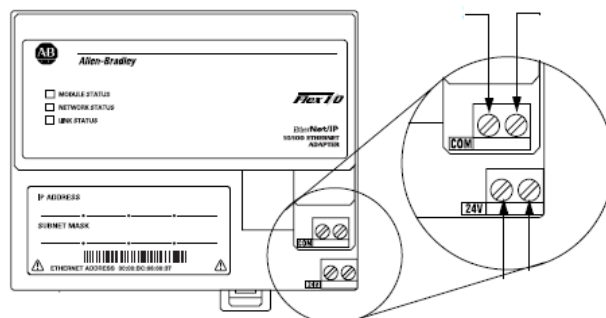
Rys. 31. Podłączenie przewodu sieciowego

- Ustawienie adresu (Rys. 32.),



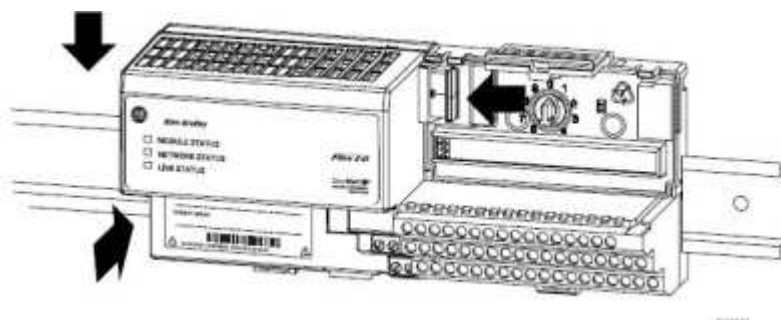
Rys. 32. Ustawienie adresu sieciowego

- Podłączenie zasilania (Rys.33.),



Rys. 33. Podłączenia zasilania

- Podłączenie kart rozszerzeń (Rys.34.).



Rys. 34. Podłączenie kart rozszerzeń

4.1.5. Konfiguracja sieci EtherNet/IP

Przy konfiguracji sieci EtherNet/IP należy wykorzystać:

- oprogramowanie RSLinx,
- oprogramowanie BOOTP/DHCP,
- switch, do którego podłączone są wszystkie moduły oraz komputer w celu konfiguracji sieci izolowanej.

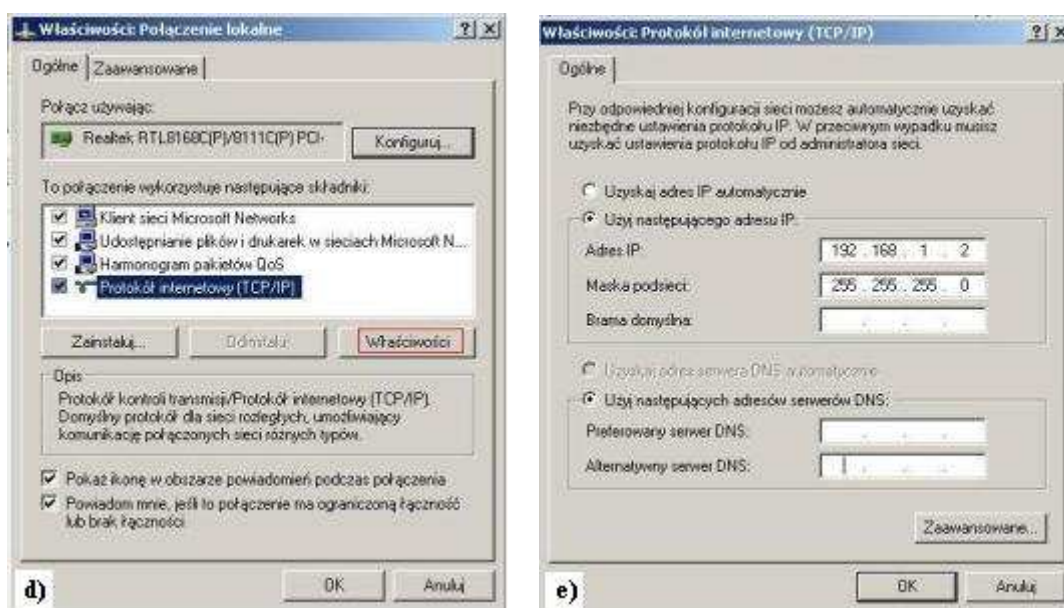
Konfiguracja sieci EtherNet/IP składa się z następujących etapów:

- przypisanie adresów IP

Pierwszym urządzeniem, do którego należy przypisać adres IP jest komputer. Należy w tym celu wykonać następujące kroki:

1. Na pulpicie kliknij dwa razy na **Mój komputer**, następnie po lewej stronie na karcie **Inne miejsca** wybierz **Moje miejsce sieciowe** (Rys.35a.),
2. Wybierz **Wyświetl połączenia sieciowe** (Rys.35b.),
3. Kliknij prawym przyciskiem myszy na **Połączenie lokalne** i wybierz **Właściwości** (Rys.35c.),
4. Zaznacz **Protokół internetowy (TCP/IP)** i wybierz **Właściwości** (Rys.35d.),
5. Wybierz **Użyj następującego adresu IP** i wpisz **adres IP** (192.168.1.2) oraz kliknij na pole **Maska podsieci**, która zostanie wygenerowana automatycznie (255.255.255.0) (Rys.35e.),
6. Dwukrotnie kliknij **OK**,
7. Zamknij okno,
8. Z menu Start uruchom wiersz poleceń (**Uruchom**) i wpisz **cmd** i klikij **OK**,
9. Wpisz **ipconfig** i wciśnij **Enter**, możesz obejrzeć ustawione przez użytkownika **Adres IP** i **Maskę podsieci**.





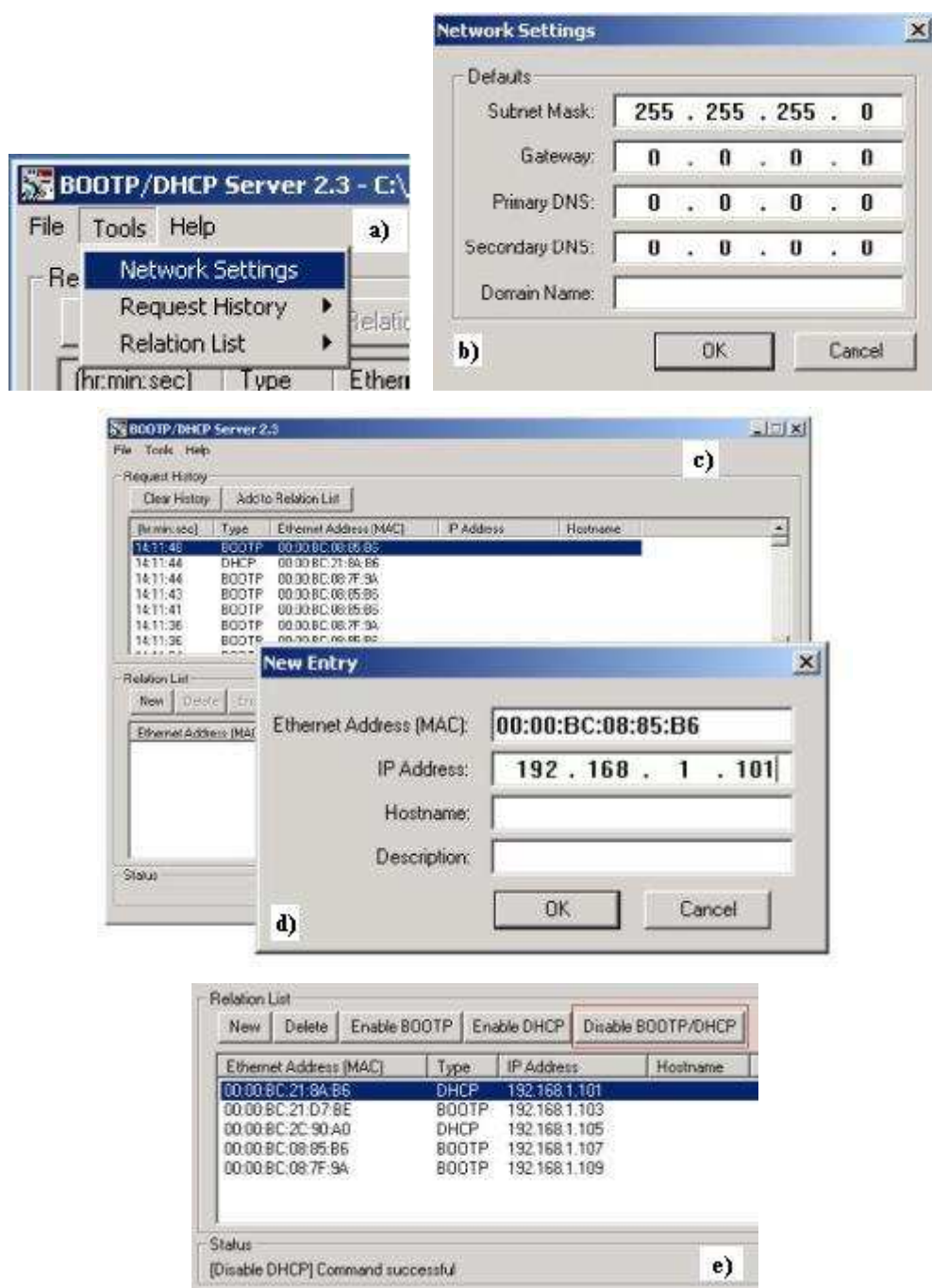
Rys. 35. Poszczególne kroki ustawienia adresu IP komputera: a) Krok 1, b) Krok 2, c) Krok 3, d) Krok 4, e) Krok 5

Do przypisania adresów IP do pozostałych urządzeń wykorzystuje się adresy Ethernetowe – MAC. Adres ten ma postać dwunastu cyfr oddzielonych dwukropkami (np. xx:xx:xx:xx:xx:xx). Zazwyczaj znajduje się on na etykiecie urządzenia. Każda cyfra jest liczbą w kodzie szesnastkowym (od 0 do 9 lub od A do F). Żadne inne urządzenie nie ma tego samego adresu i użytkownik nie może go zmienić.

Ustawienie adresów IP odbywa się za pomocą oprogramowania BOOTP/DHCP i składa się z następujących kroków:

1. Uruchom oprogramowanie **BOOTP/DHCP**,
2. W menu **Tools** wybierz **Network Settings** (Rys.36a.),
3. Wprowadź **Maszkę podsieci**, która została wygenerowana przy ustawieniu adresu IP komputera, kliknij **OK** (Rys.36b.),
4. W oknie **Request History** zaczną zgłaszać się moduły, które rozpoznaje się po adresie Ethernetowym (Rys.36c.),
5. Kliknij dwukrotnie na dany adres aby otworzyło się okno **New Entry**, w którym wprowadza się **Adres IP**, czynność tę należy powtórzyć dla wszystkich urządzeń (Rys.36d.),
6. Po przypisaniu adresów do wszystkich urządzeń kliknij na **Disable BOOTP/DHCP** w celu zapisania adresu dla poszczególnego modułu (Rys.36e.),

7. Zamknij oprogramowania **BOOTP/DHCP**.



Rys. 36. Poszczególne kroki przypisania adresów IP do poszczególnych modułów: a) Krok 2, b) Krok 3, c) Krok 4, d) Krok 5, e) Krok 6

Przypisane adresy IP przedstawia Tab.1.

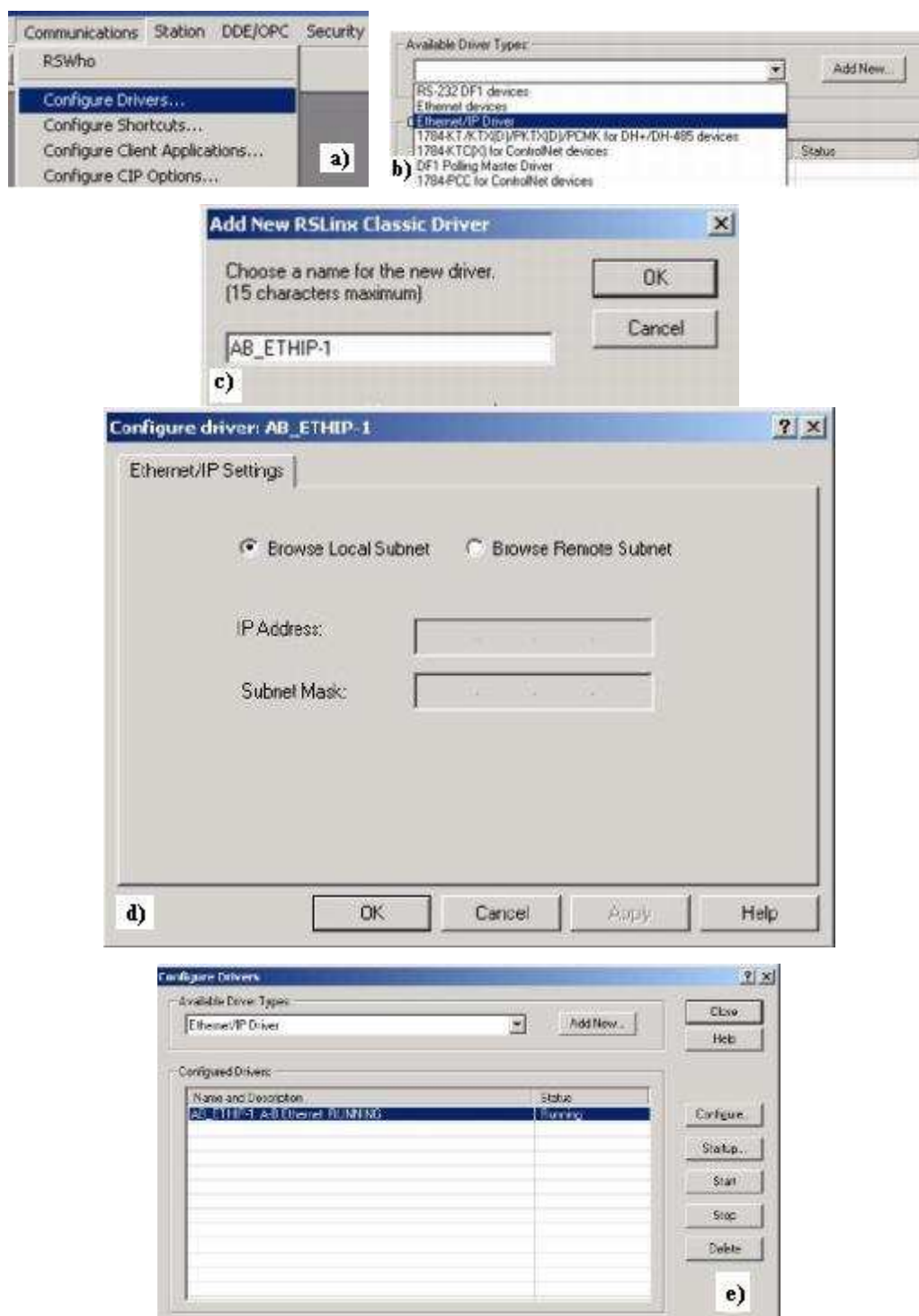
Tab.1. Adresy IP przypisane do poszczególnych urządzeń oraz ich adresy Ethernetowe

Urządzenie	Adres Ethernetowy	Przypisany adres IP
Komputer	brak	192.168.1.2
Sterownik CompactLogix	00:00:BC:55:DF:01	192.168.1.103
Power Flex 70	00:00:BC:56:F6:8E	192.168.1.109
Adapter 1734 – AENT	00:00:BC:37:EA:4D	192.168.1.111
Adapter 1794 – AENT	00:00:BC:37:61:DS	192.168.1.222

- konfiguracja w oprogramowaniu RSLinx

Do skonfigurowania sterownika CompactLogix w sieci EtherNet/IP oraz do przeglądania podłączonych modułów wykorzystujemy oprogramowanie RSLinx. Konfiguracja składa się z następujących kroków:

1. Uruchom oprogramowanie **RSLinx**,
2. W menu **Communication** wybierz **Configure Drivers** (Rys.37a.),
3. W polu **Available Driver Types** wybierz **EtherNet/IP Driver** i kliknij na przycisk **Add New** (Rys.37b.),
4. Pojawia się nowe okno **Add New RsLinx Classic Driver**, w którym można wpisać własną lub zostawić domyślną nazwę sieci, następnie kliknij **OK** (Rys.37c.),
5. Pojawia się nowe okno **Configure driver: nasza nazwa sieci**, w którym powinna domyślnie być zaznaczona opcja **Browse Local Subnet**, jeżeli nie, należy zaznaczyć, następnie kliknij **OK** (Rys.37d.),
6. EtherNet/IP Driver został dodany do listy w oknie **Configured Drivers** i sprawdź czy **Status** jest **Running**, jeżeli tak kliknij przycisk **Close** (Rys.37e.),
7. Kliknij na opcję **RSWho**, aby wyświetlić skonfigurowane drivery i urządzenia EtherNet/IP.



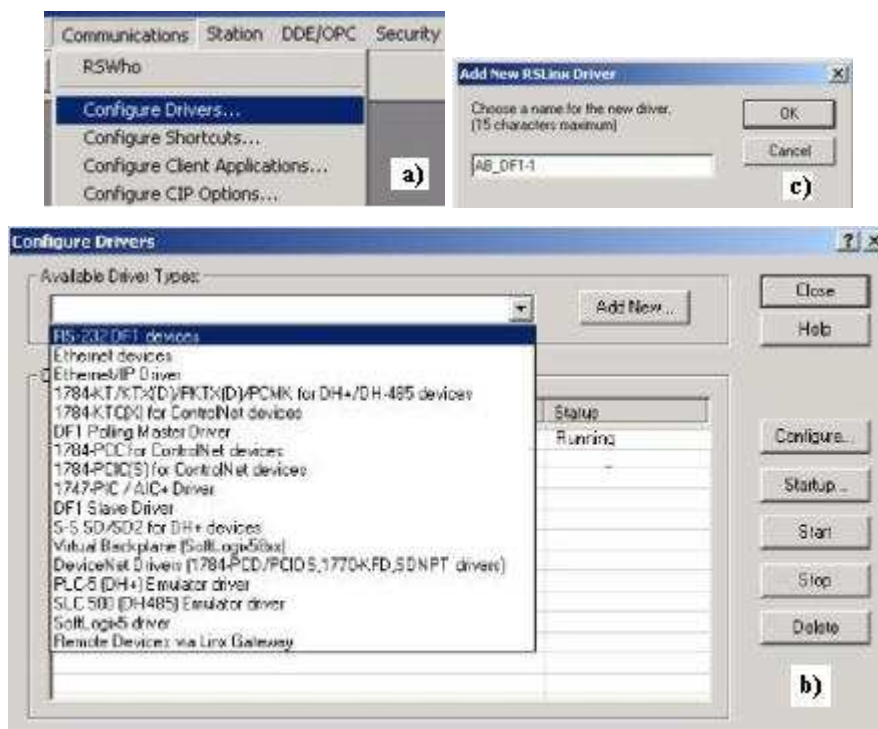
Rys. 37. Poszczególne konfiguracji sieci EtherNet/IP w oprogramowaniu RSLinx: a) Krok 2, b) Krok 3, c) Krok 4, d) Krok 5, e) Krok 6

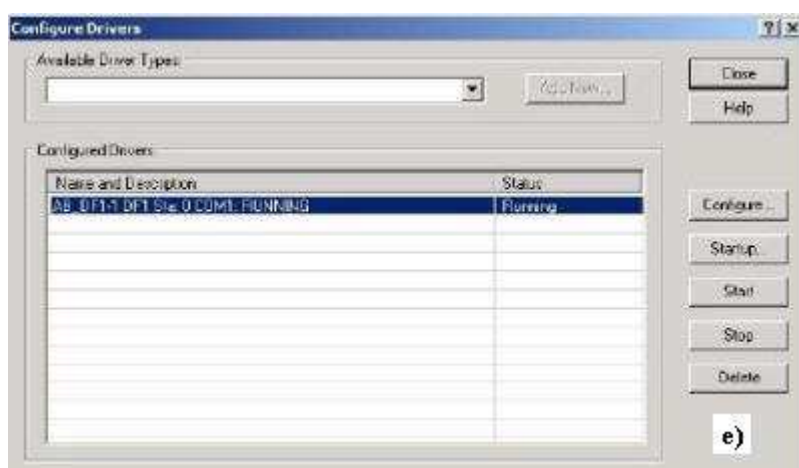
4.1.6. Konfiguracja portu szeregowego RS – 232

Do skonfigurowania portu szeregowego RS – 232, który wykorzystywany jest do komunikacji sterownik – komputer, używa się oprogramowania RSLinx.

Konfiguracja składa się z następujących kroków:

1. Uruchom oprogramowanie **RSLink**,
2. W menu **Communication** wybierz **Configure Drivers** (Rys.38a.),
3. W polu **Available Driver Types** wybierz **RS-232 DF1 devices** i kliknij na przycisk **Add New** (Rys.38b.),
4. Pojawia się nowe okno **Add New RsLinX Classic Driver**, w którym można wpisać własną lub zostawić domyślną nazwę sieci, następnie kliknij **OK** (Rys.38c.),
5. Pojawia się nowe okno **Configure driver: nasza nazwa**, w którym wybierz **Comm Port = COM1**, **Device = Logix5550/CompactLogix**, następnie kliknij na **Auto Configure** i na **OK** (Rys.38d.),
6. Driver został dodany do listy w oknie **Configured Drivers** i sprawdź czy **Status** jest **Running**, jeżeli tak, kliknij przycisk **Close** (Rys.38e.),
7. Kliknij na opcję **RSWho**, aby wyświetlić skonfigurowane drivery.





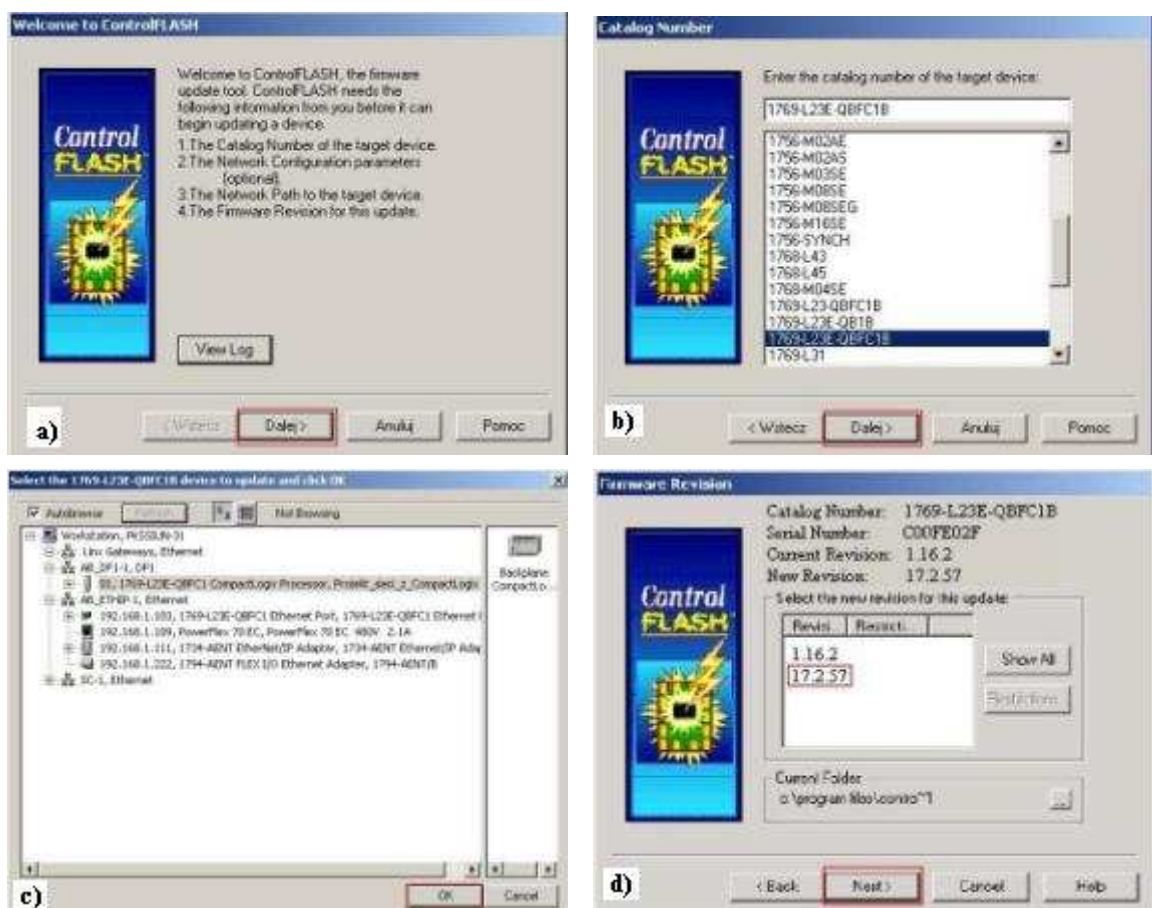
Rys. 38. Poszczególne konfiguracje portu szeregowego RS – 232 w oprogramowaniu RSLinx: a) Krok 2, b) Krok 3, c) Krok 4, d) Krok 5, e) Krok 6

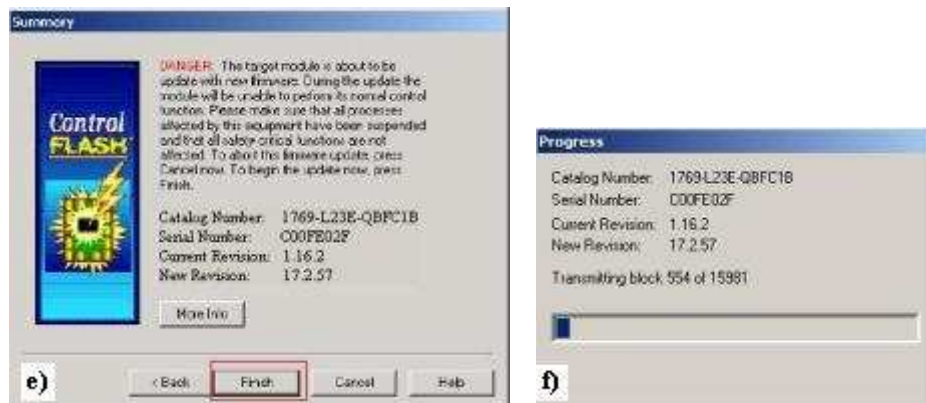
4.1.7. Aktualizacja firmwaru

Do wgrania firmwaru (oprogramowanie wbudowane w urządzenie) należy wykorzystać oprogramowanie Control Flash. Wgranie oprogramowania składa się z następujących kroków:

1. Uruchom oprogramowanie Control Flash,
2. Kliknij na przycisk **Next** (Rys.39a.),
3. Wybierz numer katalogowy urządzenia (sterownik: **1769-L32E**) i kliknij **NEXT** (Rys.39b.),

4. W driverze **AB_DF1-1** wybierz sterownik i kliknij przycisk **OK** (Rys.39c.),
5. Ustaw przełącznik na sterowniku (klucz) na pozycję **PROG**,
6. Jeśli wartość w polu **Current Revision** jest zgodna z żadaną wersją firmwaru, kliknij przycisk **Cancel**, w przeciwnym razie wybierz żadaną wersję firmwaru i kliknij przycisk **Next** (Rys.39d.),
7. Kliknij przycisk **Finish**, aby rozpocząć aktualizację firmwaru (Rys.39e.),
8. Rozpocznie się aktualizacja, której postęp jest wyświetlany w oknie **Progress** (Rys.39f.), po zakończeniu aktualizacji zamknij program ControlFLASH,
9. Identyczną aktualizację można wykonać dla pozostałych modułów.



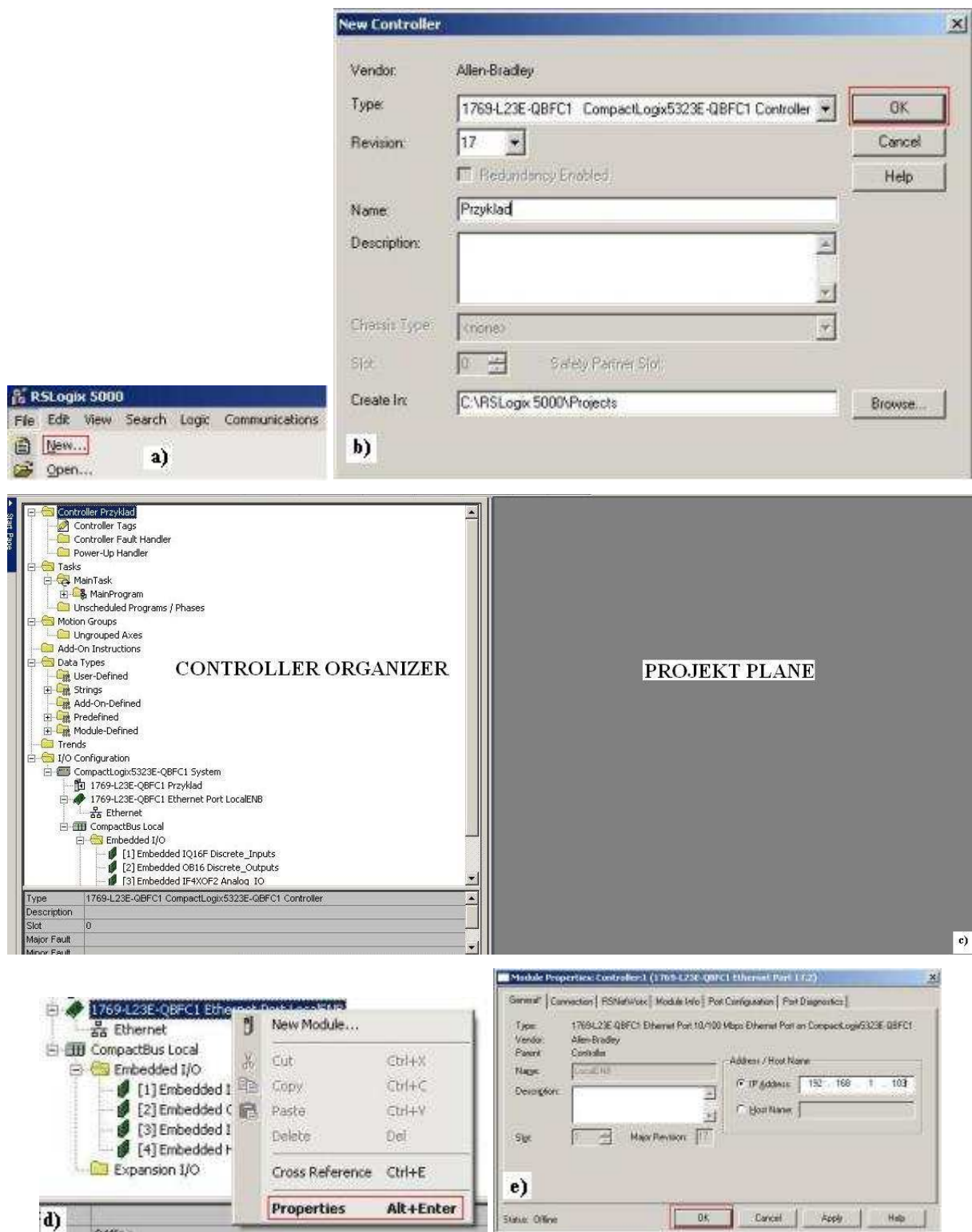


Rys. 39. Poszczególne kroki wgrania firmware: a) Krok 2, b) Krok 3, c) Krok 4, d) Krok 6, e) Krok 7, e) Krok 8

4.2. Oprogramowanie stanowiska

Oprogramowanie stanowiska wykonuje się w oprogramowaniu RSLogix 5000, w którym tworzy się projekt dla sterownika. Wykonanie projektu składa się z następujących kroków:

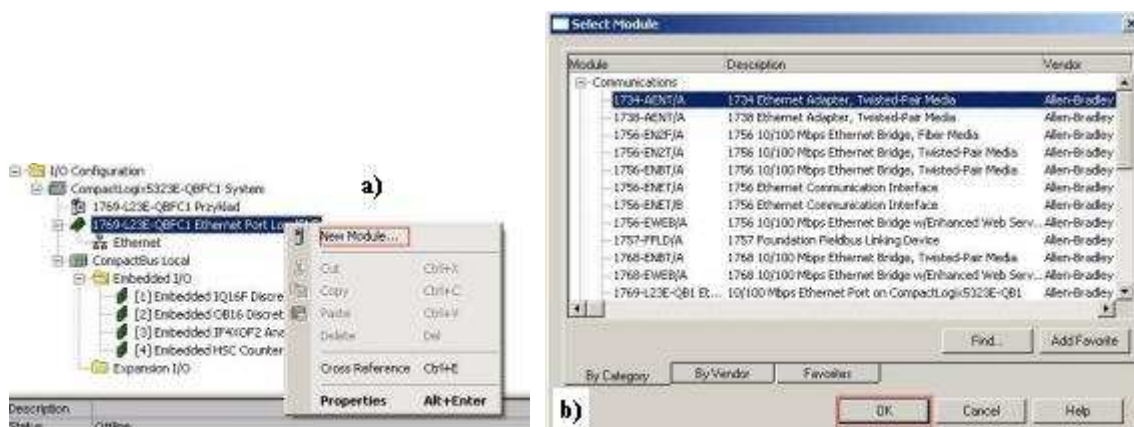
1. Uruchomienie oprogramowanie RSLogix 5000,
2. W menu **File** wybierz **New** (Rys.40a),
3. Pojawia się okno **New Controller**, w którym ustaw **Type = 1769-L32E CompactLogix5332E Controller**, **Revision = 17**, **Name = nazwa programu**, po ustawieniu podanych wartości kliknij **OK** (Rys.40b),
4. Pojawia się okno z utworzonym projektem, które podzielone jest na 2 części: **Controller Organizer** oraz **Projekt plane** (Rys.40c),
5. Rozwiń drzewo konfiguracyjne, kliknij prawym przyciskiem myszy na **1769-L32E Ethernet Port LocalENB** i wybierz **Properties** (Rys.40d.),
6. Ustaw przypisany adres IP sterownika (Rys.40e).

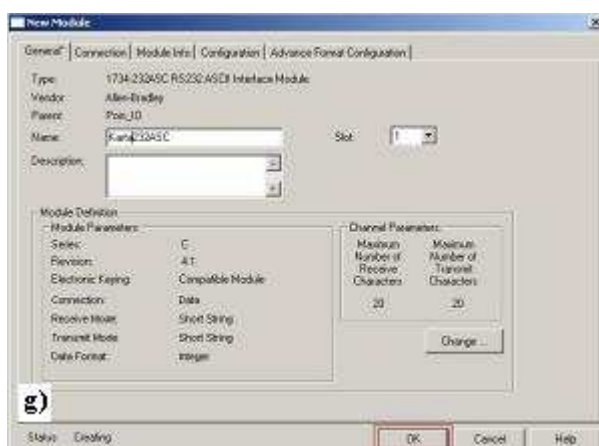
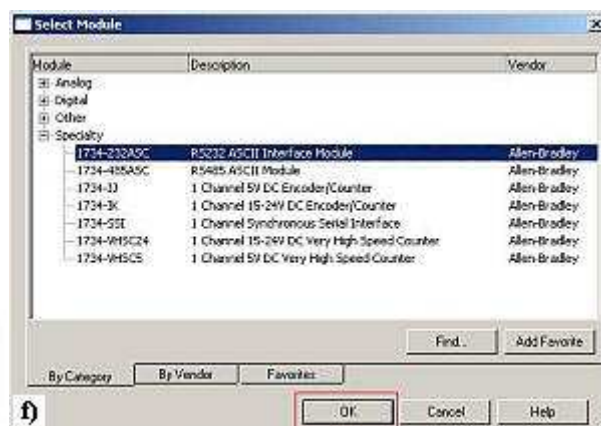
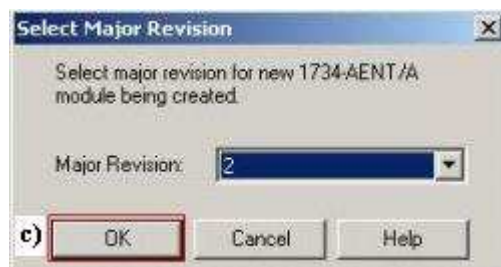


Rys. 40. Wykonanie projektu dla sterownika: a) krok 2, b) krok 3, c) krok 4., d) krok 5, e) krok 6

Po wykonaniu projektu dla sterownika CompactLogix 1769-L23E-QBFC1B należy dodać poszczególne moduły, dla których zostały przypisane adresy IP. Dodanie poszczególnych urządzeń składa się z następujących kroków:

- Rozproszone moduły wejść – wyjść – 1794 – AENT EtherNet/IP POINT I/O, 1794 – AENT EtherNet/IP Flex I/O
1. Kliknij prawym przyciskiem myszy na **1769-L32E Ethernet Port LocalENB** i wybierz opcję **NEW MODULE** (Rys.41a),
 2. Wybierz moduł karty sieciowej **1734 – AENT** i kliknij **OK** (Rys.41b),
 3. Wybierz **Major Revision = 2** i kliknij **OK** (Rys.41c),
 4. Wprowadź nazwę **Name** oraz przypisany **adres IP**, następnie wybierz ilość dołączonych kart do modułu **Chassis Size** (n+1) oraz opcję **Disable Keying**, odznacz pole wyboru **Open Module Properties**, następnie kliknij **OK** (Rys.41d),
 5. Kliknij prawym przyciskiem myszy na moduł **1734 – AENT** i wybierz **New Module** (Rys.41e),
 6. Odszukaj poszczególne podłączone karty z listy i kliknij **OK** (Rys.41f),
 7. Wprowadź nazwę **Name** oraz numer slotu **SLOT** (numeracja od kart od 1, 0 przypisane dla modułu głównego), wybierz opcję **Disable Keying**, odznacz pole wyboru **Open Module Properties**, następnie kliknij **OK** (Rys.41g),
 8. Dodane karty wyświetlane są na drzewie konfiguracyjnym w zakładce **PointIO 6Slot Chassis** (Rys.41h),
 9. Identyczne kroki wykonaj dla modułu **1794 – AENT**.



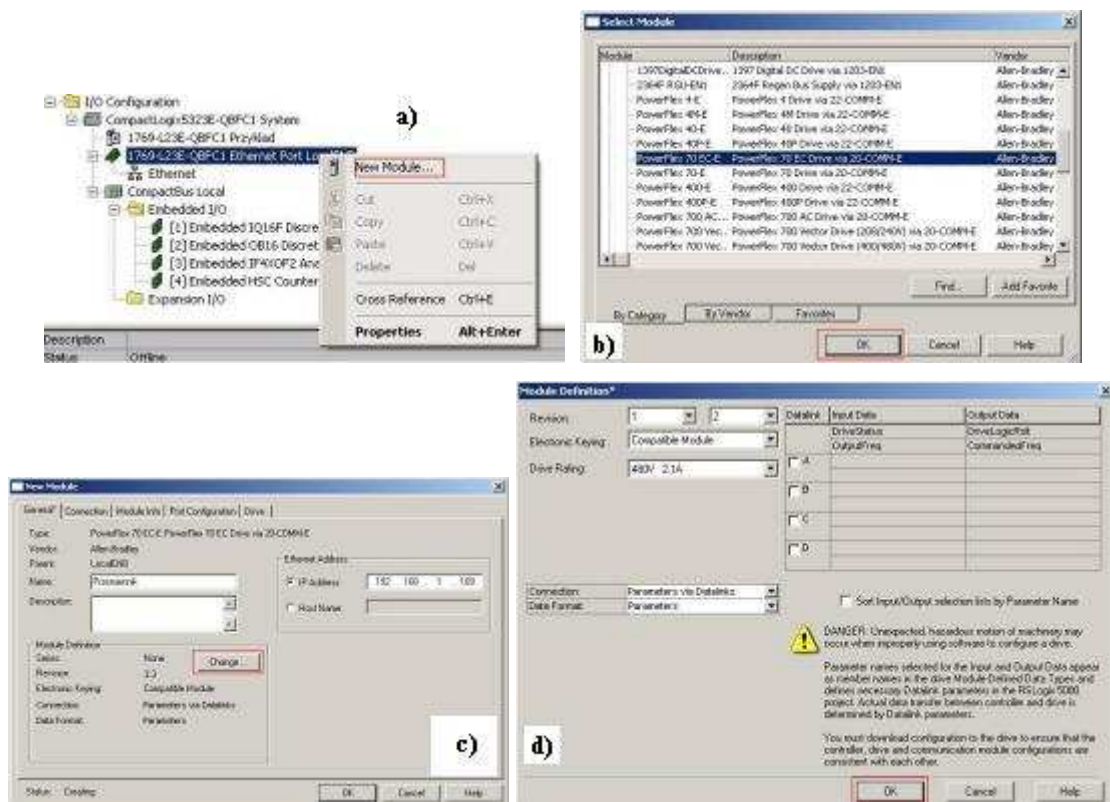


Rys.41. Dodanie do projektu modułów wejść – wyjść: a) krok 1, b) krok 2, c) krok 3, d) krok 4, e) krok 5, f) krok 6, g) krok 7 h) krok 8

- Przetwornica Power Flex 70

1. Kliknij prawym przyciskiem myszy na **1769-L32E Ethernet Port LocalENB** i wybierz opcję **NEW MODULE** (Rys.42a),
2. Na karcie **Driver** wybierz **Power Flex 70 EC – E** i kliknij **OK** (Rys.42b),
3. Wprowadź nazwę **Name** oraz przypisany **adres IP**, wybierz opcję **Disable Keying**, odznacz pole wyboru **Open Module Properties**, wybierz **Change** w **Module Definition** (Rys.42c),

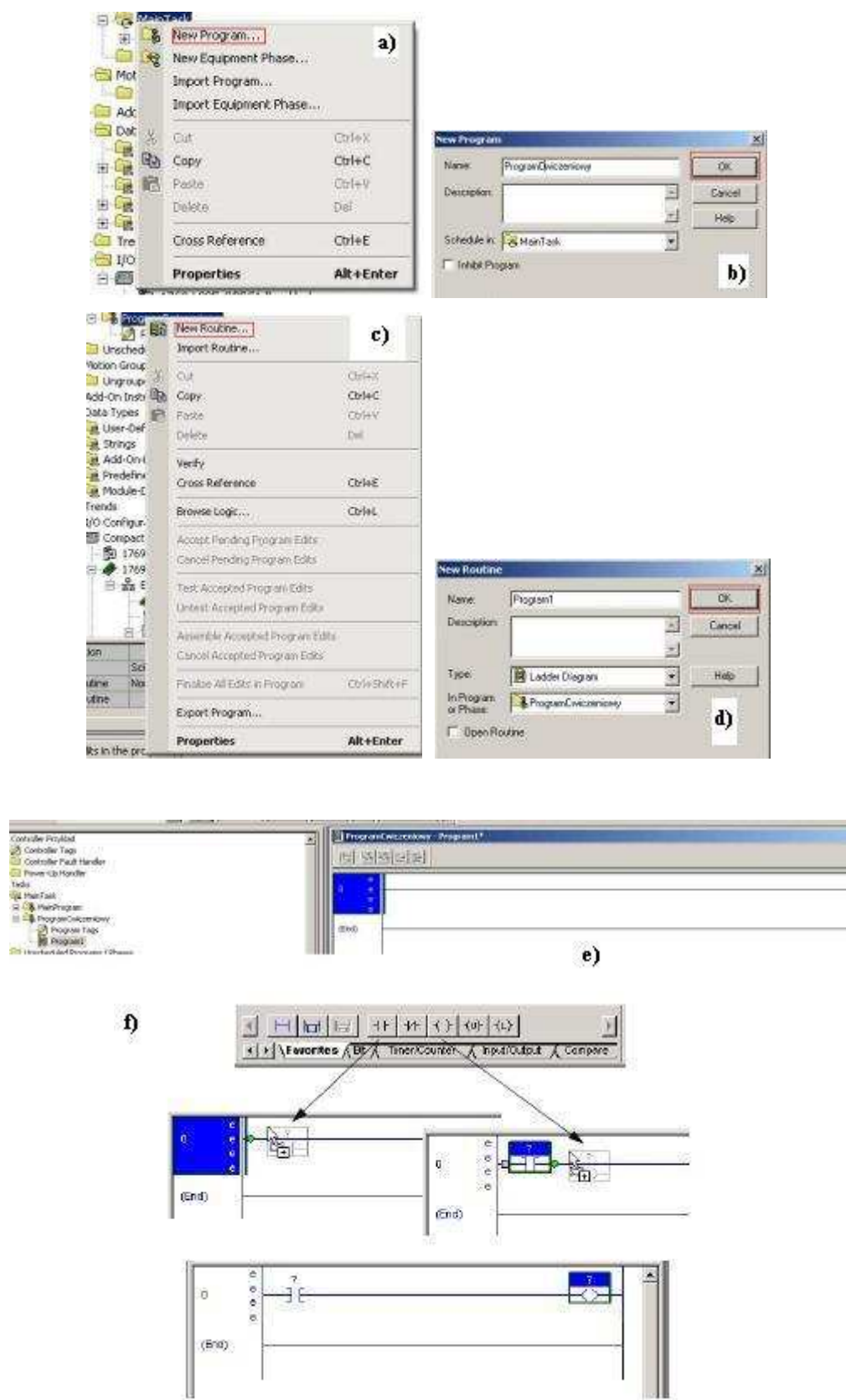
4. Zmień **Revision** = **1,2** , **Drive Rating** = **480V 2.1A**, następnie kliknij dwukrotnie **OK** (Rys.42d).



Rys. 42. Dodanie do projektu przetwornicy POWER FLEX 70: a) krok 1, b) krok 2, c) krok 3, d) krok 4

Po dodaniu wszystkich modułów, kolejnym elementem jest wykonanie nowego programu, który składa się z następujących kroków:

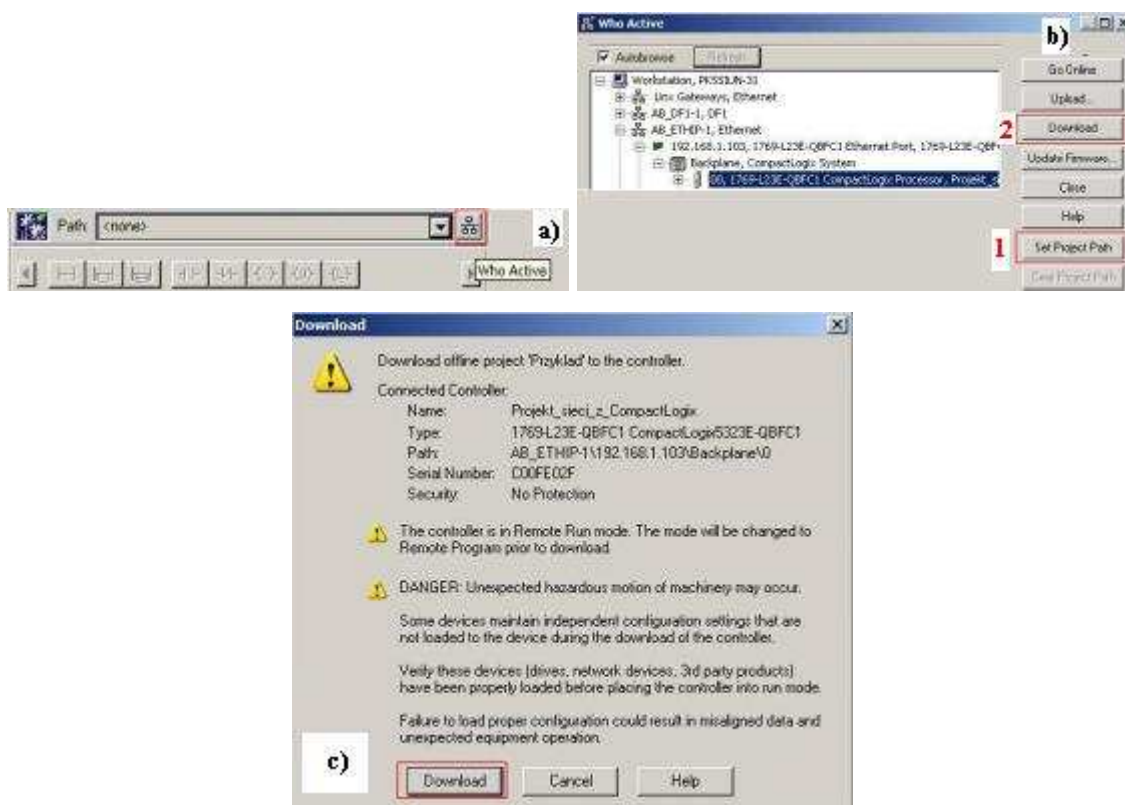
1. Kliknij prawym przyciskiem myszy na **MainTask** i wybierz **New program** (Rys.43a),
2. Wprowadź nazwę **Name** = **ProgramCwiczeniowy** i kliknij **OK** (Rys.43b),
3. Kliknij prawym przyciskiem myszy na **ProgramCwiczeniowy** i wybierz **New Routine** (Rys.43c),
4. Wprowadź nazwę **Name** = **Program1** i kliknij **OK** (Rys.43d),
5. Kliknij na Program1 w **Controller Organizer** a w **Projekt plane** pojawi się pusty program (Rys.43e),
6. Z paska narzędzi elementów przeciągnij i upuść element **Examine On** i **Output Energize** na szczebel (Rys.43f).



Rys. 43. Wykonanie programu: a) krok 1, b) krok 2, c) krok 3, d) krok 4, e) krok 5 f) krok 6

Po wykonaniu prostego programu kolejnym etapem jest wgranie projektu do sterownika, które składa się z następujących kroków:

1. Ustaw przełącznik na sterowniku (klucz) na pozycję **PROG**,
2. Kliknij na ikonę **Who Active** aby ustawić ścieżkę projektu (Rys.44a),
3. Wybierz posiadany sterownik i kliknij opcję **Set Project Path**, a następnie kliknij na **Download** (Rys.44b),
4. Pojawi się okno **Download**, w którym kliknij na **Download** (Rys.44c),
5. Ustaw przełącznik na sterowniku (klucz) na pozycję **REM**,
6. Użyj przycisku o nazwie S do skasowania błędów w falowniku (Zestaw wejść/wyjść z wbudowanymi diodami i przełącznikami).



Rys. 44. Wgranie programu do sterownika: a) krok 1, b) krok 2, c) krok 3

Ostatnim etapem oprogramowania stanowiska jest ustawienie odpowiednich parametrów przemiennika Power Flex 70, które składa się z następujących kroków:

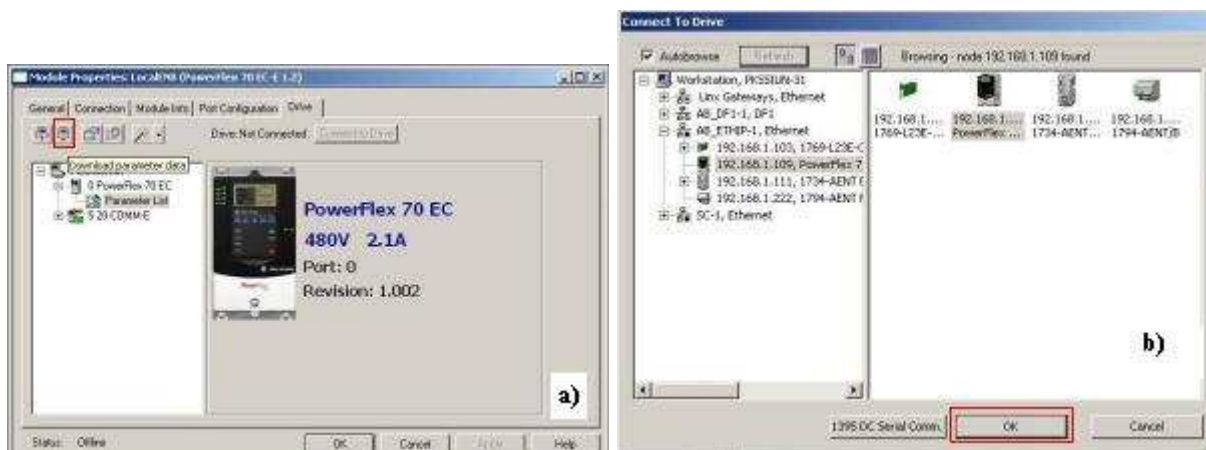
1. Kliknij prawym przyciskiem myszy na **Power Flex 70 EC – E** i wybierz **Properties**,
2. Pojawi się okno **Module Properties**, wybierz zakładkę **Driver**,

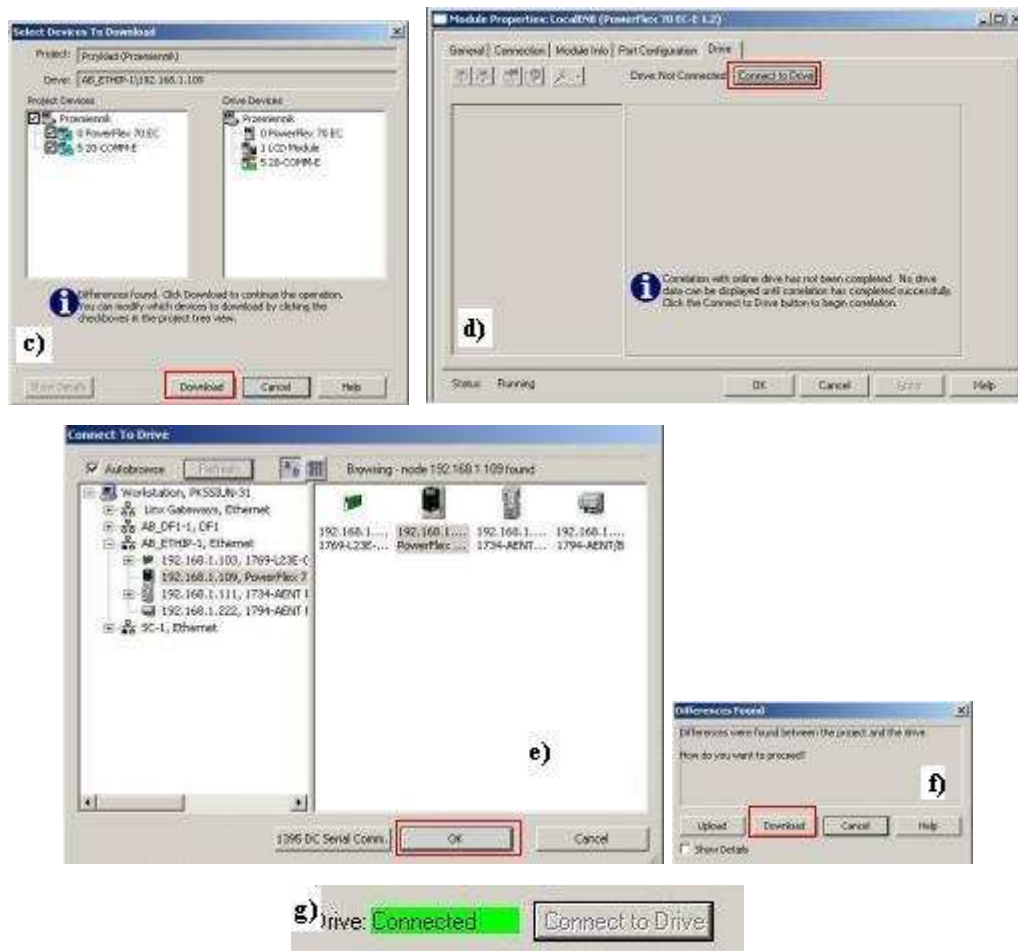
3. Rozwiń drzewo konfiguracyjne dla przemiennika **Power Flex 70** i kliknij na **Parameter List**,
4. Ustaw parametry (Tab.2.), a następnie kliknij **Cancel**,

Tab.1. Ustawienie odpowiednich parametrów dla przemiennika Power Flex 70

Numer parametru	Ustawiona wartość
41	400
42	2
43	50
44	2850
45	0,75
46	kiloWatts
49	2
53	Custom V/Hz
90	DPI Port 5

5. Wybierz **Download** aby wysłać zmienione parametry do urządzenia (Rys.45a),
6. W oknie **Connect To Drive** wybierz **Power Flex 70** i kliknij **OK** (Rys.45b), a następnie w oknie **Select Devices To Download** kliknij **OK** (Rys.45c),
7. Po wgraniu parametrów do przemiennika kliknij na **Connect to Drive** (Rys.45d),
8. W oknie **Connect To Drive** wybierz **Power Flex 70** i kliknij **OK** (Rys.45e), a następnie w oknie **Differences Found** wybierz **Download** (Rys.45f),
9. Przemiennik Power Flex 70 jest podłączony **Connected** (Rys.45g).





Rys. 45. Ustawienie odpowiednich parametrów: a) krok 5, b) krok 6, c) krok 6, d) krok 7, e) krok 8, f) krok 8, g) krok 9

5. Program demonstracyjny dla stanowiska dydaktycznego w Pracowni Komputerowych Systemów Sterowania i Układów Napędowych

Program demonstracyjny dla stanowiska dydaktycznego ze sterownikiem CompactLogix został wykonany w języku schematów drabinkowych (LD), w oprogramowaniu RSLogix 5000 i jest jego integralną częścią. W zaprojektowanym systemie sterowania rozproszonego, który wykorzystuje lokalną magistralę komunikacyjną EtherNet/IP, umożliwia sterowanie silnikiem oraz testowanie wejść i wyjść sterownika CompactLogix

W celu uruchomienia programu należy załączyć zasilanie stanowiska oraz uruchomić program, który dostępny jest na komputerze PC (katalog: Stanowisko 15 pod nazwą: Program demonstracyjny). Następnie należy wgrać program do sterownika CompactLogix. W czasie wgrywania programu należy pamiętać, aby skasować błędy pojawiające się w przemienniku Power Flex 70 przy wykorzystaniu przełącznika oznaczonego literą S.

Należy pamiętać, że przemiennik Power Flex 70 rozpocznie pracę, jeśli zostaną użyte następujące przełączniki: E – Enable, S – Stop, które spowodują zapalenie znajdujących się nad nimi diod sygnalizacyjnych.

Opracowany program demonstracyjny pozwala na sterowanie linią produkcji napojów, która składa się z następujących etapów:

- pojawienie się butelki,
- nalanie napoju,
- kapslowanie,
- pakowanie,
- powrót.

Wykonana linia produkcyjna posiada wbudowane czujniki, które informują użytkownika o aktualnie wykonywanym procesie, poprzez zapalenie odpowiednich wyjść sterownika. Załączenie zasilania, rozpoczęcie oraz zakończenie procesu produkcyjnego umożliwiające jest przez wykorzystanie przełączników, które podają odpowiedni sygnał na wejście sterownika. Powoduje to zapalenie odpowiednich wyjść i diod sygnalizacyjnych.

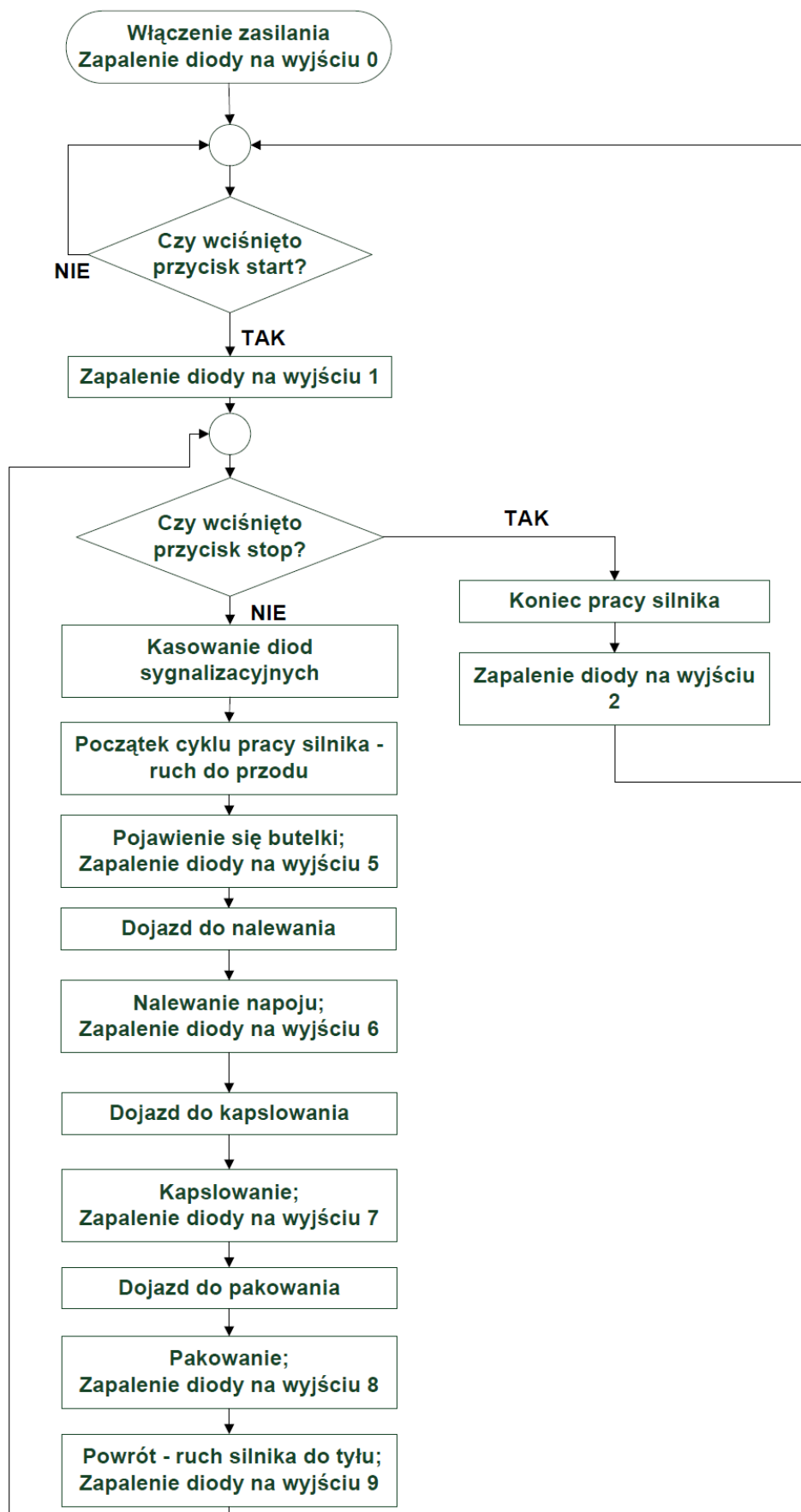
W programie demonstracyjnym zostały wykorzystane następujące przełączniki oraz wyjścia sterownika CompactLogix:

- przełącznik 1 (P1) – załączenie zasilania,
- przełącznik 2 (P2) – rozpoczęcie (start) procesu produkcyjnego,
- przełącznik 3 (P3) – zakończenie (stop) procesu produkcyjnego,
- wyjście 0 – sygnalizacja załączenia zasilania,
- wyjście 1 – sygnalizacja rozpoczęcia procesu produkcyjnego,
- wyjście 2 – sygnalizacja zakończenia procesu produkcyjnego,
- wyjście 5 – sygnalizacja I etapu produkcyjnego (pojawienie się butelki),
- wyjście 6 – sygnalizacja II etapu produkcyjnego (nalanie napoju),
- wyjście 7 – sygnalizacja III etapu produkcyjnego (kapslowanie),
- wyjście 8 – sygnalizacja IV etapu produkcyjnego (pakowanie),
- wyjście 9 – sygnalizacja V etapu produkcyjnego (powrót).

Linia produkcyjna, wykonana w programie, po załączeniu zasilania (P1) oraz uruchomieniu silnika taśmy (P2), wykonuje automatycznie kolejne czynności produkcyjne, dopóki nie zostanie użyty przycisk stopu (P3). Wykonywanie poszczególnych etapów powoduje zapalenie kolejnych wyjścia sterownika (wyjście 6 – 9). Wyjście 5 zapala się w momencie pojawienia się butelki na taśmie, a zgaszone zostaje po dojeździe do nalania napoju. Podczas ostatniego z etapów (powrót), silnik taśmy zmienia kierunek obrotów, powracając do początku procesu produkcyjnego. Zostają zgaszone również odpowiednie wyjścia sterownika, które sygnalizowały określone czynności produkcyjne (II – V). Proces produkcji napojów rozpoczyna się od początku.

W programie zostały wykorzystane Timery, które odliczają czas wykonania poszczególnych czynności produkcyjnych oraz drogi pomiędzy kolejnymi etapami produkcji.

Sieć działania programu przedstawiono na Rys.46.. Kod programu znajduje się w załączniku nr 4.



Rys. 46. Schemat blokowy programu demonstracyjnego

6. Podsumowanie

W ramach pracy opracowano stanowisko dydaktyczne, ze sterowaniem rozproszonym, wyposażone w sterownik CompactLogix, przemiennik Power Flex 70, moduły wejść – wyjść oraz silnik. Komunikacja odbywa się przy wykorzystaniu magistrali EtherNet/IP.

Podczas pracy nad stanowiskiem natrafiono na szereg problemów. Wynikały one głównie z niedokładności instrukcji, które zostały dołączone do przetwornicy Power Flex 70 i karty komunikacyjnej 20 – COMM – E oraz z braku możliwości nawiązania komunikacji pomiędzy poszczególnymi urządzeniami poprzez magistralę EtherNet/IP. W tym przypadku konieczna była konsultacja z przedstawicielem firmy Rockwell Automation w celu rozwiązania powstałych problemów. Instalacja poszczególnych elementów oraz podłączenie przewodowania przebiegło bez jakichkolwiek trudności.

W opracowanym stanowisku nie zostały wykorzystane wszystkie możliwości sterownika CompactLogix oraz modułów Point i Flex I/O. Do modułów wejść – wyjść można podłączyć dodatkowe urządzenie w celu przygotowania stanowiska dla bardziej złożonych aplikacji.

Sterowanie silnikiem, zgodnie z założeniami pracy, odbywa się przy wykorzystaniu sterownika CompactLogix, do którego wgrywany jest program wykonany w oprogramowaniu RS 5000, przy wykorzystaniu lokalnej magistrali komunikacyjnej EtherNet/IP. Sterowanie może odbywać się również z poziomu samego przemiennika Power Flex 70, z wykorzystaniem panelu HMI.

W pracy przedstawiono budowę i konfigurację stanowiska ze sterownikiem CompactLogix. Opisano sposób jego uruchomienia, konfigurację lokalnej sieci komunikacyjnej EtherNet/IP oraz dobór parametrów elementów składowych. W rozdziale 5 przedstawiono demonstracyjny program dydaktyczny.

Do pracy załączono instrukcję obsługi sterownika CompactLogix, przemiennika Power Flex 70, adaptera komunikacyjnego 20 – COMM – E , instrukcję obsługi stanowiska oraz demonstracyjny program dydaktyczny.

Wymienione instrukcje oraz literaturę zapisano na komputerze PC w katalogu Stanowisko 15.

Stanowisko jest przykładem złożonego systemu sterowania opartego na magistrali komunikacyjnej EtherNet/IP.

7. Literatura

- [1] G. Coulouris, J. Dollimore, T. Kindberg, *Systemy rozproszone: podstawy i projektowanie*, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 1998.
- [2] Andrew S. Tanenbaum, Maarten van Steen, *Systemy rozproszone : zasady i paradygmaty*, Wydawnictwo Naukowo – Techniczne, Warszawa 2006.
- [3] Andrew S. Tanenbaum, *Rozproszone systemy operacyjne*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997.
- [4] Waldemar Nawrocki, *Rozproszone systemy pomiarowe*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2006.
- [5] A. Ruda, R. Olesiński, *Serowniki programowalne PLC*, Centralny Ośrodek Szkolenia i Wydawnictw SEP, Warszawa 2008.
- [6] T. Jegierski, J. Wyrwał, J. Kasprzyk, J. Hajda, *Programowanie sterowników PLC*, Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka SKALMIERSKIEGO, Gliwice 2008.
- [7] Janusz Kwaśniewski, *Sterowniki PLC w praktyce inżynierskiej*, Wydawnictwo BTC, Legionowo 2008.
- [8] K. Pietrusewicz, P. Dworak, *Programowalne sterowniki automatyki PAC*, Wydawnictwo Nakom, Poznań.
- [9] Dr hab. inż. M. Olszewski, *Urządzenia i systemy mechatroniczne: podręcznik dla uczniów średnich i zawodowych szkół technicznych*, Wydawnictwo REA, Warszawa 2009.
- [10] B. Broel – Plater, *Sterowniki programowalne: właściwości i zasady stosowania*, Seria TEMPUS Wydział Elektryczny Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2003.
- [11] S. Brock, R. Muszyński, K. Urbański, K. Zawirski, *Sterowniki programowalne*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2000.
- [12] Jacek Bonecki, *Kontrolery PAC w ofercie firmy Advantech*, Napędy i sterowanie, nr 10, 2009, 53 – 54.
- [13] S. Skoczowski, R. Osypisk, K. Pietrusewicz, *Odporna regulacja PID o dwóch stopniach swobody*, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2006.
- [14] <http://www.astor.com.pl/wonderware/> – strona z informacjami o oprogramowaniu firmy Wonderware.
- [15] <http://www.rockwellautomation.com/index.html> - strona producenta wykorzystanego sprzętu.

- [16] <http://www.introl.pl/index.htm> - strona z informacjami na temat sieci oraz sterowników firmy Rockwell.
- [17] System CompactLogix – Szybkie uruchamianie, dokumentacja uruchamiania stanowiska ze sterownikiem CompactLogix, pobrana ze strony firmy Rockwell Automation.
- [18] CompactLogix Controllers – User Manual, dokumentacja dotycząca sterowników CompactLogix, pobrana ze strony firmy Rockwell Automation.
- [19] Instrukcja obsługi – Przetwornica Power Flex 70, dokumentacja dotycząca przetwornicy Power Flex 70, pobrana ze strony firmy INTROL.
- [20] Power Flex 70 – User Manual, dokumentacja dotycząca przetwornicy Power Flex 70, pobrana ze strony firmy Rockwell Automation.
- [21] EtherNet/IP Adapter 20-COMM-E – User Manual, dokumentacja dotycząca adaptera sieci EtherNet/IP dla przetwornicy Power Flex 70, pobrana ze strony firmy Rockwell Automation.

Załączniki

Załącznik 1. Instrukcja obsługi sterownika CompactLogix.

Załącznik 2. Instrukcja obsługi przemiennika Power Flex 70.

Załącznik 3. Instrukcja obsługi karty komunikacyjnej 20 – COMM – E .

Załącznik 4. Instrukcja obsługi stanowiska.

Załącznik 5. Kod programu stanowiska ze sterownikiem CompactLogix.