

**Marian NOGA, Paweł KWASNOWSKI, Grzegorz WRÓBEL,
Marcin JACHIMSKI, Zbigniew MIKOŚ, Grzegorz HAYDUK**
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA, KATEDRA AUTOMATYKI NAPĘDU I URZĄDZEŃ PRZEMYSŁOWYCH EAiE

Działalność Katedry Automatyki Napędu i Urządzeń Przemysłowych w zakresie automatyki budynków oraz programowalnych systemów sterowania i automatycznej regulacji

Prof. dr hab. inż. Marian NOGA

Profesor zwyczajny AGH, KANiUP, absolwent WEGiH AGH (1961), 1969 doktorat, 1975 habilitacja, 1983 tytuł prof., 1997 prof. zw. 1978-1984 Prodziekan Wydziału EAiE, 1981-1988 z-ca dyrektora IMiSUE, od 1993 kierownik Katedry Maszyn Elektrycznych AGH, 1976-1989 Uniwersytet Śląski, kierownik Zakładu Elektrotechniki i Automatyki, 1982-1984 z-ca dyrektora Instytutu Problemów Techniki, 1989-2004 organizator i dyrektor ACK „Cyfronet” w Krakowie.



e-mail: M.Noga@cyfronet.krakow.pl

Dr inż. Marcin JACHIMSKI

Adiunkt w Katedrze Automatyki Napędu i Urządzeń Przemysłowych AGH w Krakowie. Absolwent Wydziału EAiE AGH (1988), doktorat EAiE AGH (2004). Pracuje w KANiUP AGH od 1988. Autor i współautor artykułów i rozwiązań przemysłowych głównie w dziedzinie programowalnych systemów sterowania przemysłowego.



e-mail: m.jachimski@agh.edu.pl

Mgr inż. Paweł KWASNOWSKI

Starszy wykładowca w Katedrze Automatyki Napędu i Urządzeń Przemysłowych AGH w Krakowie. Absolwent Wydziału EAiE AGH (1977). Pracuje w KANiUP AGH od 1988. Współautor 4 patentów. Autor i współautor artykułów i rozwiązań przemysłowych w dziedzinie automatyki przemysłowej i automatyki budynków.



e-mail: kwasn@agh.edu.pl

Dr inż. Zbigniew MIKOŚ

Adiunkt w Katedrze Automatyki Napędu i Urządzeń Przemysłowych AGH w Krakowie. Absolwent Wydziału EAiE AGH (1984), doktorat EAiE AGH (1999). Pracuje w KANiUP AGH od 1984. Autor i współautor artykułów i rozwiązań przemysłowych w dziedzinie energoelektroniki i automatyki przemysłowej.



e-mail: mikos@agh.edu.pl

Dr inż. Grzegorz WRÓBEL

Adiunkt w Katedrze Automatyki Napędu i Urządzeń Przemysłowych AGH w Krakowie. Absolwent Wydziału EAiE AGH (1988), doktorat EAiE AGH (2003). Pracuje w KANiUP AGH od 1988. Autor i współautor artykułów i rozwiązań przemysłowych w dziedzinie automatyki przemysłowej i systemów czasu rzeczywistego.



e-mail: wrobel@tsunami.kaniup.agh.edu.pl

Dr inż. Grzegorz HAYDUK

Adiunkt w Katedrze Automatyki Napędu i Urządzeń Przemysłowych AGH w Krakowie. Absolwent Wydziału EAiE AGH (1996), doktorat EAiE AGH (2005). Pracuje w KANiUP AGH od 1999. Autor i współautor artykułów i rozwiązań przemysłowych w dziedzinach automatyki przemysłowej i automatyki budynków.



e-mail: hayduk@kaniup.agh.edu.pl

Institute of Electrical Drives and Industrial Equipment Automation activities in the fields of Building Automation and Industrial Control Systems

Abstract

Department of Drive Automation and Industrial Equipments for over 40 years implements successfully practice results of scientific development in industry. Description of these industrial cooperations have been placed in textbooks [1, 8], technical articles [2, 3, 4, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22] and in national and international conferences abstracts [5, 6, 7, 9, 11, 13, 19, 20]. Four exemplary applications will be discussed more in detail, for four thematic groups:

- Programable logic controllers - on example of control system of the blast furnace.
- Building Automation - on example of building automation installation in pavilion B1 at University of Science and Technology in Kraków
- Digitally controlled exciters for synchronous motors – on example of excitation current control of two synchronous motors
- Industrial Soft PLC – on example of distributed control system of stone-crushing line

Keywords: Industrial automation, control systems, PLC, programable logic controllers, building automation, LonWorks, thyristor exciters.

Streszczenie

Katedra ANiUP AGH od ponad 40 lat skutecznie wdraża do praktyki przemysłowej wyniki swoich prac naukowo-badawczych. Doświadczenia zgromadzone we współpracy z przemysłem znalazły się w podręcznikach [1, 8], artykułach technicznych [2, 3, 4, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22] oraz referatach na konferencjach krajowych i międzynarodowych [5, 6, 7, 9, 11, 13, 19, 20]. Bardziej szczegółowo zostaną omówione cztery przykładowe aplikacje, dla różnych grup tematycznych:

- Programowalne sterowniki przemysłowe – na przykładzie automatyki wielkiego pieca nr 5 w HTS.
- Technologia LonWorks – na przykładzie instalacji automatyki budynku w Pawilonie B1 AGH.
- Cyfrowe układy sterowania przekształtników prądu stałego – na przykładzie tyrystorowych wzbudnic silników synchronicznych.
- Sterowniki przemysłowe Soft PLC – na przykładzie automatyki linii technologicznej do kruszenia kamienia w wapienniku.

Słowa kluczowe: Automatyka przemysłowa, sterowniki przemysłowe, automatyka budynków, LonWorks, wzbudnice tyrystorowe.

1. Wstęp

Jako główne osiągnięcia wdrożeniowe wyników prac naukowo-badawczych, zrealizowanych na przestrzeni lat: 1960 – 2002

w zespołach: Automatyki Napędu, Energoelektroniki i Czasu Rzeczywistego, można wyliczyć między innymi:

- Układy sterowania i automatycznej regulacji tyrystorowych napędów prądu stałego i prądu przemiennego, o mocach od 100 kW do 2 x 3,6 MW. Ponad 400 układów napędowych o łącznej mocy zainstalowanej rzędu 600 MW pracuje w polskim przemyśle hutniczym i górnictwym oraz za granicą (np. w Chinach) [2, 3, 4, 6, 7, 10].
- Cyfrowe układy nadrzędnego sterowania zespołami napędów pracują w kilkunastu ciągłych walcowniach gorących: [5, 9, 10].
- Programowalne sterowniki przemysłowe **PLC-2000**, znalazły zastosowanie m. in.: na 3 wielkich piecach i w aglomerowni Huty VSŽ w Koszycach na Słowacji [9, 11], na dwóch wielkich piecach w HTS S.A. w Krakowie [12, 13, 14, 19], w cementowniach, wapiennikach i innych.
- Zintegrowany system automatyzacji budynków na bazie technologii LonWorks [15, 16, 17, 18] oraz monitoringu mediów [20, 21] znalazł zastosowanie w pilotażowej instalacji automatyki budynku w Pawilonie B1 AGH, w III Kampusie UJ i innych.
- Cyfrowe układy sterowania i automatycznej regulacji przekształtników prądu stałego zostały zastosowane do zasilania i regulacji prądów wzbudzenia dwóch silników synchronicznych po 4,2 MW, w Podziemnym Magazynie Gazu w Husowie koło Łańcuta [22].

2. System sterowania wielkim piecem nr 5 w HTS

W latach 1996 do 1998, w ramach Projektu Celowego Nr: 7 7851.95C/2509 pt.: „PROEKOLOGICZNA MODERNIZACJA WIELKIEGO PIECA nr 5 oraz BADANIA na INSTALACJI DOŚWIADCZALNEJ”, współfinansowanego przez Komitet Badań Naukowych, została wykonana praca pt.: „System sterowania Wielkim Piecem nr 5 oraz badania na instalacji doświadczalnej” [14].

System sterowania realizuje: funkcje załadunku wielkiego pieca, regulację jego parametrów, sterowanie nagrzewnicami dmuchu oraz napędami pomocniczymi i odpylaniem. Dodatkowo zainstalowany jest również bardzo rozbudowany system zbierania danych i monitorowania parametrów technologicznych (system informacyjny).

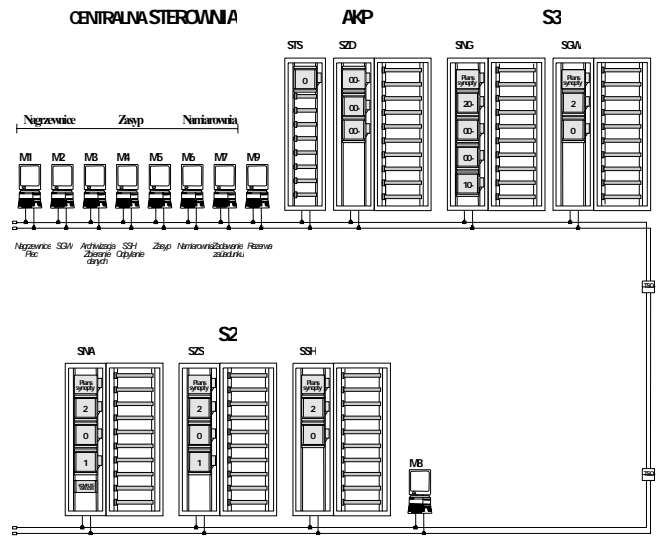
Jest to wielopoziomowy, rozproszony, komputerowy system sterowania, pracujący pod kontrolą operacyjnego systemu czasu rzeczywistego QNX, zrealizowany za pomocą 10 programowalnych sterowników przemysłowych PLC-2000 i komputerów PC-Pentium.

Cechą wyróżniającą systemu jest to, że wszystkie jego elementy (sterowniki PLC-2000 i komputery PC-Pentium) stanowią węzły podwójnej, automatycznie balansowanej sieci QNXnet, na nośniku typu ETHERNET (częściowo światłowodowym).

System steruje pracą 500 napędów mechanizmów wykonawczych oraz przebiegiem procesów technologicznych poprzez: 4 700 sygnałów dwustanowych i 50 pętli automatycznej regulacji wielkości technologicznych, takich jak: temperatury, ciśnienia, przepływy gazów i cieczy, składy mieszanin gazowych itp. Około 400 wielkości technologicznych jest gromadzonych w relacyjnej bazie danych SQL. Mogą one być wizualizowane i przedstawiane w formie wykresów w wybranych przedziałach czasu. System umożliwia również sporządzanie raportów: godzinowych, zmianowych, dobowych, tygodniowych, miesięcznych i rocznych – z przebiegu procesu technologicznego.

Konfigurację systemu pokazano na rys. 1. System podzielony jest na dwa poziomy:

- **poziom sterowania bezpośredniego**, oparty na bazie sterowników przemysłowych (PLC-2000),
- **poziom sterowania nadrzędnego**, realizowany na bazie komputerów klasy PC, który zapewnia kompleksowe sterowanie technologiczne oraz wizualizację i archiwizację przebiegu procesu.



Rys. 1. Konfiguracja systemu sterowania wielkiego pieca WP 5
Fig. 1. Control system of blast furnace WP 5

2.1. Poziom sterowania bezpośredniego

W skład urządzeń **poziomu sterowania bezpośredniego** wchodzi następujące zespoły:

- Sterownik namiarowni,
- Sterownik zasypu, wyciągu skipowego i regulacji parametrów pieca,
- Sterowniki nagrzewnic dmuchu,
- Sterowniki zbierania danych analogowych.

2.2. Poziom sterowania nadrzędnego

Poziom sterowania nadrzędnego zapewnia kompleksowe sterowanie technologiczne wszystkich urządzeń wielkiego pieca oraz wizualizację stanu procesu, sterowanie operatorskie i archiwizację.

2.3. System informacyjny

System informacyjny pełni funkcje zbierania, archiwizacji, opracowania, wizualizacji i wydruku danych otrzymywanych ze sterowników poziomu sterowania bezpośredniego. Rejestracja i archiwizacja danych odbywa się na dwóch płaszczyznach czasowej: (dane: 2 sek., 30 sek., 5 min., 1 godz., 8 godz., 24 godz.) i technologicznej: dane dotyczące składników załadunku (czas archiwizacji 1 miesiąc) i dane dotyczące spustu (czas archiwizacji 12 miesięcy).

Najważniejsze z funkcji realizowanych przez system informacyjny to:

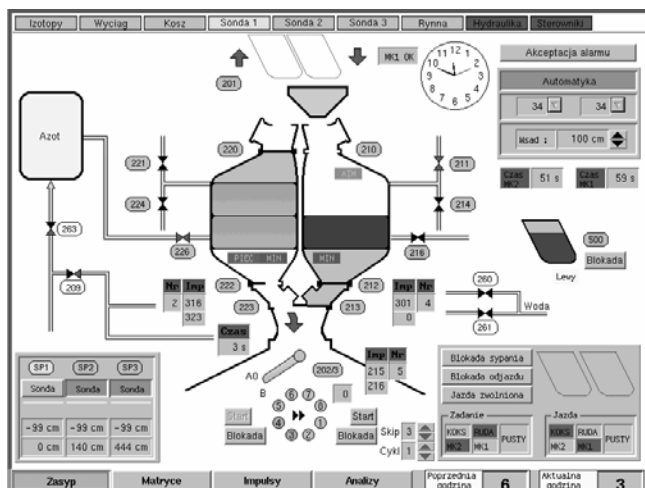
- zadawanie parametrów i programowanie sekwencji załadunku,
- wizualizację i sterowanie operatorskie namiarowni,

- wizualizację i sterowanie operatorskie zasypu i jazdy skipów,
- wizualizację i sterowanie operatorskie kompleksu pieca wraz z nagrzewnicami,
- wizualizację i sterowanie operatorskie systemu gospodarki wodnej, chłodzenia pieca, hydroformi oraz stacji sprężarek,
- wizualizację i sterowanie operatorskie systemu stacji hydraulicznej, oraz odpylania.

2.4. Sterowanie załadunkiem wielkiego pieca

Sterowanie załadunkiem pieca składa się ze sterowania namiarownią, wyciągiem skipowym i urządzeniem bezstożkowego zasypu.

Na rys. 2 pokazano przykładowo ekran sterowania urządzeniem zasypowym wielkiego pieca. Oprócz stanu napędów urządzenia zasypowego, na ekranie są przedstawione wartości ciśnienia w poszczególnych gałęziach rurociągu azotu dostarczanego do komór, temperatury pod dolnymi klapami i w rozdzielaczu, jak również: temperatura, ciśnienie i przepływ azotu dostarczanego do zbiornika.



Rys. 2. Jeden z ekranów systemu nadrzędnego sterowania wielkiego pieca
Fig. 2. One of the supervising system screens of blast furnace control system

2.5. Doświadczenia z eksploatacji systemu

Po rocznym okresie eksploatacji instalacji doświadczalnej, odbyło się komisyjne podsumowanie tego okresu badań. Stwierdzono, że dyspozycyjność systemu jest wyższa niż **99,88 %**.

Pomyślny przebieg realizacji tak poważnego zadania, jakim było opracowanie i wdrożenie do produkcji oraz eksploatacji nowoczesnego, bardzo dużego, rozproszonego systemu sterowania wielkim piecem pozytywnie świadczy o możliwościach polskich naukowców, konstruktorów i programistów.

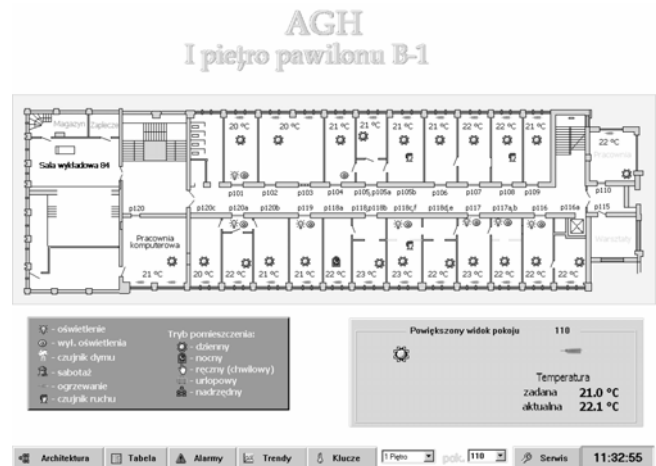
3. Technologia LonWorks

W ramach Grantu Uczelnianego Zamawianego została zrealizowana pilotażowa instalacja automatyki budynku na Wydziale EAIiE AGH w Krakowie w trzech etapach w latach: 1998 do 2002. Etap I objął 4 pokoje na parterze pawilonu B1, etap II - pozostałe 22 pokoje na parterze tego samego pawilonu B1, pokazane na rys. 3, a etap III – całe I piętro oraz monitoring ruchu personelu na bramie wejściowej pawilonu B1 [15, 16]. W roku 2006 zrealizowana została instalacja automatyki II i III piętra.

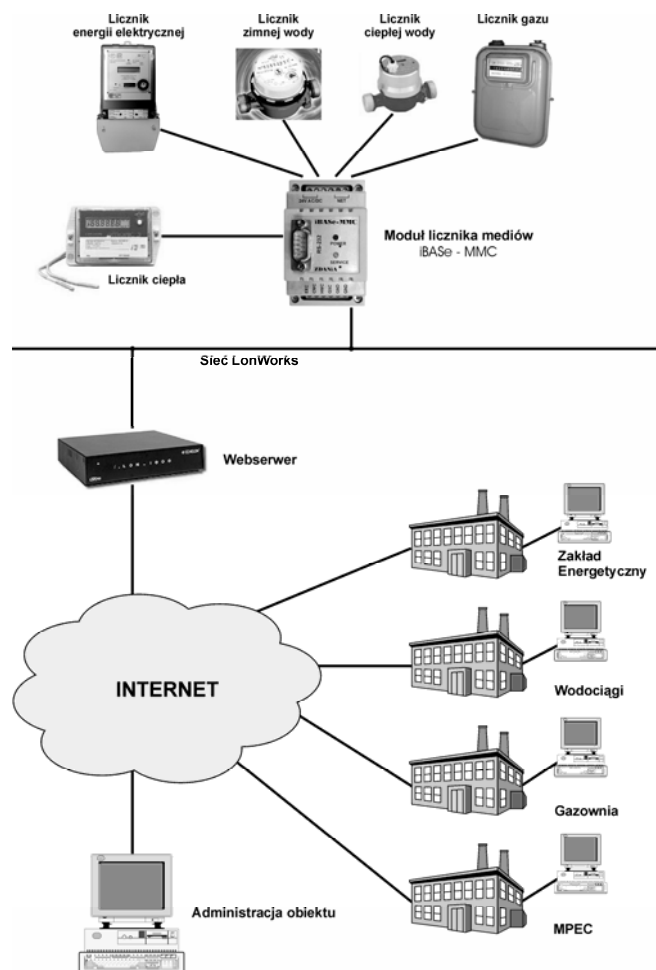
W trakcie realizacji tych prac badawczych zostały opracowane w KANiUP AGH oraz wykonane w ZDANIa Sp. z o.o. i opro-

gramowane: prototypowe sterowniki pomieszczeń oraz zadajniki i mierniki temperatury w pomieszczeniach; a następnie zainstalowane wraz z odpowiednimi czujnikami i elementami wykonawczymi w pokojach objętych systemem pilotażowym. Został również opracowany program nadrzędny, dla zdalnego monitorowania, programowania i sterowania pracą systemu [17].

Wyniki badań nad technologią LonWorks znalazły również zastosowania w automatyzacji innych budynków, np.: w III Kampusie UJ i szeregu obiektów administracyjnych i hotelowych w Krakowie i w Polsce.



Rys. 3. Instalacja pilotażowa automatyki budynku
Fig. 3. Building automation system – preliminary installation



Rys. 4. Koncepcja zintegrowanego systemu zdalnego monitoringu mediów
Fig. 4. Concept of integrated data acquisition system in building automation

Na bazie tej technologii powstała realizacja możliwości prostego i taniego zintegrowanego systemu zdalnego monitoringu i rozliczania mediów, w oparciu o specjalizowany moduł zintegrowanego licznika mediów **iBAsE – MMC** [20]. Schemat takiego systemu pokazano na rys. 4.

Został również opracowany i zbadany w warunkach laboratoryjnych oraz przemysłowych **Internetowy Loger eLOG™** do zdalnego monitorowania i sterowania procesów technologicznych poprzez sieć Internet/Intranet [21]. Urządzenie może być włączane bezpośrednio do tej sieci bez dodatkowych interfejsów, a wizualizacja zbieranych sygnałów oraz konfiguracja i programowanie urządzenia możliwe są poprzez standardową przeglądarkę internetową. Zostało ono wykorzystane do zdalnego monitorowania pracy węzła ciepłowniczego w jednym z budynków AGH

4. Tyristorowe wzbudnice silników synchronicznych ze sterowaniem cyfrowym

W ramach prac badawczych zostały w KANiUP opracowane, a następnie wdrożone do produkcji w ZDANiA – **cyfrowe układy sterowania i automatycznej regulacji tyristorowych przekształtników prądu stałego**.

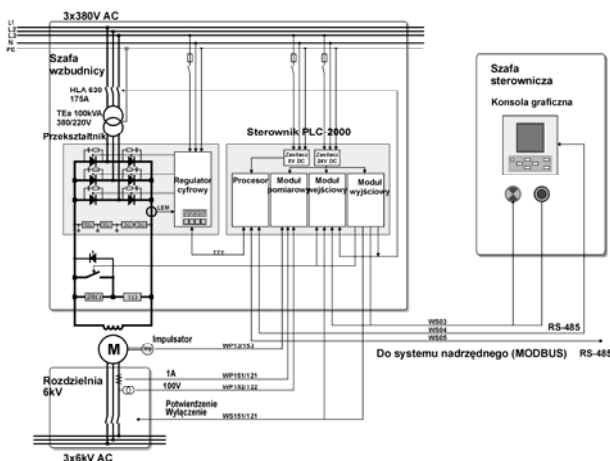
Wyniki tych prac znalazły zastosowanie przemysłowe w pierwszym wykonanym w Polsce, oryginalnym układzie tyristorowych wzbudnic silników synchronicznych ze sterowaniem cyfrowym.

Wzbudnice te zostały w roku 2001 zainstalowane i uruchomione w Podziemnym Magazynie Gazu w Husowie koło Łańcuta do zasilania i regulacji prądów wzbudzenia dwóch silników synchronicznych o mocach po 4,2 MW, służących do napędzania łokowych sprężarek gazu ziemnego.

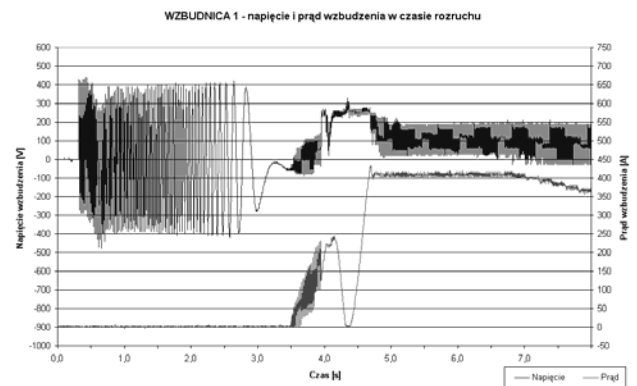
Na rys. 5 pokazany został schemat blokowy układu zasilania i regulacji silnika synchronicznego napędzającego łokową sprężarkę gazu ziemnego, a na rys. 6 – przebiegi prądu i napięcia wzbudzenia w czasie rozruchu silnika synchronicznego.

Cyfrowy układ sterowania i automatycznej regulacji spełnia następujące funkcje:

- steruje kątem wysterowania przekształtnika,
- steruje i kontroluje proces rozruchu silnika,
- realizuje automatyczną regulację prądu wzbudzenia silnika,
- kontroluje wypadnięcie silnika z synchronizmu,
- realizuje komunikację z konsolą operatora oraz nadrzędnym systemem sterowania i wizualizacji.



Rys. 5. Schemat blokowy układu zasilania i regulacji silnika synchronicznego
Fig. 5. Blok diagram of supplying and control system of synchronous engine



Rys. 6. Przebiegi prądu i napięcia wzbudzenia silnika w czasie jego rozruchu
Fig. 6. Current and voltage diagram during engine excitations

Pomyślne rezultaty przemysłowego wdrożenia wyników prac badawczych nad cyfrowymi układami sterowania i automatycznej regulacji tyristorowych przekształtników prądu stałego pozwalają na rozszerzenie tych badań i dalsze ich aplikacje w zakresie układów napędowych prądu stałego średniej i dużej mocy.

5. Sterowniki Soft PLC

Sterowniki PLC-2000 wykorzystane w systemie sterowania są sterownikami SoftPLC zbudowanymi w oparciu o mikrokomputer wbudowane z procesorem Pentium 300MHz, interfejs sieci Ethernet 100Mb i specjalizowane moduły wejść i wyjść zarówno cyfrowych (dwustanowych) jak i ciągłych (analogowych). W sterownikach zastosowany został system operacyjny czasu rzeczywistego QNX® Neutrino® (QRTP w wersji 6.1), w którym uruchomione jest środowisko ISaGRAF.

5.1. Środowisko ISaGRAF

ISaGRAF firmy ICS Triplex jest środowiskiem do tworzenia rozproszonych aplikacji sterowania i regulacji. W środowisku ISaGRAF można wyróżnić dwie podstawowe części:

- Środowisko do projektowania, kodowania, kompilowania, testowania (symulacji) i uruchamiania aplikacji na sterowniku (Workbench) pracujące pod kontrolą systemu operacyjnego Microsoft Windows NT/2000/XP. Kompilator języków programowania zgodnych z normą IEC-61131 wbudowany w środowisko ISaGRAF pozwala wygenerować kod dla różnych platform sprzętowych i dla różnych systemów operacyjnych: Windows NT, RTX, Linux, QNX, VxWorks, OS9). Kompilator ISaGRAF może wytwarzać dwa rodzaje kodu:

- kod pośredni (tzw. TIC – Target Independent Code), który jest następnie interpretowany przez maszynę wirtualną niezależną od algorytmu sterowania uruchamianą jako proces w sterowniku,
- kod w języku C, który można następnie skompilować, skonsolidować i w wyniku tego otrzymać program sterowania, który uruchamia się jako proces pracujący pod nadzorem systemu operacyjnego w sterowniku.

- programy pracujące na sterowniku. Wśród nich można wyróżnić – zależnie od sposobu kompilacji – maszynę wirtualną interpretującą pośredni kod aplikacji sterowania albo program wykonywalny aplikacji sterowania.

Środowisko projektowe ISaGRAF Workbench pozwala zdefiniować poszczególne elementy aplikacji sterowania:

- architekturę sprzętową i platformę systemową poszczególnych sterowników oraz połączenia sieciowe między tymi sterownikami,

- zasoby rozumiane jako baza zmiennych wraz z programami, blokami funkcjonalnymi i funkcjami oraz zbiór parametrów kompilacji i wykonywania danego zasobu w sterowniku,
- architekturę oraz przypisanie wejść i wyjść sterownika do poszczególnych zmiennych roboczych,
- powiązania logiczne między zasobami definiujące zmienne, których wartości mają być przekazywane pomiędzy różnymi zasobami.

Algorytmy sterowania można kodować używając języków programowania zdefiniowanych w normie IEC61131:

- schematów drabinkowych (LD),
- schematów bloków funkcyjnych (FBD),
- diagramów sekwencyjnych (SFC),
- tekstu strukturalnego (ST),
- listy instrukcji (IL).

Programy można definiować używając wszystkich wymienionych wyżej języków; bloki funkcjonalne przy pomocy języków LD, FBD, SFC albo ST, a funkcje przy pomocy języków LD, FBD albo ST.

W sterowniku środowisko ISaGRAF pracuje pod nadzorem systemu operacyjnego czasu rzeczywistego QNX[®] Neutrino[®]. System ten wybrano ponieważ:

- jest on zbudowany w oparciu o mikrojądro z ochroną pamięci,
- komponenty systemu nie wbudowane do mikrojądra (sterowniki, stosy TCP/IP, aplikacje użytkownika) pracują poza jądrem jako niezależne procesy (z pełną ochroną pamięci),
- procesy komunikują się za pomocą jednolitego sposobu komunikacji – wymiany wiadomości,
- każdy komponent systemu, który ulegnie awarii może być ponownie uruchomiony bez wpływu na inne procesy
- poszczególne komponenty systemu mogą być dodawane i usuwane bez konieczności zatrzymywania i ponownego przeladowywania systemu.

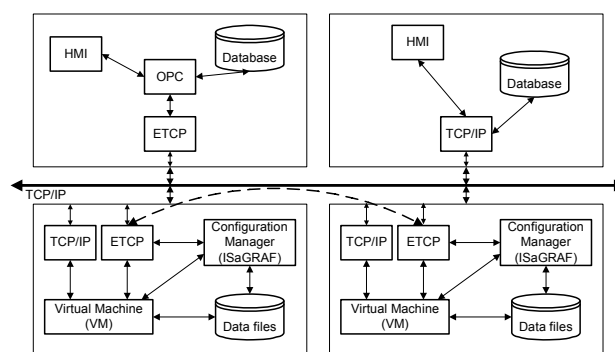
Środowisko ISaGRAF pracujące na platformie sterownika składa się z następujących modułów:

- maszyny wirtualnej (VM), która wykonuje kod sterownika,
- modułu Enhanced TCP (ETCP), który służy do zapewnienia komunikacji
 - z innymi maszynami wirtualnymi w celu wymiany danych między nimi,
 - pomiędzy maszyną wirtualną a systemem nadrzędnym (systemem wizualizacji, bazą danych).
- menedżera konfiguracji (ISaGRAF), który nadzoruje pracę wszystkich modułów,
- plików zawierających konfigurację systemu oraz plików danych,
- sterownika TCP/IP (opcjonalnie), który pozwala na komunikację z systemem nadrzędnym.

System nadrzędny może komunikować się ze sterownikiem (środowiskiem ISaGRAF) przy użyciu protokołu ETCP lub TCP/IP. Dzięki odpowiednim sterownikom i technologii OPC wizualizacja i baza danych systemu nadrzędnego może komunikować się z algorytmem sterowania (maszyną wirtualną lub programem wykonywalnym realizującym algorytm sterowania).

Przykładowy system sterowania złożony z dwóch sterowników pracujących w środowisku ISaGRAF i dwóch systemów nadrzęd-

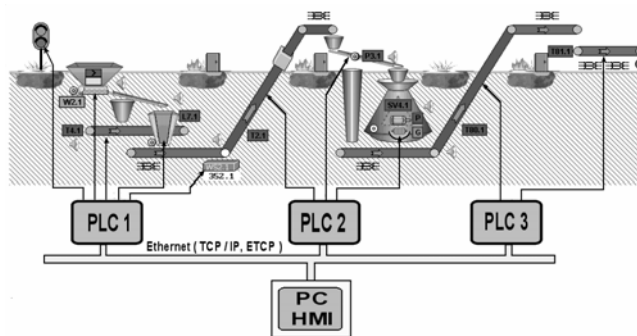
nych zawierających wizualizację i bazy danych przedstawia rysunek 7.



Rys. 7. Przykładowy system sterowania w środowisku ISaGRAF
Fig. 7. Example control system in ISaGRAF environment

5.2. Linia technologiczna kruszenia kamienia

Kruszarnia kamienia składa się z dwóch identycznych nitek technologicznych. Schemat jednej linii kruszenia kamienia wraz ze strukturą systemu sterowania przedstawiono na rysunku 8.



Rys. 8. Schemat technologiczny linii kruszenia kamienia
Fig. 8. Technological diagram of stone-crushing line

Linia kruszenia kamienia składa się z trzech głównych obiektów technologicznych:

1) Łamiarni wstępnej kamienia, której zadaniem jest wstępne rozdrobnienie dużych bloków skalnych. W skład łamiarni wchodzi następujące urządzenia technologiczne:

- Zbiornik kamienia (do którego dostarczany jest materiał z kamieniołomu) wraz z sygnalizatorem świetlnym do regulacji ruchu samochodami dowożącymi kamień,
- Podawacz wózkowy (W2.1) umożliwiający pobieranie materiału ze zbiornika z zadaną wydajnością,
- Przesiewacz wstępny oddzielający drobny materiał skalny, który przy pomocy pomocniczego transportera taśmowego (T4.1) kierowany jest bezpośrednio do sortołamiarni, z pominięciem kruszarki szczękowej (L7.1),
- Kruszarka szczękowa (L7.1) służąca do rozdrabniania dużych bloków skalnych,
- Waga materiału (WS2.1) mierząca bieżącą wydajność ciągu.

2) Sortołamiarni, której zadaniem jest dalsze rozdrobnienie materiału. W skład sortołamiarni wchodzi następujące urządzenia technologiczne:

- Transporter taśmowy (T2.1) transportujący materiał z łamiarni do sortołamiarni,

- Przesiewacz, oddzielający drobny materiał, który jest kierowany bezpośrednio do oddziału płukania kamienia.
- Kruszarzka stożkowa (SV4.1) wraz z urządzeniami pomocniczymi służąca do rozdrobnienia kamienia do żądanej granulacji.

3) Transportery końcowe (T80.1 i T81.1) przenoszące pokruszony materiał do oddziału płukania.

System sterowania jedną linią kruszenia kamienia jest systemem rozproszonym, złożonym z trzech sterowników:

- 1) Pierwszy sterownik (PLC 1) obsługuje urządzenia łamiarni: zbiornik kamienia z sygnalizatorem świetlnym, podawacz wózkowy (W2.1), transporter taśmowy (T4.1), kruszarkę szczękową (L7.1) oraz wagę surowca (WS2.1).
- 2) Drugi sterownik (PLC 2) steruje urządzeniami sortołamiarni: transporterem taśmowym (T2.1), przesiewaczem (P3.1) oraz kruszarką stożkową (SV4.1) wraz jej urządzeniami pomocniczymi.
- 3) Trzeci sterownik (PLC 3) obsługuje dwa końcowe transportery taśmowe (T80.1 i T81.1).

6. Uwagi końcowe

Doświadczenia zgromadzone w trakcie realizacji opisanych powyżej aplikacji a zwłaszcza pozytywne rezultaty ich wdrożenia pozwalają nie tylko na podjęcie dalszych badań w tych kierunkach ale również na rozszerzenie ich zakresu. Biorąc pod uwagę bardzo szybki rozwój technologii zarówno w zakresie sprzętu jak i oprogramowania trzeba zwrócić uwagę na konieczność nadążania za światowymi rozwiązaniami w opisywanych obszarach. Przedstawione rozwiązania muszą być zatem rozwijane i unowocześniane w sposób ciągły po to, aby mogły być w każdej chwili zaoferowane jako nowoczesne i zgodne z aktualnymi światowymi trendami i możliwościami technicznymi w tych dziedzinach.

7. Literatura

- [1] Praca zbiorowa, „Projektowanie przekształtników tyrystorowych”, WNT, Warszawa, 1974.
- [2] H. Zygmunt, P. Macko, „Założenia systemu układów tyrystorowych napędów prądu stałego w hutnictwie”, Przegląd Elektrotechniczny Nr 8, 1974.
- [3] H. Zygmunt, J. Wyźga, „Doświadczenia z uruchomienia napędów tyrystorowych w Walcowni Dużej Huty Zawiercie”, Zeszyty Naukowe AGH, Nr 496, Kraków 1975.
- [4] H. Zygmunt, A. Senderski, „Problemy zasilania i sterowania ciężkich napędów przekształtnikowych z silnikami prądu stałego dla górnictwa i hutnictwa”, Gospodarka Paliwami i Energią, Nr 8/9, 1975.
- [5] H. Zygmunt, J. Seńkowski, H. Widlok, „Digital Systems of Superior Control of the Groups of Electric Drives”, World Electrotechnical Congress, Sektion 6, Rapport 14, Moscow 1977.
- [6] H. Zygmunt, A. Żur, Z. Mikoś, „First, prototype cycloconverter fed synchronous motor winding machine drive system in Poland”, 3-rd European Conference on Power Electronics and Application, Aachen, RFN, 1989.
- [7] H. Zygmunt, Z. Mikoś, „Control system of cycloconverter drive”, 11-th IFAC World Congress, Tallin, USSR, 1990.
- [8] J. Jaczewski, H. Zygmunt, „Poradnik inżyniera elektryka”, t. II, Rozdz. 10 - Energoelektronika, WNT, Warszawa, 1992.
- [9] H. Zygmunt, J. Seńkowski, P. Kwasnowski, G. Wróbel, M. Jachimski, M. Zygmunt, „Industrial Application of Programmables Control Systems, Developed in AGH Kraków”, Proceedings of International Conference ED&PE'92, Kosice, Vol. 1. pp. 25–31, 1992.
- [10] H. Zygmunt, „Nieliniowości i specyfika przekształtników prądu stałego i bezpośrednich przemienników częstotliwości oraz ich sterowania na tle doświadczeń z wdrażania wyników prac badawczych do praktyki przemysłowej”, Zeszyty Naukowe AGH – Elektrotechnika, zeszyt 23, Kraków, 1993.
- [11] H. Zygmunt, P. Kwasnowski, M. Zygmunt, Z. Mikoś, G. Wróbel, R. Obst, P. Trunkat, I. Spička, „Construction and Programming of the microcomputer based controllers of the analogue variables”, Proceedings of International Conference on Electrical Drives and Power Electronics ED&EP'94, the High Tatras, Slovakia, Vol. 2, pp. 471-476, October 18 ÷ 20, 1994.
- [12] G. Wróbel, G. Hayduk, „Przemysłowa aplikacja układu sterowania pracująca pod kontrolą systemu operacyjnego QNX”, Software 12/97, s. 42–45, Warszawa, grudzień 1997.
- [13] H. Zygmunt, G. Wróbel, P. Kwasnowski, G. Hayduk, M. Jachimski, „Zastosowanie sieci QNXnet w rozproszonym systemie sterowania wielkim piecem”, Materiały VI Konferencji „Sieci komputerowe”, Zakopane, 23 ÷ 26.VI.1999, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria: INFORMATYKA z. 36, s. 693–708, 1999.
- [14] H. Zygmunt, G. Wróbel, P. Kwasnowski, G. Hayduk, M. Jachimski, Z. Mikoś, „Doświadczenia z rozruchu i dwuletniej eksploatacji systemu sterowania wielkim piecem nr 5 w Hucie im. T. Sendzimira SA. w Krakowie”, Zeszyty Naukowe AGH, seria: ELEKTROTECHNIKA i ELEKTRONIKA, z. 3, s. 103–135, 1999.
- [15] P. Kwasnowski, „Przykład zastosowania technologii LONWORKS do integracji systemów automatyzacji budynków”, JAKOŚĆ i UŻYTKOWANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ; t.5, zeszyt 1, s. 109–117, 1999.
- [16] P. Kwasnowski, „Pilotażowa instalacja sieci LONWORKS do sterowania inteligentnym budynkiem – już pracuje w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie”, PAK Nr 5, s. 24–27, 1999.
- [17] P. Kwasnowski, „iBAsE™ - Zintegrowany system automatyzacji budynków na bazie technologii LonWorks®”, PAK, Nr 11, s. 31–33, 1999.
- [18] P. Kwasnowski, J. Papierz, „Inteligentny budynek – inteligentny szpital”, PRZEWODNIK MENERŻERA ZDROWIA, nr 1, s. 43–47, grudzień 1999.
- [19] H. Zygmunt, G. Wróbel, P. Kwasnowski, G. Hayduk, M. Jachimski, „Problemy rezerwowania danych w rozproszonym systemie sterowania zbudowanym na bazie systemu operacyjnego QNX”, STUDIA INFORMATICA 2000, Volume 21, Number 3 (41), pp. 201–215, Silesian University of Technology Press, Gliwice, 2000.
- [20] P. Kwasnowski, H. Zygmunt, J. Seńkowski, G. Hayduk, M. Jachimski, „Zastosowanie technologii LonWorks w systemach automatyki budynków i monitoringu mediów”, STUDIA INFORMATICA, Volume 22, Number 3 (45), pp. 291–309, Silesian University of Technology Press, Gliwice, 2001.
- [21] M. Jachimski, G. Wróbel, G. Hayduk, H. Zygmunt, P. Kwasnowski, „Monitorowanie procesów przemysłowych przez internet”, STUDIA INFORMATICA, Volume 22, Number 4 (46) pp. 245–253, Silesian University of Technology Press, Gliwice, 2001.
- [22] H. Zygmunt, J. Wyźga, Z. Mikoś, J. Seńkowski, G. Wróbel, G. Hayduk, P. Kwasnowski, M. Jachimski, „Tyrystorowe wzbudnice silników synchronicznych ze sterowaniem cyfrowym”, Zeszyty Naukowe AGH, seria: ELEKTROTECHNIKA i ELEKTRONIKA, (w druku), 2002.
- [23] Wróbel G., Mikoś Z., Hayduk G., Kwasnowski P., Jachimski M., Zygmunt H.: Zastosowanie protokołu TCP/IP w rozproszonym systemie sterowania kruszarnią kamienia., Wysokowydajne sieci komputerowe, Zastosowanie i bezpieczeństwo, pod red. A. Kwietnia i A.Grzywaka, rozdz. 44, s. 465-474, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2005
- [24] Mikoś Z., Wróbel G., Hayduk G., Kwasnowski P., Jachimski M., Zygmunt H.: Using ISAGRAF environment for stone-crushing line control; Proceeding of 6th International Carpatian Control Conference ICC'05, s. 311-316, Miskolc, Węgry, May 24-27 2005.