

PORADNIK

elektro.info.pl

Sterowniki PLC, enkodery, pulpity sterownicze



Redakcja

Adres redakcji

ul. Karczewska 18, 04-112 Warszawa
tel. 22 810 65 61
faks 22 810 27 42
redakcja@elektro.info.pl
www.elektro.info.pl



Reklama: Karolina Rosa, krosa@medium.media.pl

Redakcja: Anna Kuziemska, akuziemska@elektro.info.pl



Grupa MEDIUM

Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.K.
ul. Karczewska 18, 04-112 Warszawa
tel. 22 810 21 24, faks 22 810 27 42
ISBN 978-83-64094-10-1

Spis treści

▪ Sterowniki PLC – wprowadzenie	4
▪ Charakterystyka zaawansowanych architektur sterowników PLC – sprzęt	6
▪ Systemy kontrolno-pomiarowe w diagnostyce systemów przemysłowych	10
▪ Programowalne sterowniki na bazie sterowników Unitronics z serii Jazz, M90 oraz Vision – prezentacja	16
▪ Adresowanie modułów cyfrowych wejść i wyjść w obszarze pamięci sterowników PLC	18
▪ Dräger REGARD® 7000 – prezentacja	24
▪ Sterowniki PLC i układy sterowania	26
▪ Ekonomiczne rozwiązania w automatyce z wykorzystaniem paneli HMI i sterowników PLC Wecon – prezentacja ..	30
▪ Przetworniki położenia liniowego i kąтового – interesujące rozwiązania	32
▪ Enkodery liniowe i obrotowe – wybrane rozwiązania – prezentacja	33
▪ Precyzyjne pomiary przesunięcia i kąta obrotu	34
▪ Enkodery obrotowe – interesujące rozwiązania	36
▪ Podstawowe parametry paneli operatorskich	38
▪ Nowe rozwiązania ANIRO – prezentacja	40
▪ Architektura sieci TCP/IP i jej aplikacje w systemach automatyki i sterowania – urządzenia sieciowe i aplikacje ...	42
▪ PLCnext Technology w obliczu rozwoju IoT i przemysłu 4.0 – prezentacja	46
▪ Mechanizmy automatycznej identyfikacji, konfiguracji i wymiany danych z modułami wewnętrznymi inteligentnego urządzenia kontrolno-pomiarowego	49
▪ Katalog firm	52



PRECYZYJNY RUCH, DOKŁADNY POMIAR.

THIS IS **SICK**

Sensor Intelligence.



Enkodery i czujniki nachylenia firmy SICK umożliwiają precyzyjny i wydajny pomiar prędkości oraz ustalenie położenia i kąta obrotu. Ważną cechą czujników firmy SICK jest łatwa parametryzacja i elastyczne programowanie. Kompaktowe obudowy umożliwiają uniwersalny montaż w każdej aplikacji. Urządzenia te są oparte na technologii optycznej i magnetycznej, i mogą być wykorzystane w wielu różnych branżach. Od dziesięcioleci enkodery firmy SICK sprawdzają się w wielu obszarach zastosowań. Oferta produktów obejmuje wiele rozwiązań – od systemów sprzężenia zwrotnego wykorzystywanych w technice napędowej, aż po enkodery używane przez producentów maszyn. <https://www.sick.com/pl/pl/enkodery-i-czujniki-nachylenia/w/encoders/>

sterowniki PLC – wprowadzenie

mgr inż. Karol Kuczyński

Względy praktyczne wymuszają, aby systemy kontrolno-pomiarowe były proste oraz działały w określonych warunkach pracy. Z tego powodu obok dokładności systemu, istotne są również możliwości sprzętu pomiarowego oraz sterującego wybranym obiektem. Dostępne na rynku modułowe i kompaktowe sterowniki PLC posiadają duży wybór dodatkowych modułów cyfrowych (tzw. modułów rozszerzeń), takich jak: wejść i wyjść cyfrowych, specjalnych wejść, w których sygnałem wejściowym jest napięcie przemienne ac lub ac/dc, wejść i wyjść TTL oraz szybkich liczników, a także wyjść przekaźnikowych [1, 3].

sterowniki PLC

Sterownik PLC (*Programmable Logic Controller*) to uniwersalny mikrokontroler wyposażony w mikroprocesor najczęściej przeznaczony do sterowania pracą maszyny lub urządzeń technologicznych. Sterownik PLC musi zostać dopasowany do określonego obiektu sterowania poprzez wprowadzenie do jego pamięci żądanego algorytmu działania obiektu. Algorytm jest zapisywany w dedykowanym sterownikowi języku programowania. Istnieje możliwość zmia-

ny algorytmu przez zmianę zawartości pamięci programu. Sterownik wyposaża się w odpowiednią liczbę układów wejściowych zbierających informacje o stanie obiektu i żądaniach obsługi oraz odpowiednią liczbę i rodzaj układów wyjściowych połączonych z elementami wykonawczymi, sygnalizacyjnymi lub transmisji danych [1, 2].

Sterowniki PLC to najczęściej niewielkich rozmiarów komputery wyposażone w procesor o niskiej częstotliwości taktowania oraz zestaw portów wejścia-wyjścia do komunikacji ze światem zewnętrznym. Zawiera ona zwykle jednoplutowy komputer oraz opcjonalnie montowane moduły wejścia-wyjścia. Te ostatnie mogą występować w liczbie od kilku do nawet kilkuset. Standardowa konfiguracja umożliwia łączenie wielu sterowników w sieć za pomocą interfejsów typu Ethernet, RS-485. Procesor stosowany w sterownikach PLC jest zwykle bardziej zaawansowany od mikrokontrolera i charakteryzuje się taktowaniem rzędu 20–50 MHz, choć w bardziej zaawansowanych rozwiązaniach można spotkać procesory pracujące z częstotliwością 500 MHz. Jest on również wyposażony w jednostkę zmiennoprzecinkową oraz rejestry pozwalające na wykonywanie bardziej złożonych programów

niż w przypadku mikrokontrolera. Obejmuje to również obsługę systemu operacyjnego czasu rzeczywistego. Ponadto standardowo może być zainstalowana większa liczba procesorów. Pamięć RAM jest najczęściej wielkości rzędu 1 KB–2 MB. Oprócz tego dostępne są pamięci ROM, EPROM oraz EEPROM [4]. Przykładowy schemat modułowego sterownika PLC przedstawia **rysunek 1**.

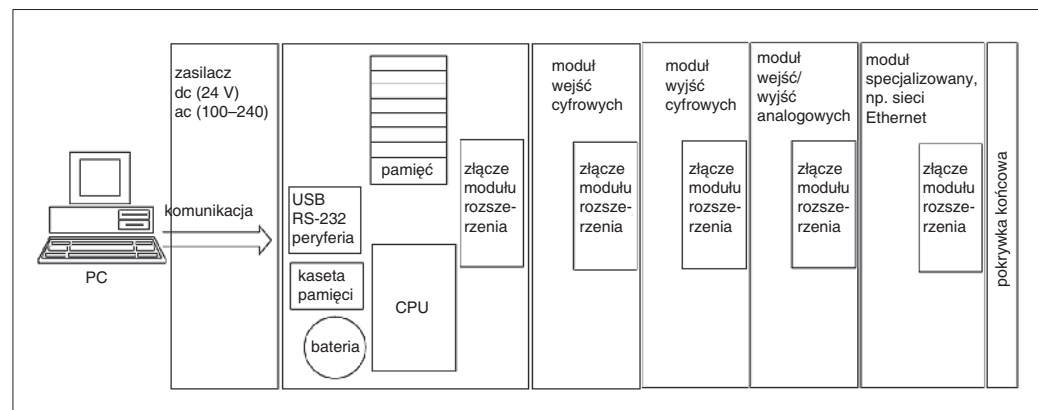
Możliwości komunikacyjne sterowników PLC są, podobnie jak ma to miejsce w przypadku mikrokontrolerów, intensywnie rozbudowywane. Oprócz tradycyjnych metod współpracy z innymi urządzeniami za pomocą sieci komputerowej, interfejsów szeregowych czy równoległych, wprowadzane są obecnie do systemów wbudowanych moduły do komunikacji za pomocą sieci telefonii komórkowej, umożliwiające np. wysyłanie wiadomości SMS czy poczty elektronicznej [4]. Dzięki temu oprócz autonomicznego wykonywania programu pomiarowo-sterującego system wbudowany może informować operatora o ewentualnej awarii. Tego typu możliwości posiadają układy montowane w pojazdach, których zadaniem jest informowanie o ciśnieniu w oponach, nieprawidłowej pracy silnika, kolizji.

oprogramowanie

Oprogramowanie sterowników PLC jest tworzone za pomocą abstrakcyjnych metod. Ich cechą wspólną jest skupienie się na aspektach sterowania logicznego, abstrahując od budowy fizycznej sterownika. W normie IEC 61131 określonych jest pięć standardów języków programowania, uznawanych za dopuszczalne w programowaniu całych rodzin sterowników [4]. Są to sekwencyjne schematy funkcyjne (*Sequential Function Chart*), bloki funkcyjne (*Function Block Diagram*), schematy drabinowe (*Ladder Diagram*), lista instrukcji (*Instruction List*) oraz tekst strukturalny (*Structured Text*). Wszystkie metodologie charakteryzują się wysokim poziomem abstrakcji, pozwalając programiście skupić się na funkcjach oprogramowania, nie zaś na jego współpracy ze sprzętem. Trzy pierwsze pozwalają na programowanie graficzne, tzn. umieszczanie elementów rysunkowych, takich jak ikony, w polu diagramu oraz łączenie ich za pomocą linii sygnałowych. Więcej informacji na temat programowania sterowników PLC znajdują Państwo w szeroko dostępnej literaturze.

literatura

1. S. Kacprzak, Programowanie sterowników PLC zgodnie z normą IEC 61131-3: w praktyce, BTC, Legionowo 2011.
2. P. Biłski, Systemy kontrolno-pomiarowe w diagnostyce systemów przemysłowych, „elektro.info” 3/2012.
3. K. Ludwinek, Adresowanie modułów cyfrowych wejść i wyjść w obszarze pamięci sterowników PLC, „elektro.info” 3/2010.
4. P. Biłski, Struktura, funkcjonalność i zastosowania systemów wbudowanych, „elektro.info” 3/2011.



Fot. 1. Przykładowy schemat modułowego sterownika PLC [3]

STEROWNIKI PLC PANELE HMI

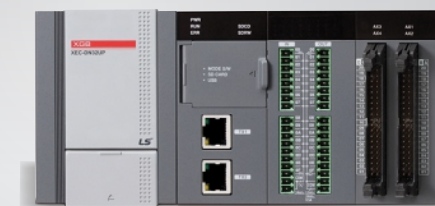
Panele seria eXP

- szerokokątny wyświetlacz LCD z matrycą TFT, dostępny w rozmiarach 4.3", 7" i 10.2"
- podświetlenie LED do wzmocnienia kontrastu i niskiego poboru mocy
- darmowe oprogramowanie projektowe: **XP-Builder**
- wbudowane interfejsy do komunikacji: **Ethernet, RS-232C, RS-422/485**
- zegar czasu rzeczywistego **RTC**
- 20% lżejszy od poprzednich modeli
- port **microUSB** do programowania oraz port **USB** do podłączenia urządzeń zewnętrznych, takich jak: myszka, klawiatura, pamięć flash



Sterowniki seria XEC

- szybkość przetwarzania **83ns/krok**
- maksymalnie **384 punktów I/O**
- do 10 modułów specjalnych
- wbudowane interfejsy do komunikacji: **Ethernet, RS-232C, RS-422/485**
- języki programowania zgodnie z normą **IEC 61131-3**
- darmowe oprogramowanie **XG5000**



charakterystyka zaawansowanych architektur sterowników PLC

sprzęt

dr hab. inż. Piotr Biłski – Politechnika Warszawska

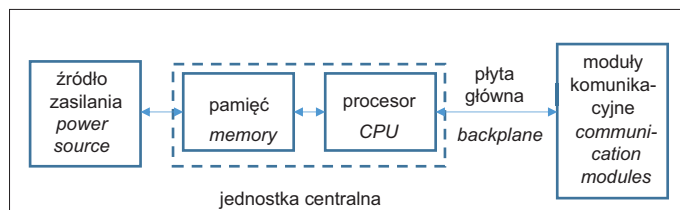
Począwszy od końca lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku, kiedy to pojawiły się pierwsze modele sterowników PLC wykorzystane w przemyśle samochodowym, ich zastosowania uległy znaczącemu rozszerzeniu. Pierwotnie wykorzystywane jako automatyczne przekaźniki, operujące wyłącznie na zmiennych dwustanowych, obecnie są uniwersalnymi komputerami stosowanymi w szerokiej gamie aplikacji przemysłowych. Te ostatnie obejmują monitoring pojedynczych maszyn i urządzeń, całych instalacji produkcyjnych, a także współpracę z podobnymi modułami w ramach systemów rozproszonych. Efektem znaczącego rozszerzenia zastosowań jest także powiększenie zbioru konfiguracji sterowników, różniących się pod względem możliwości obliczeniowych, stopniem skomplikowania oprogramowania, czy dostępnymi interfejsami komunikacyjnymi. Wraz z rozwojem technologii komputerowych ogólnego przeznaczenia, obserwuje się również powstawanie kolejnych generacji komputerów przemysłowych

streszczenie

W artykule przedstawiono architekturę zaawansowanych programowalnych sterowników logicznych (PLC). Omówiono ogólną strukturę systemu komputerowego przystosowanego do realizacji zadań pomiarowo-sterujących. Następnie wyodrębniono cechy sprzętu, które charakteryzują sterowniki zaawansowane, rozszerzając ich możliwości i poszerzając gamę zastosowań. Przedstawiono najważniejsze parametry i funkcje systemów zaawansowanych wraz z przykładami. Porównano także konkretne rozwiązania z ich prostszymi odpowiednikami, wykazując przewagę pod względem szybkości przetwarzania danych, zapewnienia bezpieczeństwa komunikacyjnego, czy liczby monitorowanych zmiennych.

oraz systemów cyfrowych do zastosowań specjalistycznych. W przypadku sterowników PLC na przestrzeni lat wyodrębniły się rodziny urządzeń, wyraźnie różniące się możliwościami oraz preferowanymi zastosowaniami. Na ogólnym poziomie można tu wyróżnić sterowniki proste, zaawansowane oraz przeznaczone do współpracy w ramach systemu rozproszonego [1]. O ile te pierwsze bliższe są na poziomie struktury i oprogramowania swoim starszym pierwowzorom (charakteryzując się jednocześnie stosunkowo niską ceną), o tyle pozostałe rodziny znacząco wyewoluowały, prezentując szereg rozwiązań (szczególnie sprzętowych), które umożliwiają ich zastosowanie nie tylko jako prostych przekaźników, czy modułów akwizycji danych, ale w pełni funkcjonalnych systemów przetwarzania danych i automatycznego podejmowania decyzji.

W artykule przedstawiono charakterystykę współczesnych zaawansowanych sterowników PLC, oferowanych przez większość producentów tego rodzaju sprzętu. Dokonano w szczególności porównania ich z prostszymi odpowiednikami, a także szczegółowo opisano parametry czyniące z nich zaawansowane komputerowe systemy przemysłowe. W artykule szczególny nacisk położono na elementy sprzętowe, pomimo iż urządzenia te mają cechując się również odrębnymi technikami tworzenia oprogramowania (poświęcony im będzie osobny tekst). W pierwszej kolejności przedstawiono ogólną architekturę sterownika PLC, wspólną dla większości urządzeń tego typu. Na-



Rys. 1. Ogólna struktura sprzętowa programowalnego sterownika logicznego

stępnie przedstawiono parametry komputera przemysłowego, które decydują o jego możliwościach i zakresie zastosowań. Wiążą się z nimi określone funkcjonalności, konfigurowane i implementowane przez programistów i operatorów. Tekst podsumowuje analiza porównawcza wcześniej wprowadzonych parametrów dla konkretnych sterowników, wraz z określeniem możliwości ich zastosowań dla poszczególnych gałęzi przemysłu.

ogólna architektura sterownika PLC

Zgodnie z normą IEC 1131-3 sterownik PLC definiowany jest jako system cyfrowy wyposażony w programowaną pamięć, pracujący autonomicznie i wykonujący algorytm pomiarów i sterowania za pomocą wejść i wyjść analogowych lub cyfrowych [2]. Należy zatem go identyfikować jako rodzaj specjalizowanego komputera służącego do wykonywania mniej lub bardziej skomplikowanych operacji związanych z zastosowaniami przemysłowymi. Co prawda funkcjonalność sterownika może zostać odwzorowana przez komputer ogólnego przeznaczenia, jednak nie da się tą metodą zapewnić podobnej niezawodności (zarówno ze względu na komponenty sprzętowe, jak i charakter pracy oprogramowania). Jego

ogólna budowa nie różni się specjalnie od struktury klasycznego systemu komputerowego, którego główne komponenty zdefiniował John von Neumann ze współpracownikami już w 1945 roku. Znajdują się tutaj zatem jednostka centralna (ang. *Central Processing Unit* – CPU), pamięć do przechowywania programu i danych, a także szereg modułów wejścia-wyjścia, których liczba jest jednym z wyznaczników złożoności systemu. Ogólna struktura sterownika PLC przedstawiona jest na rysunku 1. [3]. Wyróżnić tu należy przede wszystkim jednostkę centralną zawierającą procesor wraz z pamięcią, źródło zasilania (zwykle stanowiące odrębny element) a także moduły komunikacyjne, decydujące o użyteczności komputera. Istotnym elementem jest płyta główna (ang. *backplane*), zapewniająca komunikację pomiędzy poszczególnymi komponentami. W przypadku modułowych odmian sterowników jest to główna arteria łącząca mierzone wielkości z jednostką centralną. Charakter modułów komunikacyjnych jest główną cechą odróżniającą sterownik PLC od jego odpowiednika ogólnego przeznaczenia. Wykorzystywane są tutaj bowiem liczne układy o dużej liczbie linii sygnałowych (analogowych i cyfrowych), które służą do monitorowania stanu obiektów zewnętrznych. Ich liczba waha się zwy-

kle od kilkunastu (w komputerach kompaktowych) do nawet kilku tysięcy (w najbardziej rozbudowanych wersjach modułowych).

Bez względu na możliwości i zakres zastosowań, wszystkie sterowniki PLC charakteryzują się cechami wspólnymi. Należą do nich przede wszystkim zdolność do autonomicznej pracy przez długi czas (o ile zapewnione jest zasilanie), a także odporność na trudne warunki środowiskowe, takie jak silne zapylenie, duży zakres temperatur w miejscu pracy, czy wysoka wilgotność. Odporność na uszkodzenia mechaniczne jest zapewniana przez dostatecznie wzmocnione obudowy, wytrzymujące wstrząsy a nawet uderzenia [4]. Dodatkowo poszczególne rodziny sterowników mogą występować w odmianach kompaktowych (w których liczba modułów do instalacji w gniazdach płyty głównej jest mała bądź w ogóle nie istnieje) lub rekonfigurowalnych (w których, w zależności od zastosowania, komputer może zostać wyposażony w dużą liczbę wymiennalnych modułów wejścia-wyjścia o różnym przeznaczeniu). Nawet najprostsze odmiany urządzeń (nazywane obecnie programowalnymi przekaźnikami logicznymi – *programmable logic relays* [5], ze względu na pełnienie głównie funkcji przekaźnika) dysponują (zwykle niewielką) liczbą wejść analogowych (których automatyczna konwersja do postaci dyskretnnej jest przeprowadzana za pomocą przetworników o zadanej rozdzielczości, np. 10 lub 12 bitów) i cyfrowych. Jednostki centralne wykonują programy napisane przy pomocy dedykowanych języków (norma IEC 1131-3 definiuje obecnie pięć kategorii), zaś struktura aplikacji zależy przede wszystkim od programisty. Każda rodzina procesorów zawiera modele standardowe, jak i przystosowane do ekstremalnych warunków pracy (tzw. układy typu *fail-safe*). Ponadto w cyklu pracy sterownika wyróżnia się etap autodiagnostyki, w ramach której przepro-

wadzone jest testowanie struktury systemu w poszukiwaniu uszkodzeń. Jest to cecha zapewniająca bezawaryjną pracę przez czas liczony w latach. Na podstawie analizy istniejących rozwiązań można jednak wyróżnić szereg właściwości, na podstawie których podejmowana jest decyzja o zaliczeniu konkretnego urządzenia do grupy zaawansowanych lub podstawowych. Są to przede wszystkim:

- moc obliczeniowa procesora. Jest ona określona przez częstotliwość zegara stanowiącego część jednostki centralnej. Na ogół jednak w danych katalogowych podawane są czasy przetwarzania pojedynczych bitów, słów lub liczb zmiennoprzecinkowych. Bardziej skomplikowane procesory charakteryzują się też wsparciem dla przetwarzania wielowątkowego,
- ilość dostępnej pamięci. Umożliwia ona ładowanie większych i bardziej skomplikowanych programów. Ponadto w bardziej zaawansowanych systemach większa jest przestrzeń przeznaczona na dane, co umożliwia przechowywanie większej liczby zmiennych powiązanych z mierzonymi sygnałami,
- przepustowość płyty głównej. Ponieważ zadaniem sterownika jest przede wszystkim akwizycja danych oraz ich przetwarzanie, zdolność tego elementu do szybkiego przesyłania dużej ilości danych do jednostki centralnej wpływa na możliwości pracy komputera w czasie rzeczywistym (ang. *Real-Time*),
- wbudowane moduły komunikacyjne. Co prawda standardem są porty szeregowo typu RS232, RS485, czy RS422, jednak bardziej zaawansowane urządzenia integrują w jednostce centralnej dodatkowe protokoły, np. Ethernet przemysłowy,
- wbudowane mechanizmy zabezpieczania transmisji. Gdy sterownik może być częścią więk-

szej całości, komunikując się z innymi, podobnymi urządzeniami, istotne staje się szyfrowanie danych przesyłanych między nimi. W przypadku tradycyjnej sieci komputerowej istnieje szereg protokołów zabezpieczających transmisję, sieci przemysłowe wymagają odrębnych systemów,

- współpraca z usługami sieciowymi typu serwer www. Dostatecznie potężny procesor może zostać obciążony dodatkowymi zadaniami, które obejmują np. zarządzanie systemem w sposób rozproszony, na pomocą przeglądarki internetowej.

W następnym punkcie bardziej szczegółowo opisano poszczególne cechy systemów zaawansowanych i wskazano na najistotniejsze elementy odróżniające je od sterowników prostych.

parametry systemów zaawansowanych

Pomimo że podstawowa struktura sterownika PLC jest taka sama w każdym modelu, urządzenia zaliczane do bardziej zaawansowanych charakteryzują się większymi możliwościami obliczeniowymi. Sterowniki proste dysponują wolniejszymi procesorami, przetwarzającymi pojedyncze bity, słowa lub liczby zmiennoprzecinkowe w czasie rzędu mikrosekund (zegary megahercowe). W przypadku układów zaawansowanych są to czasy rzędu dziesiątków lub pojedynczych nanosekund (zegary gigahercowe). Procesor stanowiący serce sterownika jest wyposażony w jednostkę arytmetyczno-logiczną i sterującą, a jego możliwości wyznaczają oprogramowanie firmowe (ang. *firmware*), wszyte w sprzęt od momentu wyprodukowania. W systemie zaawansowanym może to być np. zarządzanie transmisją izochroniczną (tzw. *Isochronic Real-Time* – IRT) poprzez komputerową sieć przemysłową.

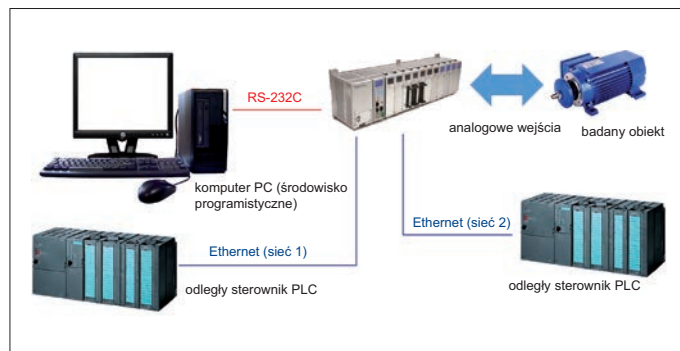
Podobnie wygląda porównanie dostępnej pamięci. W przypadku

pamięci przeznaczonej do przechowywania programu (jest ona zwykle typu ROM, lub RAM podtrzymywana baterią) jest to dla prostych urządzeń kilkaset kB (maksymalnie 1 MB). Z kolei zaawansowane systemy dysponują kilkoma (lub nawet kilkunastoma) MB, co pozwala na zbudowanie złożonej aplikacji nie tylko dokonującej prostego przetwarzania wielkości mierzonych, ale również podejmowania decyzji na tej podstawie (z uwzględnieniem algorytmów sztucznej inteligencji), a także komunikacji z innymi modułami dostępnymi w sieci. Wielkość pamięci przeznaczonej na dane pośrednio zależy od liczby wejść (analogowych i cyfrowych), które mogą zostać zainstalowane w systemie. W zaawansowanych komputerach modularnych, w których można analizować jednocześnie kilka tysięcy wartości, konieczna jest pamięć rzędu kilkunastu (12–15) lub nawet kilkudziesięciu (do 60–80) MB, podczas gdy w prostszych rozwiązaniach jest to przeważnie kilkaset kB (do maksymalnie 2 MB).

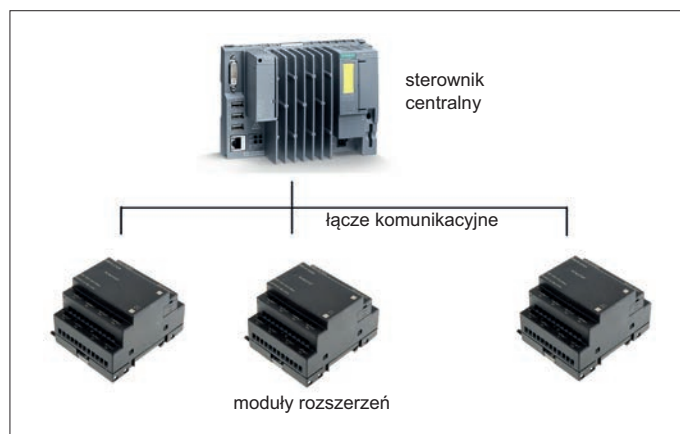
Sterowniki PLC charakteryzują się szeroką gamą metod komunikacji ze światem zewnętrznym i innymi urządzeniami. W tym pierwszym przypadku dostępnych jest wiele interfejsów szeregowych, służących m.in. do komunikacji z komputerem ogólnego przeznaczenia, na którym przygotowywana jest aplikacja pomiarowo-kontrolna. O ile w pierwszych generacjach sterowników do programowania stosowano niezbyt wygodne terminale, obecnie powszechnie wykorzystywana jest technika kompilacji skrośnej (ang. *cross-compilation* – **rys. 2.**), w której aplikacja pisana jest na standardowym komputerze w odpowiednio dobranym języku (zgodnym ze standardem normy IEC 1131-3 [6]), zaś skompilowany kod wynikowy kopiowany jest do pamięci sterownika. Oba komputery są połączone właśnie za pomocą interfejsu szeregowego. Do standardowych rozwią-



Rys. 2. Ilustracja procesu kompilacji skrótej



Rys. 3. Struktura rozproszonego systemu pomiarowo sterującego z udziałem zaawansowanego sterownika PLC



Rys. 4. Sterownik PLC o strukturze rozproszonej

zań należą tutaj porty RS-232C (znany do pewnego momentu z komputerów ogólnego przeznaczenia), a także (typowo przemysłowe) RS-485 oraz RS-422. W nowszych urządzeniach stosowany jest interfejs USB. Popularnym standardem komunikacji w systemach przemysłowych jest również PROFIBUS, implementowany w jednostce centralnej lub dołączanym, dedykowanym module. Najbardziej zaawansowane systemy dysponują natomiast modułami do komunikacji za pośrednictwem przemysłowej sieci kompu-

terowej, np. PROFINET [7]. Za zarządzanie nimi odpowiadają dedykowane procesory komunikacyjne, odpowiedzialne również za przydział numerów IP (możliwe jest np. przypisanie do dwóch interfejsów tego samego adresu). Inne funkcje procesora komunikacyjnego obejmują implementację protokołów szyfrowania danych, takich jak np. FTPS lub SNMPv3. Standardowym rozwiązaniem jest także implementacja ścian ogniowych (ang. *firewall*), chroniących dostęp do wewnętrznej sieci przemysłowej od zewnątrz. Po-

mimo dużego narzutu obliczeniowego związanego ze zwiększeniem bezpieczeństwa transmisji, interfejsy komunikacyjne zapewniają prędkość rzędu nawet 1 GB na sekundę, co jest obecnie standardem w typowej lokalnej sieci komputerowej. Zaawansowane procesory komunikacyjne umożliwiają również budowanie i podłączanie urządzeń do struktur nadmiarowych za pomocą np. protokołu PRP (*Parallel Redundancy Protocol*) [8], zgodnego z normą IEC 62439-3. Dzięki niemu sterownik staje się równocześnie częścią kilku sieci komputerowych. Konfiguracja systemu rozproszonego z uwzględnieniem sterownika zaawansowanego znajduje się na **rysunku 3**.

Z możliwościami konkretnego systemu najczęściej związane są także jego rozmiary fizyczne. Ponieważ proste sterowniki często występują w formie kompaktowej o niewielkich lub żadnych możliwościach rozbudowy, ich obudowy są małe. Dzięki temu mogą one zostać zainstalowane praktycznie w każdej lokalizacji. W przeciwieństwie do nich zaawansowane sterowniki modułowe są relatywnie duże, zajmują zatem więcej miejsca, co ogranicza możliwości ich instalacji. Z drugiej strony, obudowy modeli przeznaczonych do bardziej wymagających zastosowań dysponują dużą liczbą gniazd (ang. *slot*), do których podłączane są moduły wejścia-wyjścia. W najbardziej wymagających przypadkach pojedynczy sterownik może mieć strukturę rozproszoną, obejmującą zasięgiem obszar do 10 m. Składa się on wówczas z centralnego sterownika (ang. *central controller*) oraz modułów rozszerzeń (ang. *expansion units*). Do tych ostatnich dołączane są moduły wejścia-wyjścia, które nie mieszczą się w podstawowej obudowie. Komunikacja między modułami odbywać się może np. za pomocą standardu PROFIBUS. Strukturę takiego sterownika przedstawiono na **rysunku 4**.

funkcjonalność systemów zaawansowanych

Dzięki swoim cechom zaawansowane sterowniki PLC znajdują zastosowanie w szeregu zadań wymagających przede wszystkim wysokiej wydajności. Krótki cykl przetwarzania (zapewniany przez szybką płytę główną oraz wysokie wartości zegara taktującego procesora) oznacza możliwość analizy dużej ilości danych pochodzących ze świata zewnętrznego. Przepustowości rzędu Gb na sekundę umożliwiają akwizycję danych ze wszystkich wejść i ich przetworzenie w czasie jednego cyklu pracy sprzętu (tzw. *sweep*).

Implementacja standardu przemysłowej sieci komputerowej umożliwia współpracę pomiędzy modułami rozproszonymi na zasadzie sieci deterministycznej, w której czas reakcji ograniczony jest do mikrosekund. Możliwa jest zatem synchronizacja zadań pomiarów i sterowania na większym obszarze, np. w fabryce. Dzięki temu zaawansowane systemy są stosowane m.in. w przemyśle spożywczym, samochodowym, czy podczas konstrukcji nietypowych maszyn.

Do bardziej wymagających zastosowań należy m.in. sterowanie ruchomymi maszynami (np. elementami obrótkowymi). Monitorowanie ruchu (pozycji i prędkości, ale również długości badanego obiektu) we wszystkich wymiarach wsparte jest wbudowanymi sterownikami typu PID, czy implementacją modulacji długości impulsu (ang. *Pulse Width Modulation* – PWM). Z kolei synchronizację zapewniają precyzyjne liczniki (o zakresie sięgającym 31 bitów). Dzięki temu sterowniki zaawansowane są stosowane w zadaniach diagnostycznych skomplikowanych urządzeń mechanicznych, takich jak silniki, czy turbiny.

Dodatkowe funkcjonalności, obecne w systemach zaawansowanych, a niezwiązane dotychczas ze sterownikami PLC mogą obejmować również współpracę np. z serwerem

WWW wbudowanym w procesor. Tego typu oprogramowanie umożliwia np. śledzenie na bieżąco stanu urządzenia za pomocą przeglądarki internetowej. Możliwe jest także zapisanie konfiguracji sterownika (jest to kod oprogramowania na nim uruchamianego wraz z niezbędnymi danymi) oraz wgranie jej na urządzenie, również za pomocą przeglądarki. Dzięki temu sterownik kontrolowany jest zdalnie, bez konieczności przeprowadzania operacji serwisowych bezpośrednio na nim, po uprzednim demontażu z miejsca operacji. Analogicznie, coraz częściej wymagane jest połączenie funkcjonalności sterownika PLC z możliwościami komputera klasy PC. Realizacją tego wymagania jest tzw. sterownik programowy (ang. *software controller*), który umożliwia uruchamianie i zarządzanie sterownikiem za pomocą oprogramowania działającego pod kontrolą systemu operacyjnego MS Windows. Takie rozwiązanie umożliwia również tworzenie algorytmów sterowania i pomiarów przy użyciu języków programowania i środowisk dotychczas dla sterowników niedostępnych, np. C++ , czy Matlab.

przykłady porównawcze

Dobry przykład rozdzielenia sterowników PLC na odrębne rodziny, odpowiedzialne za realizację różnych funkcji w ramach automatyki przemysłowej można znaleźć w produktach firmy Siemens. Najnowsza seria sterowników przez nią oferowanych obejmuje cztery rodziny urządzeń SIMATIC S7 [9], różniących się pod względem większości parametrów przedstawionych w poprzednich punktach. Do grupy urządzeń zaawansowanych zaliczane są modele S7-300, S7-400 oraz S7-1500. Największe możliwości, zarówno jeśli chodzi o moc obliczeniową, jak i dodatkowe funkcjonalności, oferuje ta ostatnia. Z drugiej strony oferowane są proste sterowniki z rodziny S7-1200 (**rys. 5**), występujące głównie w formie kompaktowej



Rys. 5. Sterownik PLC z rodziny S7-1200, przeznaczony do zastosowań podstawowych



Rys. 6. Sterownik PLC z rodziny S7-1500, przeznaczony do zastosowań zaawansowanych

o niewielkich rozmiarach. Urządzenia każdej z przedstawionych rodzin występują w kilku odmianach, różniących się przede wszystkim jednostkami centralnymi. Dla przykładu, moduły standardowe z rodziny S7-1200 mogą zawierać jeden z pięciu procesorów, oznaczanych, odpowiednio, 1211C, 1212C, 1214C, 1215C oraz 1217C. Z kolei rodzina urządzeń przystosowanych do działań w warunkach trudnych obejmuje procesory 1212FC, 1214FC i 1215FC. Szybkość przetwarzania jednostki centralnej w tym ostatnim przypadku wynosi 85 ns dla pojedynczego bitu i 1,7 μ s dla pojedynczego słowa. Dla porównania, najbardziej zaawansowane sterowniki z rodziny S7-1500 (**rys. 6**) dysponują procesorami 1511, 1513, 1515, 1516, 1517 i 1518. Ich efektywność przetwarzania pojedynczego bitu waha się od 60 do 1 ns, znacząco zatem przewyższa możliwości rodziny S7-1200. Podobnie wygląda porównanie dostępnej pamięci. W przypadku prostych sterowników są to setki (np. 150) kB przeznaczonych na kod aplikacji oraz pojedyncze MB dla danych. Z kolei urządzenia zaawansowane dysponują nawet 6 MB pamięci programu i 20 MB pamięci dla danych (rodzina standardowych jednostek centralnych). Każdy model może zostać dodatkowo wyposażony w moduły dodatkowe, zarówno odpowiedzialne za przetwarzanie sygnałów, jak i komunikację z innymi węzła-

mi systemu rozproszonego. W przypadku rodziny S7-1200 są to na ogół prostsze moduły umożliwiające łączność za pomocą interfejsu RS-232, RS-422, RS-485 i PROFIBUS, ale także GPRS i LTE. W przypadku rodziny S7-1500 gama modułów jest bogatsza, obejmując (poza identycznymi podstawowymi interfejsami jak w przypadku rodziny S7-1200) także moduły komunikacji za pomocą sieci komputerowej. Analogicznie wypada porównanie modułów sygnałowych (linii wejścia-wyjścia). Proste sterowniki mogą zostać wyposażone w moduły cyfrowe i analogowe o niewielkiej liczbie linii, najczęściej jest ich 4 lub 8 w jednym. W przypadku serii S7-1500 liczba linii sygnałowych sięga nawet 32. Co więcej, możliwa jest tutaj także instalacja większej liczby modułów w gniazdach płyty głównej, zatem sterowniki zaawansowane mają znacznie większe możliwości akwizycji i przetwarzania danych.

podsumowanie

Ciągły rozwój technik komputerowych sprzyja wzbogacaniu najnowszych komputerów specjalizowanych w kolejne funkcje. Ponieważ możliwe jest instalowanie w nich szybszych procesorów, umożliwiających pracę wielozadaniową, obciążane są one dodatkowymi zadaniami, dzięki którym współczesny sterownik PLC nie

pełni już roli prostego przekaznika, lecz stanowi autonomiczny system akwizycji danych i realizacji algorytmów sterujących, operujących nawet na tysiącach zmiennych. Dodatkowo standardem stała się bezpieczna komunikacja pomiędzy poszczególnymi węzłami za pośrednictwem szybkich interfejsów komputerowej sieci przemysłowej. Należy oczekiwać w nadchodzącej przyszłości dalszej integracji następnych funkcji w pojedynczym sterowniku, dzięki czemu będzie on coraz bardziej przypominać możliwościami standardowy komputer PC, zapewniający jednak większą niezawodność dzięki odpowiednio zaprojektowanej konstrukcji. Realizacja bardziej skomplikowanych zadań diagnostycznych i analitycznych wymaga jednak indywidualnego podejścia do projektowania oprogramowania. Obecnie wykracza ono poza proste schematy graficzne, tworzone przez inżynierów z innych dziedzin, niż informatyka, czy elektronika. Aby zatem zmusić sprzęt do wykonywania wyznaczonych zadań, konieczne staje się stosowanie złożonego podejścia do produkcji aplikacji, w czym pomagają narzędzia będące częścią wsparcia programowego zaawansowanych systemów.

literatura do artykułu na
elektroinfo.pl

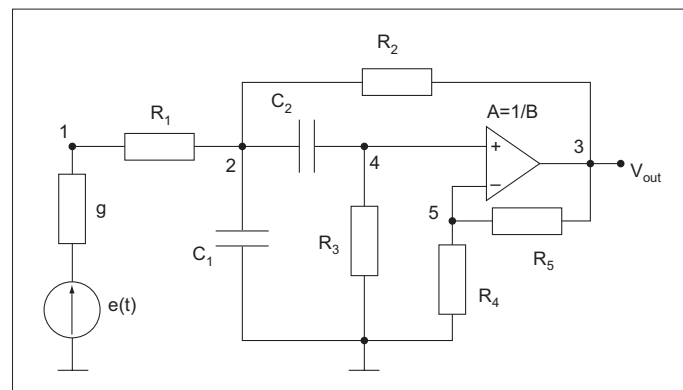
systemy kontrolno-pomiarowe w diagnostyce systemów przemysłowych

dr inż. Piotr Bilski – Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Politechnika Warszawska

Współczesne systemy analogowe znajdują szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach techniki oraz im pokrewnych. Ze względu na znaczący stopień skomplikowania oraz rosnące znaczenie dla społeczeństwa, istotną rolę odgrywają metody ich monitorowania i diagnostyki. Względny praktyczny wymuszają, aby były to systemy proste oraz działające w ustalonych, określanych przez warunki pracy, ramach czasowych. Z tego powodu obok dokładności systemu, istotne są również możliwości sprzętu pomiarowego oraz sterującego wybranym obiektem.

Różnorodność systemów i obiektów analogowych wykorzystywanych zarówno w nauce, jak i życiu codziennym jest ogromna i rośnie wraz z rozwojem techniki. Umożliwiają one automatyzację wielu operacji w miastach, fabrykach i instalacjach przemysłowych. Ponieważ są to zwykle układy lub urządzenia drogie, konieczny jest ich nieustanny monitoring, umożliwiający określenie aktualnego stanu obiektu oraz przewidywanie jego zachowania w przyszłości (predykcja). Z tego powodu rozwijane są metody identyfikacji stanu obiektu oraz podejmowania decyzji odnoszących się do jego dalszego działania. Ist-

nie wiele algorytmów stosowanych w tej dziedzinie, większość z nich oparta jest na mniej lub bardziej jawnych zestawach reguł, które realizują wiedzę eksperta na temat badanego obiektu przetłumaczoną na język mikroprocesora będącego sercem systemu diagnostycznego. Ponieważ możliwości implementacyjne sprzętu są często ograniczone (są to np. mikroprocesory o częstotliwości taktowania zegara rzędu kilku kHz lub MHz wyposażone w kilkukilobajtową pamięć), istotna jest prostota algorytmów, które muszą być wykonywane dostatecznie szybko (w zależności od wymagań związanych z konkretnym zastosowaniem). Z tego względu wiele zaawansowanych metod sztucznej inteligencji, takich jak zbiory przybliżone (ang. *rough sets*) [1], czy maszyny wektorów podpierających (ang. *support vector machines*) mogą okazać się zbyt wymagające w praktyce. Jak pokazano w [2], diagnostyka procesów przemysłowych wykonywana w czasie rzeczywistym opiera się na zadziwiająco prostych zasadach, opisywanych za pomocą macierzy diagnostycznych. W artykule rozważane są różnorodne obiekty techniczne, przy czym dla uproszczenia użyte terminy „obiektu” lub „systemu analogowego” należy traktować jako synonimy.



Rys. 1. Przykładowa struktura układu elektronicznego z zaznaczonymi węzłami dostępnymi (1), częściowo dostępnymi (3) i niedostępnymi (2, 4, 5)

Systemy pomiarowo-sterujące pełnią istotną funkcję w procesie diagnostycznym. Z jednej strony odpowiadają za dostarczanie danych do modułu wnioskującego. Z drugiej, są odpowiedzialne za wykonywanie operacji oddziaływujących na badany obiekt (np. poprzez kompensację niekorzystnego zachowania). Są to urządzenia wykonawcze (ang. *actuators*) lub serwomechanizmy, ale również dodatkowe odbiorniki prądu. Ze względu na nierozłączną naturę wszystkich trzech elementów systemu diagnostycznego, są one realizowane w postaci jednego urządzenia. Jest to zwykle mikrokontroler lub programowalny sterownik logiczny (PLC), wyposażony w odpowiednie porty służące do komunikacji ze światem zewnętrznym. Omówienie roli systemów pomiarowych

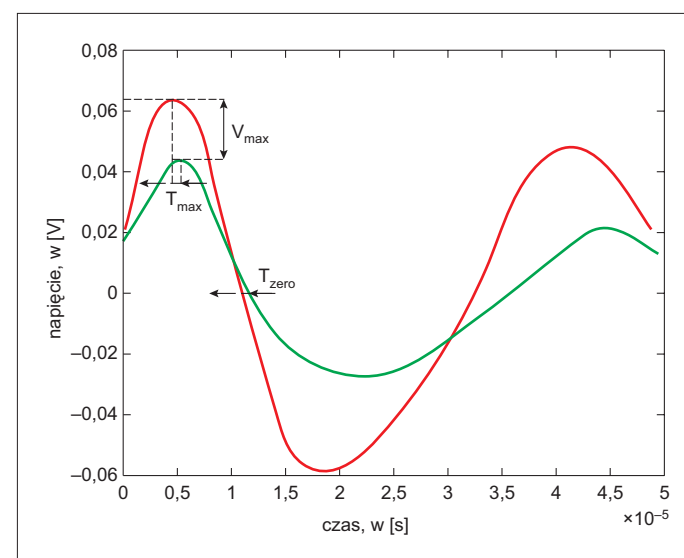
w diagnostyce wymaga najpierw określenia celów i zasad jej samej.

cele i zasady diagnostyki obiektów technicznych

Cele diagnostyki obejmują zwykle detekcję lub identyfikację i lokalizację uszkodzenia. Pierwszy termin oznacza wykrycie nieprawidłowej pracy obiektu. Drugi to ustalenie przyczyny błędnego działania (określenie, który element lub parametr ma wartość wykraczającą poza stan nominalny oraz jej jak najdokładniejsze aproksymowanie). Głównym problemem jest brak możliwości badania wszystkich elementów składowych obiektu, diagnostyka jest związana z analizą pomiarów wielkości fizycznych w dostępnych lokalizacjach (w najprostszym

przypadku próbuje się analizować charakterystyki na wejściu i wyjściu). Tym samym zakłada się, że zmiana wartości każdego parametru powoduje zmianę w sposobie działania układu, którą da się zarejestrować w wyniku analizy odpowiedzi. Jeden z celów diagnostyki ma zwykle znaczenie decydujące, w zależności od rodzaju badanego obiektu. Na przykład dla układów elektronicznych produkowanych masowo w fabrykach, istotne jest sprawdzenie, czy gotowy produkt nadaje się do użytku. Tego typu testy przechodzą resztą również układy cyfrowe, choć metodyka diagnostyczna jest w ich przypadku odmienna (polega bowiem na sprawdzeniu wszystkich lub pewnej części kombinacji bitów na wejściu i wyjściu). Jest to tzw. test *go-no-go* [3], którego głównym celem jest sprawdzenie poprawności wykonania układu. W przypadku wykrycia uszkodzenia, jego przyczyna nie jest istotna. Współczesne analogowe układy elektroniczne są wykonywane w postaci scalonej, zatem nie może być mowy o ich naprawie. Co więcej, ich koszt stał się na ogół zanedbywalnie mały, w wyniku czego zamiana całego układu na nowy jest bardziej opłacalna, niż próby jego modyfikacji. Inaczej mają się sprawy z dużymi systemami lub urządzeniami, takimi jak silniki elektryczne, turbiny, czy całe instalacje (np. stacje uzdatniania wody). Są to obiekty o znaczących rozmiarach, charakteryzujące się często rozproszeniem przestrzennym oraz dużym kosztem wytworzenia. Z wymienionych względów lokalizacja uszkodzenia jako problemu wpływającego ujemnie na jakość działania urządzenia lub systemu staje się istotna. Na ogół wymiana obiektu na nowy nie jest możliwa lub zbyt kosztowna, aby dało się ją przeprowadzić. Dąży się za to do zidentyfikowania przyczyny problemu i jego usunięcia lub skompensowania negatywnego wpływu. Rozpatruje się tutaj dwa rodzaje uszkodzeń o odmiennym wpływie na działanie obiektu. Uszkodzenia katastroficzne związane są z całkowitym zniszczeniem elementu składowego systemu. Tym samym jego zachowanie powinno ulec istotnym zmianom, które łatwo zauważyć. Może się jednak okazać, że obiekt nie nadaje się już wtedy do pracy i należy go wymienić na nowy lub dokonać kosztownych napraw. Tego typu uszkodzeń poszukuje się najczęściej w testach *go-no-go*. Z punktu widzenia obiektów działających długo i charakteryzujących się określonym „czasem życia” dużo istotniejsze są jednak uszkodzenia parametryczne. Elementy składowe systemu nie zmieniają wówczas wartości skokowo, lecz stopniowo. Tym samym użytkownik systemu ma czas na zorientowanie się, że działa on nieprawidłowo, i może przywrócić jego stan początkowy. Tego typu działania mają miejsce w przypadku dużych maszyn i procesów, np. w elektrowni lub na taśmie produkcyjnej.

Skuteczność metody diagnostycznej zależy od danych pomiarowych pozyskanych z badanego obiektu. Zadaniem systemu pomiarowego jest zatem dostarczenie informacji możliwie precyzyjnych, które pozwolą bezbłędnie wykryć lub zidentyfikować uszkodzenie. Z tego powodu schemat systemu wymaga wydzielenia trzech rodzajów węzłów: dostępnych, częściowo dostępnych oraz niedostępnych. Pierwsza kategoria obejmuje węzły, na których można dokonywać pomiarów, ale da się również wprowadzić tą drogą sygnał pobudzający. Druga grupa obejmuje węzły, na których można wyłącznie dokonywać pomiarów. Trzecia kategoria to węzły niedostępne z zewnątrz. Przykładową lokalizację wszystkich rodzajów pokazano na rysunku 1. W przypadku obliczeń dokonanych na modelach teoretycznych, taki podział może być umowny, od projektanta zależy bowiem, które węzły uczyni dostępnymi. W praktyce jednak jest to istotna cecha charakterystyczna obiektu, rzutująca na możliwość jego diagnozowania. Przykładem służą tutaj ponownie scalone układy elektroniczne, które mają z góry określoną liczbę wyprowadzeń. Tylko dzięki nim można oddziaływać na obiekt oraz badać jego zachowanie (rys. 2).



Rys. 2. Przykładowa odpowiedź układu elektronicznego na pobudzenie typu six (x)/x

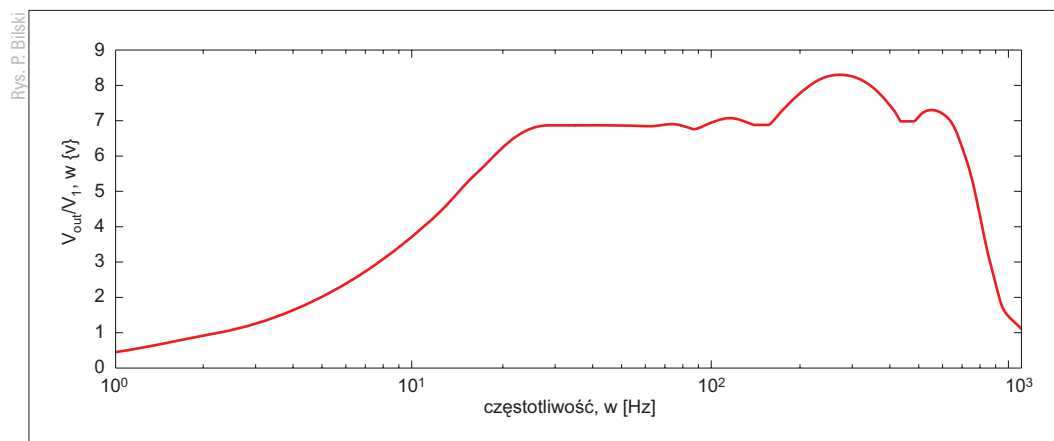
Pełna dostępność wszystkich węzłów powinna gwarantować możliwość wykrywalności uszkodzeń (tzw. testowalności), w praktyce jest ona jednak nieosiągalna. Z tego powodu system pomiarowo-kontrolny musi być projektowany z uwzględnieniem dodatkowych działań użytkownika.

Jednym z nich jest dobór sygnału pobudzającego badany obiekt, o ile ma to zastosowanie w wybranym przypadku. Istnieje zestaw standardowych sygnałów, które mogą zostać podane na wejście układu przez system pomiarowo-sterujący, np. sinusoida, prostokąt, czy skok jednostkowy. Określenie, który sygnał pozwala uzyskać najwięcej informacji na temat zasady działania obiektu, powinno być pierwszym krokiem projektanta. Drugim działaniem jest określenie dziedziny analizy. Stosuje się analizę w dziedzinie czasu lub częstotliwości, czasami można również zastosować podejście mieszane. W połączeniu z wyborem sygnału pobudzającego oraz zestawem węzłów, do których się go stosuje oraz na których mierzy się odpowiedzi, jest to główne narzędzie w rękach projektanta. Dla przykładu, w przypadku układów elektronicznych (filtrów czy wzmacniaczy) można wygenerować charakterystykę częstotliwościową. Działanie to polega na podawaniu na wejście sygnałów sinusoidalnych o zwiększo-

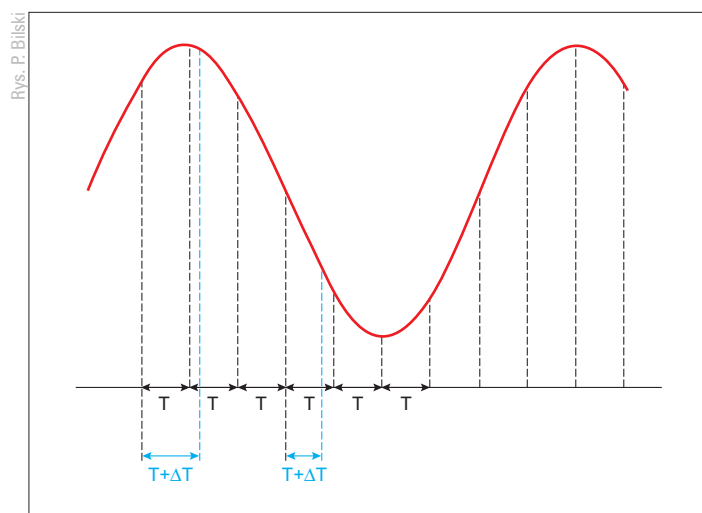
nej częstotliwości, a następnie pomiar amplitudy sygnału na wyjściu. Powstaje wówczas wykres jak na rysunku 3. Z drugiej strony, serwomechanizmy pobudzane są zwykle skokiem jednostkowym, zaś w przypadku maszyn elektrycznych węzły dostępne nie istnieją.

Diagnostyka boryka się z wieloma zjawiskami, które utrudniają proces poprawnej detekcji i identyfikacji. Najbardziej powszechne są addytywne szumy, wpływające na odpowiedzi obiektu, mogące uniemożliwić detekcję uszkodzenia, jeśli wartość parametru będącego jego przyczyną niedostatecznie różni się od nominalnej. Ponieważ szumy są powszechnym zjawiskiem bez względu na dziedzinę zastosowania systemów analogowych, ich eliminacja jest ważną operacją poprzedzającą podjęcie decyzji na temat stanu obiektu. W tym celu stosuje się najczęściej filtry cyfrowe (ze względu na łatwość realizacji oraz niski koszt), jednak np. w zastosowaniach telekomunikacyjnych wciąż korzysta się także z filtrów analogowych.

Drugim istotnym problemem są tzw. grupy niepewności (ang. *ambiguity groups*). Przyczyną uszkodzenia może być kilka elementów jednocześnie. Taka sytuacja utrudnia detekcję lub identyfikację uszkodzenia. W pierwszym przypadku może się zdarzyć, że co najmniej dwa parametry



Rys. 3. Charakterystyka częstotliwościowa filtru analogowego dolnoprzepustowego



Rys. 4. Przykład jitteru dla operacji próbkowania

o wartościach różnych od nominalnych wzajemnie się znoszą, co w efekcie da odpowiedzi systemu takie, jak w przypadku stanu nominalnego. Drugi efekt powodują parametry, które wpływają w różny sposób na zachowanie obiektu, w wyniku czego powstaje nowa sytuacja, nieznana wcześniej projektantowi obiektu. Poprawna detekcja uszkodzenia jest w tym przypadku możliwa, jednak identyfikacja nastręcza istotnych trudności. Z przyczyn praktycznych rozpatrywane są głównie uszkodzenia pojedyncze, zaś uzyskanie pełnej wiedzy na temat uszkodzeń podwójnych wymagałoby sprawdzenia parami wszystkich parametrów, co jest trudne i niepraktyczne, szczególnie dla uszkodzeń parametrycznych. Z tego powodu uszkodzenia parametryczne stanowią poważne wyzwanie dla projektantów, zestaw metod służących do ich eliminacji nie jest

również tak szeroki jak w przypadku uszkodzeń pojedynczych.

pomiary w diagnostyce

Jak wspomniano powyżej, proces pomiarowy pełni krytyczną rolę podczas działań diagnostycznych, ponieważ to dzięki poprawnie pozyskanym danym z obiektu możliwa jest jego dokładna analiza. Z tego względu wybór sprzętu wykorzystywanego w tym celu jest niezwykle bogaty, w zależności od zapotrzebowania projektanta lub użytkownika. Co istotne, dzięki powszechnemu wykorzystaniu technik komputerowych, udało się zuniifikować proces pomiarowy. Czujniki poszczególnych wielkości fizycznych są obecnie przystosowane do automatycznej konwersji mierzonej wielkości (np. temperatury lub ciśnienia) na odpowiadającą jej wartość elektryczną.

wych, dzięki czemu możliwe jest śledzenie wielu parametrów jednocześnie. Jest to istotne zarówno w przypadku niewielkich systemów skupionych (w przypadku układu elektronicznego mogłyby to być węzły dostępne i częściowo dostępne), jak i rozproszonych (gdzie odległości między węzłami pomiarowymi mogą być na tyle duże, że konieczne będzie zastosowanie wielu modułów akwizycji danych, które mogłyby się komunikować ze sobą). Ważnym parametrem sprzętu do akwizycji danych jest wówczas częstotliwość próbkowania oraz tzw. jitter. Pierwszy parametr określa, ile próbek sygnału może zostać pobrane w ciągu sekundy do systemu mikroprocesorowego. Na ogół podawane przez producentów wartości dotyczą systemu jako całości, tzn. szybkość próbkowania na pojedynczym kanale wejściowym zależy od tego, z ilu kanałów jednocześnie są pobierane sygnały. Na przykład dla każdego z dwóch kanałów częstotliwość próbkowania jest połową częstotliwości próbkowania całego modułu. Drugi parametr określa dokładność operacji próbkowania. Zależy ona od jakości zegara generującego cyklicznie impulsy próbkujące, w efekcie czego próbki nie są pobierane dokładnie w chwilach będących całkowitymi wielokrotnościami okresu próbkowania, lecz z pewnymi odchyleniami, jak pokazano w (1) oraz na rysunku 4.:

$$x_n = x(nT + \Delta T) \quad (1)$$

gdzie:

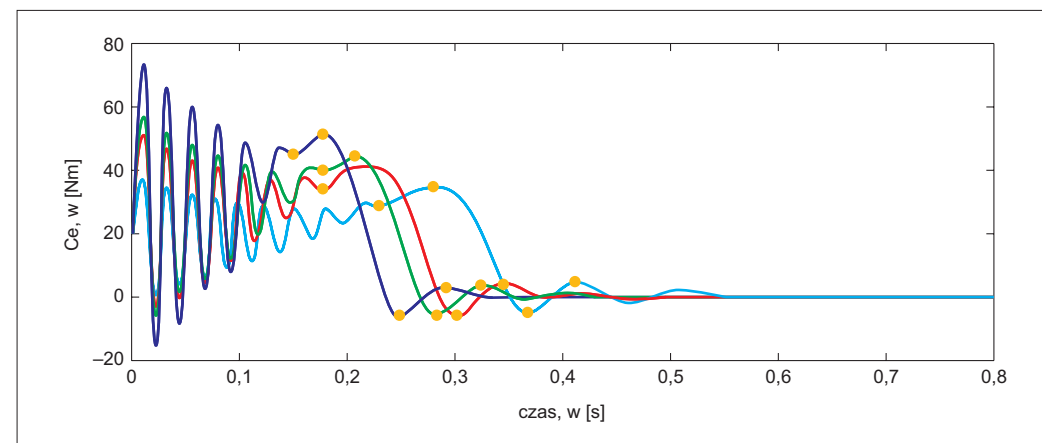
n – oznacza numer próbki pozyskanej z odpowiedzi x analizowanego obiektu,

T – to okres próbkowania,

ΔT – to różnica pomiędzy pożądanym oraz rzeczywistym momentem pobrania próbki (traktowana jako proces losowy, opisywany m.in. przez wartość średnią i odchylenie standardowe). W zastosowaniach czasu rzeczywistego dąży się do minimalizacji czynnika losowego ($\Delta T \rightarrow 0$).

Drugim aspektem pomiarowym w diagnostyce jest pozyskanie informacji z analizowanych odpowiedzi obiektu, które maksymalizowałyby

szansę podjęcia prawidłowej decyzji odnośnie jego stanu. Moduł klasyfikacyjny realizuje reguły przygotowane wcześniej przez eksperta lub (co typowe w przypadku metod sztucznej inteligencji) stworzone automatycznie przy pomocy jednego z algorytmów uczenia się maszyn. Muszą one uwzględniać dane pomiarowe, zatem krytyczną operacją podczas projektowania systemu diagnostycznego jest wybór wartości (najczęściej liczb rzeczywistych) identyfikujących poszczególne stany obiektu. Jest to etap wymagający udziału projektanta, który wie, jakie informacje niosą największą korzyść dla jakości procesu decyzyjnego, albo potrafi taką wiedzę pozyskać obserwując zachowanie obiektu dla różnych wartości jego elementów składowych. Podczas realizacji tego zadania ważną rolę odgrywają komputerowe modele obiektów, pozwalające na dokładną i kompletną symulację zachowania urządzenia lub układu w zależności od wartości parametrów. W przypadku drogiego obiektu lub takich, których nie można analizować w warunkach rzeczywistych, modele są jedynym źródłem informacji. Osobnym zagadnieniem jest ich dokładność, uwzględnienie wszystkich zjawisk fizycznych w nich występujących wymaga bowiem budowy skomplikowanego modelu, co często jest zbyt czasochłonne, a w wielu przypadkach niepotrzebne. Symulacja i modelowanie rzeczywistych obiektów jest jednak tematem na inny artykuł. Należy ponadto zauważyć, że proces decyzyjny systemu diagnostycznego można zautomatyzować oraz ujednolicić (czyniąc niezależnym od konkretnego przypadku), polega on bowiem na przetwarzaniu zestawów liczb rzeczywistych, których pochodzenie jest nieistotne dla zadania klasyfikacji. Taką właściwość systemów diagnostycznych wykazano w [1]. Stworzenie zestawu danych, które moduł przetwarza oraz pozyskuje z nich informacje, wymaga szczegółowej wiedzy na temat zasady działania obiektu, przede wszystkim odnośnie wpływu poszczególnych elementów składowych na jego pracę. Punkty



Rys. 5. Przebieg momentu obrotowego w silniku indukcyjnym oraz punkty charakterystyczne wyekstrahowane z niego

te mogą wynikać z analizy teoretycznej równań systemu lub symulacji komputerowych, są jednak niezbędne. Informacje charakterystyczne pozyskiwane z odpowiedzi zależą od konkretnego przypadku. Na przykład, cechą istotną dla analogowego filtru pasmowego jest punkt, w którym jego wzmocnienie zmniejsza się w paśmie przepustowym o trzydzieści procent (3 dB). Inne ważne informacje mogą być pozyskane z analizy czasowej, np. amplituda i częstotliwość sygnału na wyjściu, czas potrzebny na stabilizację sygnału (w przypadku skoku jednostkowego) itp. Przykład akwizycji punktów charakterystycznych z odpowiedzi silnika indukcyjnego pokazano na rysunku 5.

Ponieważ system pomiarowo-sterujący jest zestawem układów cyfrowych, które przetwarzają zdyskretyzowane dane ze środowiska zewnętrznego, istotną jego cechą jest czas procesu pomiarowego oraz podjęcia decyzji na tej podstawie i/lub generacji sygnałów sterujących, które spowodują zmianę charakteru działania badanego obiektu. Jest to w szczególności istotne dla aplikacji działających w czasie rzeczywistym, o krytycznym znaczeniu ze względów ekonomicznych lub społecznych. Wymagania czasu rzeczywistego dotyczą zarówno procesu akwizycji danych, jak i przetwarzania ich przez mikroprocesor. W teorii systemów wbudowanych jako podstawowy miernik efektywności czasowej podaje się równanie (2), uwzględniające w całkowitym czasie przetwarzania t_{RT} wszystkie etapy na drodze od pozyska-

nia danych pomiarowych do wygenerowania sygnałów sterujących [5].

$$t_{RT} = t_{DID} + r \cdot t_{SC} + t_{UT} + t_{DOD} \quad (2)$$

gdzie:

t_{DID} – czas przesyłania sygnału ze środowiska zewnętrznego do wejścia cyfrowego mikroprocesora,

t_{SC} – czas potrzebny na pobranie r próbek,

t_{UT} – czas wykonania programu użytkownika przez system mikroprocesorowy,

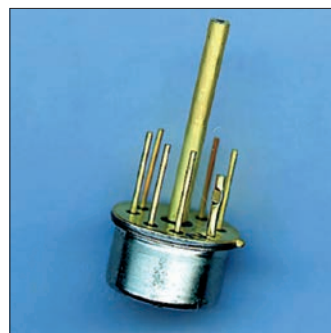
t_{DOD} – czas potrzebny na wygenerowanie sygnałów sterujących.

Czasy związane z kontaktem ze światem zewnętrznym są zależne od wykorzystanego sprzętu – tutaj projektant musi zwykle wybrać jedno z dostępnych rozwiązań. Inaczej wyglądają wymagania wobec systemu przetwarzania danych pomiarowych. Jest to system cyfrowy realizujący algorytm zaprojektowany i zaimplementowany przez człowieka. W zależności od charakteru systemu, moduł przetwarzający może być zestawem bramek logicznych (ASIC lub FPGA), jednak najczęściej jest to komputer jednopłytkowy, wyposażony w mikroprocesor, pamięć oraz znaczną liczbę interfejsów wejścia-wyjścia. Z tego względu wymagania czasu rzeczywistego oznaczają przede wszystkim konieczność wyboru odpowiedniego mikrokontrolera lub sterownika PLC (o parametrach wystarczających do zastosowania w konkretnej sytuacji). Następnie należy na-

piąć aplikację zoptymalizowaną pod względem czasowym. Musi ona w możliwie najlepszy sposób wykorzystywać możliwości mikroprocesora, zapewniając tym samym spełnienie warunków czasu rzeczywistego. Optymalizacji czasowej systemów pomiarowych poświęcono wiele prac, m.in. [6].

sprzęt i oprogramowanie pomiarowe

W przypadku wbudowanych systemów pomiarowo-kontrolnych, centralnym węzłem są specjalistyczne komputery zrealizowane w architekturze Harvard i wyposażone w różnorodne interfejsy wejścia-wyjścia. Do takich należą: porty szeregowo, równoległe, interfejsy sieciowe oraz magistrale specjalistyczne, np. UART, czy JTAG. Szczególnie istotne są pierwsze grupy wejść, do nich bowiem doprowadzane są sygnały zewnętrzne bezpośrednio ze środowiska zewnętrznego, bądź też z czujników pomiarowych. Zadaniem tych ostatnich jest zamiana wielkości mierzonej na sygnał elektryczny, pozostałe operacje wykonywane są już wewnątrz zestawu komputerowego, począwszy od pozyskania sygnału z wejścia analogowego lub cyfrowego (w zależności od formy sygnału generowanego przez czujnik). W tym ujęciu proces akwizycji danych odbywa się poza komputerem i wykonywany jest przez moduły zewnętrzne. Przykładowy czujnik ci-



Fot. 1. Czujnik ciśnienia KPY43A firmy Siemens (http://elportal.pl/pdf/k01/11_14.pdf)



Fot. 2. Programowalny sterownik logiczny CP1H (http://industrial.omron.pl/pl/products/catalogue/automation_systems/programmable_logic_controllers/compact_plc_series/cp1h/default.html)



Fot. 3. Karta akwizycji danych NI6250 z modulem wejść-wyjść NI-SCB68 firmy National Instruments (<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/14122>)

śnienia generujący sygnał elektryczny pokazano na **fotografii 1**.

W zastosowaniach przemysłowych do analizy procesów produkcyjnych i rozproszonych stosuje się najczęściej platformy modułowe, takie jak NI Compact RIO lub sterowniki PLC firmy Siemens (**fot. 2.**). W obu przypadkach urządzenie składa się z jednostki centralnej oraz modułów rozszerzeń, które mogą być dobierane w zależności od zastosowania. W praktyce wykorzystywane są zestawy od 2 do 32 wejść i wyjść analogowych i cyfrowych (w zależności od wymagań projektu). W przypadku systemów rozproszonych, gdzie odległości pomiędzy węzłem pobierającym dane a je przetwarzającym przekraczają kilka metrów, stosowane są również interfejsy komunikacyjne, z których najpopularniejszym jest standard Ethernet przemysłowego. Liczba wejść i wyjść wpływa na szybkość procesu akwizycji danych, ale stanowi również wymagania dla oprogramowania uruchamiającego na mikroprocesorze.

W przypadku komputerów osobistych wiele firm oferuje specja-

listyczne karty akwizycji danych, wyposażone w złącze PCI (coraz rzadziej) oraz PCI Express. W zależności od stopnia skomplikowania są one wyposażone w różną liczbę wejść i wyjść, przy czym są to na ogół urządzenia bardziej wszechstronne, niż pojedynczy moduł kasety lub zewnętrzny dla sterownika PLC lub innego komputera przemysłowego. Tylne panele karty (widoczne z tyłu komputera) zawiera najczęściej zestaw portów, do których można bezpośrednio podłączyć sygnały zewnętrzne, jednak ponieważ jest to niewygodne, stosuje się również moduły zewnętrzne ułatwiające fizyczne doprowadzenie sygnałów pomiarowych. Typowe parametry takich kart to częstotliwość próbkowania, liczba wejść i wyjść cyfrowych i analogowych. Przykładowy zestaw pomiarowy dla komputera klasy PC firmy National Instruments przedstawiono na **fotografii 3**.

Oprogramowanie systemów pomiarowo-kontrolnych decyduje o szybkości i niezawodności wyko-

nywanego zadania. Z tego powodu musi ono być możliwie najprostsze, wykorzystując w maksymalnym stopniu dostępny sprzęt. Dążąc do uzyskania efektywnie wykonywanego kodu, zajmującego minimalną ilość pamięci, należy zastanowić się nad wyborem języka programowania dostępnego dla posiadanej platformy. W przypadku mikrokontrolerów projektant ma do dyspozycji assembler, język C oraz języki wyższego poziomu, np. Basic (przetwarzany do kodu maszynowego przez kompilator BasCom [7]), czy Java dla procesorów Arduino [8]. Pierwsze dwa rozwiązania są zalecane, jeśli aplikacja pomiarowo-kontrolna ma wysokie wymagania wobec operacji czasu rzeczywistego (ang. *Real-Time*). Jeśli konieczny jest tryb twardego Real-Time (HRT), należy wybrać język niskiego poziomu. Co prawda wymaga on dogłębnej znajomości sprzętu, na którym się pracuje, włącznie z poszczególnymi liniami sygnałowymi dochodzącymi do mikroprocesora, jednak możliwe jest tą metodą pełne zarządzanie systemem. Programista dokładnie wie, ile operacji wykonuje maszyna po otrzymaniu danych pomiarowych oraz przed generacją sygnałów sterujących. W przypadku Basic czy Javy, proces tworzenia aplikacji trwa znacznie krócej, jednak uzyskane rozwiązanie nie działa optymalnie. W wielu przypadkach wykazano, że kompilator generuje kod maszynowy dla mikroprocesora funkcjonalnie identyczny z językami niskiego poziomu, jednak

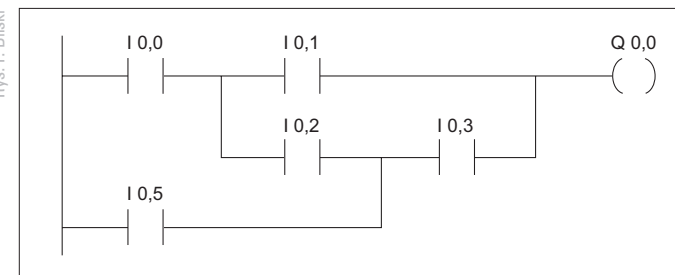
składa się na niego znacznie więcej instrukcji maszynowych, przez co działa wolniej i zajmuje więcej miejsca w pamięci.

W przypadku sterowników PLC zasada tworzenia oprogramowania jest podobna, choć wykorzystywane narzędzia – zupełnie inne. Dla tej grupy urządzeń stosuje się języki tekstowe (odpowiedniki języków niskiego poziomu dla mikrokontrolerów) oraz graficzne. Te drugie są obecnie bardziej popularne ze względu na łatwość tworzenia aplikacji pomiarowych (praktycznie bez znajomości zasady działania sprzętu), jednak ich efektywność zależy w znacznej mierze od kompilatora używanego do tłumaczenia kodu źródłowego. W tym przypadku projektant skupia się na tworzeniu logicznych połączeń pomiędzy zmiennymi reprezentującymi sygnały wejściowe i wyjściowe. Do najpopularniejszych języków z tej dziedziny należą języki schematów drabinkowych, czy bloków funkcyjnych (**fot. 4.**). Najpopularniejszym przedstawicielem tej rodziny jest obecnie LabVIEW firmy National Instruments, którego zastosowania wykraczają jednak poza komputery przemysłowe, uwzględniając również zwykłe rozwiązania PC.

przykład praktyczny

Przedstawione zasady są stosowane w praktyce do monitorowania rzeczywistych systemów analogowych. Jednym z ważniejszych za-

Rys. 6. Bilski



Rys. 6. Schemat stanowiska pomiarowego do pomiaru sieci światłowodowych

stosowań jest monitorowanie złożonych systemów transmisyjnych, wykorzystywanych w teleinformatyce i sieciach komputerowych. W [9] przedstawiono system pomiarowy do zdalnej diagnostyki sieci komunikacyjnej opartej na włóknach światłowodowych (**rys. 6.**). Zastosowano w nim analizatory widma optycznego MS9720A firmy Anritsu, które są sterowane zdalnie za pomocą komputera przemysłowego pracującego pod kontrolą systemu operacyjnego Windows. Działa na nim aplikacja napisana w środowisku LabVIEW. Jej zadaniem jest ula-

twienie użytkownikowi wyboru testów oraz obserwowania ich wyników. Dzięki temu możliwe stało się zdalne testowanie sieci komunikacyjnej na komputerze znajdującym się w pewnej odległości od lokacji, w których pomiary są dokonywane. Do komunikacji z analizatorami widma wykorzystano magistralę GPIB, która umożliwia podłączenie do czterech urządzeń rozmieszczonych w odległości nie większej niż 20 metrów od modułu sterującego. Oprogramowanie stworzone w LabVIEW komunikuje się z urządzeniami pomiarowymi za pomocą

sterownika napisanego w standardzie VISA, który jest najczęściej wykorzystywany podczas komunikacji ze specjalistycznymi modułami pomiarowo-sterującymi. Zaprojektowany system umożliwia zdalne testowanie sieci bez konieczności fizycznego przebywania technika przy urządzeniach pomiarowych.

podsumowanie

W artykule przedstawiono zagadnienie diagnostyki systemów technicznych z punktu widzenia systemów pomiarowo-kontrolnych. Są one niezbędnym elementem modułu analizującego dowolny obiekt, stanowiąc interfejs pomiędzy systemem cyfrowym (mikrokontroler, sterownik PLC, czy inny komputer przemysłowy) a badanym obiektem. Ze względu na rosnące znaczenie komputerowych systemów diagnostycznych, ich pole zastosowań będzie się rozszerzać, co wiąże się

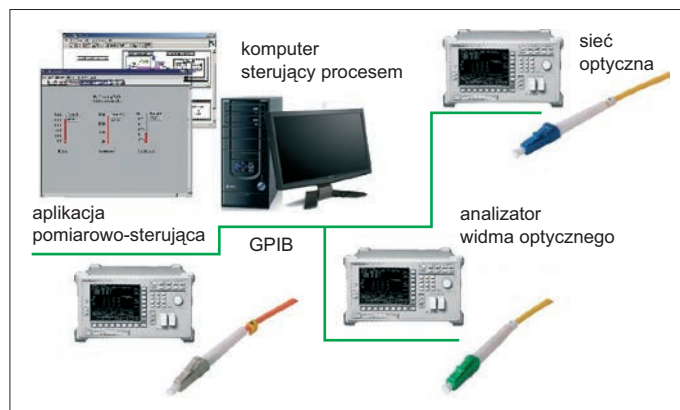
abstract

Measurement and control systems in technical systems diagnostics

The paper presents the architecture of the contemporary computer measurement and control system used in the diagnostic task. As the technical objects are used widely in the industry and for the benefits of the society, their monitoring and on-line analysis is important. The additional requirement are the real-time mode working conditions, enabling timely and accurate response of the diagnostic module. The paper introduces fundamentals of the diagnostics and requirements for microcomputer systems used there. Next, hardware and software solutions are explained, with examples of particular devices. Microcontrollers and programmable logic controllers (PLC) are presented in detail. The theoretical background is supported by the practical example of applying the computer system to the diagnostics of the optical transmission network characteristics.

z rozwojem algorytmów detekcji i lokalizacji uszkodzeń, a także rozwiązań sprzętowych służących do ich implementacji.

reklama



Fot. 4. Przykładowy diagram języka bloków funkcyjnych dla sterowników PLC



MOK250
oś [mm] 8
średnica [mm] 50

MOK240
oś [mm] 6
średnica [mm] 40

MOK230
oś [mm] 4
średnica [mm] 30

Dostępne rozdzielczości: od 1 do 128 (co jeden) oraz 256, 512 i 1024 impulsów na obrót. Standardy sygnału wyjściowego PushPull, Otwarty Kolektor oraz Nadajnik Linii.

Enkodery standardowo mają stopień ochrony IP64 z możliwością zwiększenia ochrony do IP65.

Rozwiązania i Komponenty dla Automatyki
Solutions and Components for Automation



www.wobit.com.pl

Enkodery magnetyczne inkrementalne z osią

Jesteś zainteresowany ofertą? A może chcesz zadać pytanie naszemu doradcy?
zadzwoń +48 61 22 27 422
lub napisz wobit@wobit.com.pl

programowalne sterowniki na bazie sterowników Unitronics z serii Jazz, M90 oraz Vision

Elmark Automatyka Sp. z o.o. – Mateusz Sikorski

Elmark Automatyka Sp. z o.o. jest wyłącznym przedstawicielem firmy Unitronics w Polsce, która specjalizuje się w sterownikach PLC zintegrowanych z panelem operatorskim HMI. Dzięki kompaktowym rozmiarom tych urządzeń są doskonałym rozwiązaniem wszędzie tam, gdzie zależy nam na niewielkich wymiarach sterowania.



Podstawowymi a zarazem najmniejszymi sterownikami jest seria mikrosterowników JAZZ, mająca zastosowania przy niewielkich i tanich sterowaniach zastępujących doskonale przełączniki logiczne. Dzięki połączeniu sterownika z funkcjonalnym panelem operatorskim (2 linie po 16 znaków, polska czcionka, klawiatura numeryczna oraz funkcyjna), na którym można wyświetlać i wprowadzać różnego rodzaju parametry (np. czasy pracy, dni tygodnia, dane, odległości, zmienne, hasła, stany wejść i wyjść itp.), sterownik ten sprawdza się przy niewielkich sterowaniach jako zamiennik przełączników logicznych i zegarów. W zależności od wersji sterowniki te mają np. 16 wejść cyfro-

wych, 2 uniwersalne wejścia (cyfra/analog), 2 wejścia analogowe i nawet 20 wyjść tranzystorowych. W sterowniku tym dwa wejścia mogą pracować jako wejścia licznikowe (5 kHz, 16-bitowa rozdzielczość) lub jako normalne wejścia cyfrowe. Dużą zaletą integracji sterownika z panelem są wymiary takiego rozwiązania (dużo mniejsze niż w innych rozwiązaniach) jak również wyeliminowanie dodatkowych kabli, co wpływa na niezawodność całego systemu.

Większą serią sterowników Unitronics jest seria M90/M91. Są to sterowniki z panelem operatorskim i programowalnymi przyciskami (1 lub 2 linie x 16 znaków). W sterownikach tych tak jak przy serii

JAZZ mamy możliwość połączenia ich w sieć MODBUS RTU (Master/Slave). Dodając modem GSM mamy również możliwość kontroli urządzenia z poziomu telefonu komórkowego, a więc z praktycznie dowolnego miejsca. Rozwiązanie to jest rozpowszechnione w różnego rodzaju sterowaniach jak przepompownie, gdzie nie ma stałego nadzoru nad pracującymi urządzeniami. Komunikacja sms wysyłana/odbierana ze sterownika umożliwia sprawdzenie i reakcję na zachodzące zmiany w procesie sterowania takie jak zmiana temperatury, poziomów a w skrajnych przypadkach umożliwia nam również zatrzymanie układu, co może uchronić w niektórych przypadkach od dużych

strat materiałowych i co za tym idzie ograniczyć koszty.

Większą rodziną jest seria sterowników V120 oraz V230 z panelem graficznym i tekstowym (z polską oraz ustawianą wielkością czcionki). Są to sterowniki, na których może być przeprowadzona wizualizacja zachodzącego procesu, co uatrakcyjnia urządzenie pod względem estetycznym jak również ułatwia pracę operatorowi urządzenia, który jest w stanie śledzić przebieg zachodzącego procesu, bezpośrednio przy sterowanym urządzeniu.

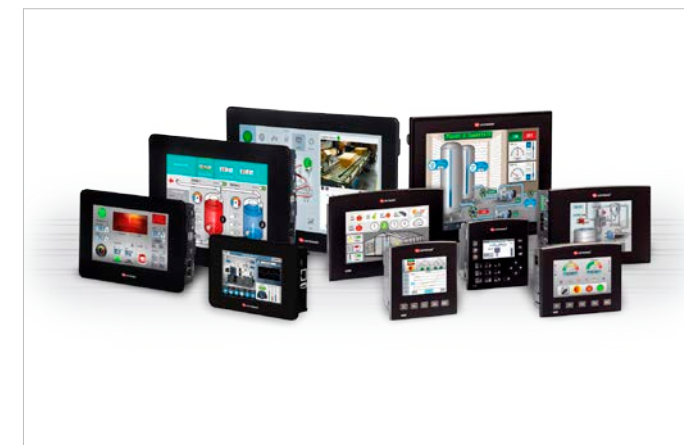
Kolejnymi produktami firmy Unitronics są sterowniki z panelem dotykowym: V280 i V290. Są to sterowniki z panelem dotykowym o rozdzielczości 320 x 240 pikseli. Sterownik V280 ma ekran o przekątnej 4,7" i dodatkowo klawisze funkcyjne, natomiast sterownik V290 ma ekran o przekątnej 5,7" i klawiaturę wirtualną dotykową. Najnowsze sterowniki z serii V130, V350 oraz V430 mają również dotykowe panele (poza serią V130) o przekątnych 3,5 lub 4,3" a także obsługę zaawansowanych funkcji, takich jak obsługa wyjść szybkich typu PTO (do serwonapędów).

Największe są sterowniki V560, V570, V700, V1040 oraz V1210 z panelami kolorowymi oraz zwiększonymi możliwościami. Są to pierwsze sterowniki firmy z panelem kolorowym dotykowym dostępny na naszym rynku. Główne i sprawdzone rozwiązania pozostały takie same jak budowa modułowa: PLC, panel operatorski

i SNAP w zwartej obudowie (moduł wejść i wyjść montowany na „plecach” sterownika). Dzięki temu odpada konieczność stosowania kabla połączeniowego, który w warunkach przemysłowych byłby narażony na uszkodzenia. Sterowniki te, tak jak seria V200, mają możliwość komunikacji Modbus RTU, Modbus TCP/IP, Ethernet, CANopen, GSM/GPRS – jak również zwiększoną pamięć programu do 2MB, dodatkowy 1 MB na czcionkę i następne

6 MB pamięci na obrazy wyświetlane na panelu operatorskim. Czas wykonania typowej aplikacji o rozmiarze 1k wynosi 9 μ s. Sprawia to, że nowy sterownik jest ok. 2,5 razy szybszy od serii niekolorowej.

W sterownikach tych mamy możliwość wykorzystania 1 024 ekranów, co w znaczny sposób zwiększa możliwości przedstawienia większej liczby wyświetlanych parametrów dla danego procesu.



Sterowniki Unitronics wyposażone są w porty szeregowo swobodnie programowalne. Możliwość wysyłania i odbierania znaków w kodzie ASCII pozwala na dołączenie do tych sterowników np. czytników kodów kreskowych, drukarek itp. urządzeń, co znalazło zastosowanie i uznanie wśród odbiorców sprzętu Unitronicsa.

Sterowniki oprócz serii Jazz, dzięki wbudowanemu portowi rozszerzeń, mają możliwość rozbudowy o dodatkowe moduły we/wy: dwustanowych, analogowych, termoparowych, wagowych i rezystancyjnych PT100/PT1000. Wbudowana regulacja PID (również funkcja auto dostrajanie) umożliwia pracę tych sterowników w zamkniętej pętli regulacji, potrzebnej wszędzie tam, gdzie wymagane jest utrzymywanie parametrów procesu (temperatury, przepływu, ciśnienia) na zadanym poziomie. Dzięki serwerowi danych OPC jest możliwa integracja i wymiana danych z systemami nad-

zrędnymi typu SCADA (np. DasyLab, RSview) oraz aplikacjami systemu operacyjnego Windows (np. Excel).

Do programowania sterowników Unitronics służy darmowe oprogramowanie, którego najnowsza wersja znajduje się zawsze na stronie producenta www.unitronicsplc.com. W zestawie znajdują się elementy mocujące i kabelek połączeniowy sterownik – komputer.

reklama



Elmark Automatyka Sp. z o.o.
05-075 Warszawa-Wesoła
ul. Niemcewicz 76
tel. 22 773 79 37,
22 778 99 25
faks 22 773 79 36
elmark@elmark.com.pl
www.elmark.com.pl

reklama

Unistream 5"



CanBus



RS485



RS232



I/O Expansion Adaptor



- sterownik PLC + panel HMI + moduł I/O w jednym urządzeniu
- niewielkich rozmiarów sterownik o niewiarygodnych możliwościach
- panel dotykowy 5"
- możliwość dodatkowej rozbudowy o kolejne moduły komunikacyjne lub I/O
- darmowe, potężne oprogramowanie UniLogic
- stopień ochrony IP65
- 2 lata gwarancji

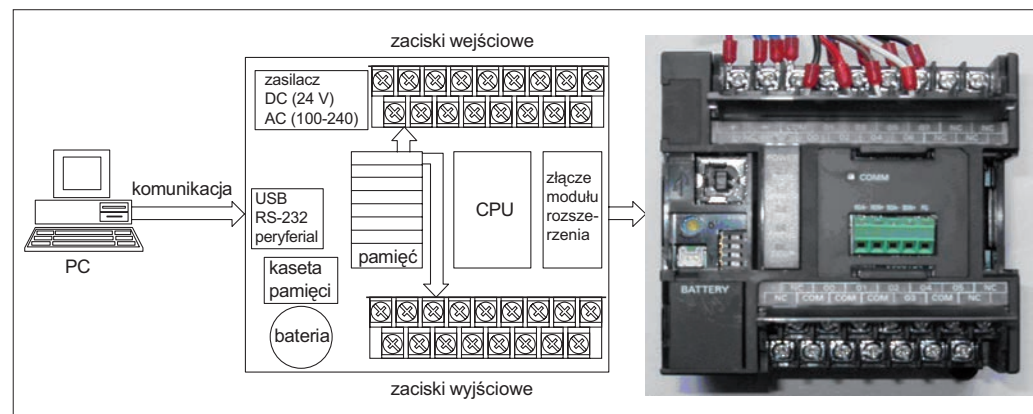
adresowanie modułów cyfrowych wejść i wyjść w obszarze pamięci sterowników PLC

dr inż. Krzysztof Ludwinek – Politechnika Świętokrzyska

Dostępne na rynku modułowe i kompaktowe sterowniki PLC posiadają duży wybór dodatkowych modułów cyfrowych (tzw. modułów rozszerzających możliwości samego sterownika), takich jak: podstawowych, mieszanych wejść i wyjść (*digital input, digital output*), specjalnych wejść, w których sygnałem wejściowym jest napięcie przemienne AC lub AC/DC, wejść i wyjść TTL, przerwaniowych, szybkich (impulsowych) wejść, szybkiego licznika, wyjść przekątnikowych. W artykule opiszemy najważniejsze aspekty dotyczące alokacji (zarezerwowanego miejsca w pamięci sterownika) w przestrzeni adresowej cyfrowych modułów wejść i wyjść z rodziny sterowników: modułowych CJ1/CJ2, CS1 i CPM2C oraz kompaktowych CP1L/H, CPM1A i CPM2A.

sposób określania w przestrzeni adresowej cyfrowych wejść i wyjść

Określanie adresów w przestrzeni adresowej pamięci dla cyfrowych wejść i wyjść zależy od budowy we-



Rys. 1. Budowa sterownika kompaktowego i jego przykładowy widok (CP1L)

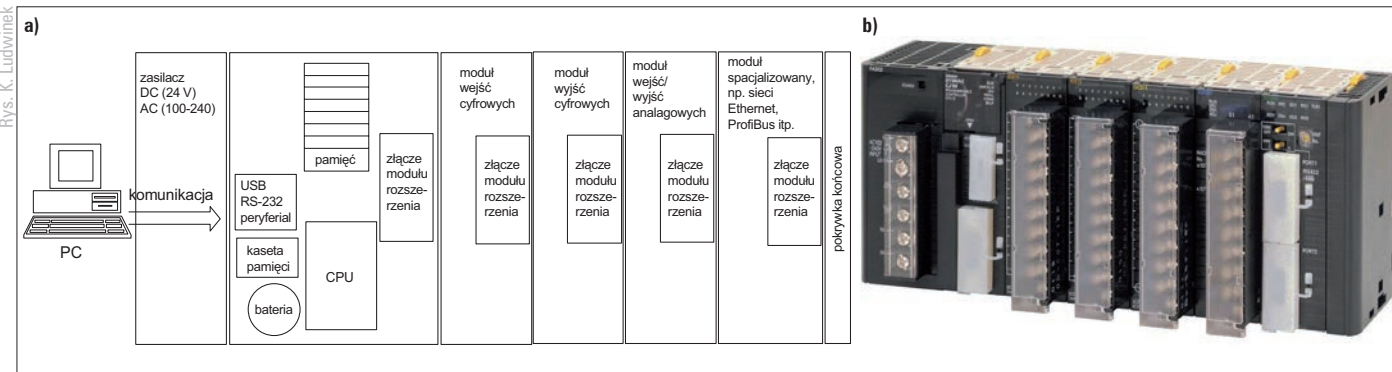
wewnętrznej sterownika PLC, tj. kompaktowej, modułowej i rozproszonej.

Sterownik kompaktowy, którego budowę i widok przedstawiono na **rysunku 1.**, cechuje sztywna architektura, tzn. że w tego typu sterownikach użytkownik nie ma możliwości zmiany ich konfiguracji wewnętrznej, przy znacznych ograniczeniach dotyczących rozbudowy zewnętrznej. Sterowniki te posiadają wbudowany zasilacz oraz pewną, zależną od jednostki CPU, liczbę wbudowanych wejść i wyjść cyfrowych lub analogowych (CP1L, CP1H-XA), które mogą być wyposażone we wskaźniki, np. siedmio-segmentowe (CP1H-XA). Rozbudowa

tych sterowników PLC o dodatkowe moduły jest zwykle ograniczona do kilku modułów bez możliwości tworzenia własnych systemów i odbywa się poprzez złącze modułu rozszerzenia. Do omawianej w artykule rodziny sterowników kompaktowych należą CPM1 A, CPM2A, CP1L i CP1H.

Sterownik modułowy, którego budowę przedstawiono na **rysunku 2.**, wyróżnia elastyczna architektura, a więc istnieje możliwość dużej ingerencji w skład oraz rozmieszczenia elementów składowych. Za pomocą niektórych sterowników modułowych można tworzyć rozbudowane systemy oraz w przypadku sterowni-

ka CS ID z dwoma jednostkami CPU (duplex) można zbudować np. układ redundancji, zwiększający niezawodność pracy całego systemu. Oprócz modułu zasilacza i jednostki centralnej CPU do dyspozycji jest kilkadziesiąt modułów, z których każdy spełnia określone funkcje, takie jak np. pomiar temperatury, wejścia/wyjścia analogowe lub cyfrowe, moduły komunikacyjne (sieciowe np. ProfiBus, DeviceNet, Ethernet, ControLink) itp. Najczęściej sterowniki modułowe montuje się na płytach montażowych rozszerzeń (Racks) lub na szynie montażowej DIN (TH35). Wymienione sposoby pozwalają dowolnie usytu-



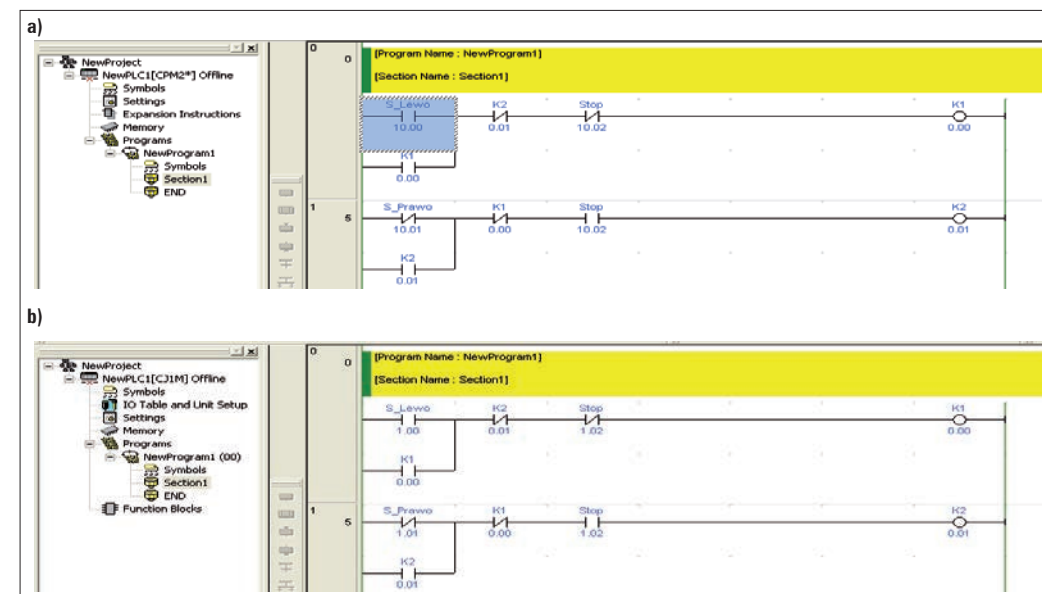
Rys. 2. Budowa sterownika modułowego PLC: a) przykładowa konfiguracja, b) sterownik PLC (typu CJ1M) wraz z przykładowymi pięcioma modułami rozszerzeń (CP1L)

ować wybrane moduły, dzięki czemu istnieje możliwość łatwej konfiguracji, w zależności od potrzeb i przeznaczenia, co zdecydowanie ogranicza zarówno ilość potrzebnego miejsca, jak i nakład środków pieniężnych. Ponadto ułatwia późniejszą rozbudowę. Na **rysunku 2a** przedstawiono budowę sterownika modułowego z jego przykładową konfiguracją, natomiast na **rysunku 2b** widoczny jest sterownik PLC typu CJ1M wraz z przykładowymi pięcioma modułami i pokrywą końcową stanowiącą zakończenie. Do omawianej w artykule rodziny sterowników modułowych należą CJ1M, CJ1G, CJ1H, CJ2H, CS1G, CS1H i CS1D. Sterowniki kompaktowe nie posiadają zdolności do tworzenia grup rozszerzeń. Jeśli w danej grupie pracujących sterowników PLC istnieje potrzeba rozbudowy i stworzenia np. systemu lub rozbudowy o kolejną grupę rozszerzeń, to jest to tylko możliwe z wykorzystaniem sterowników modułowych.

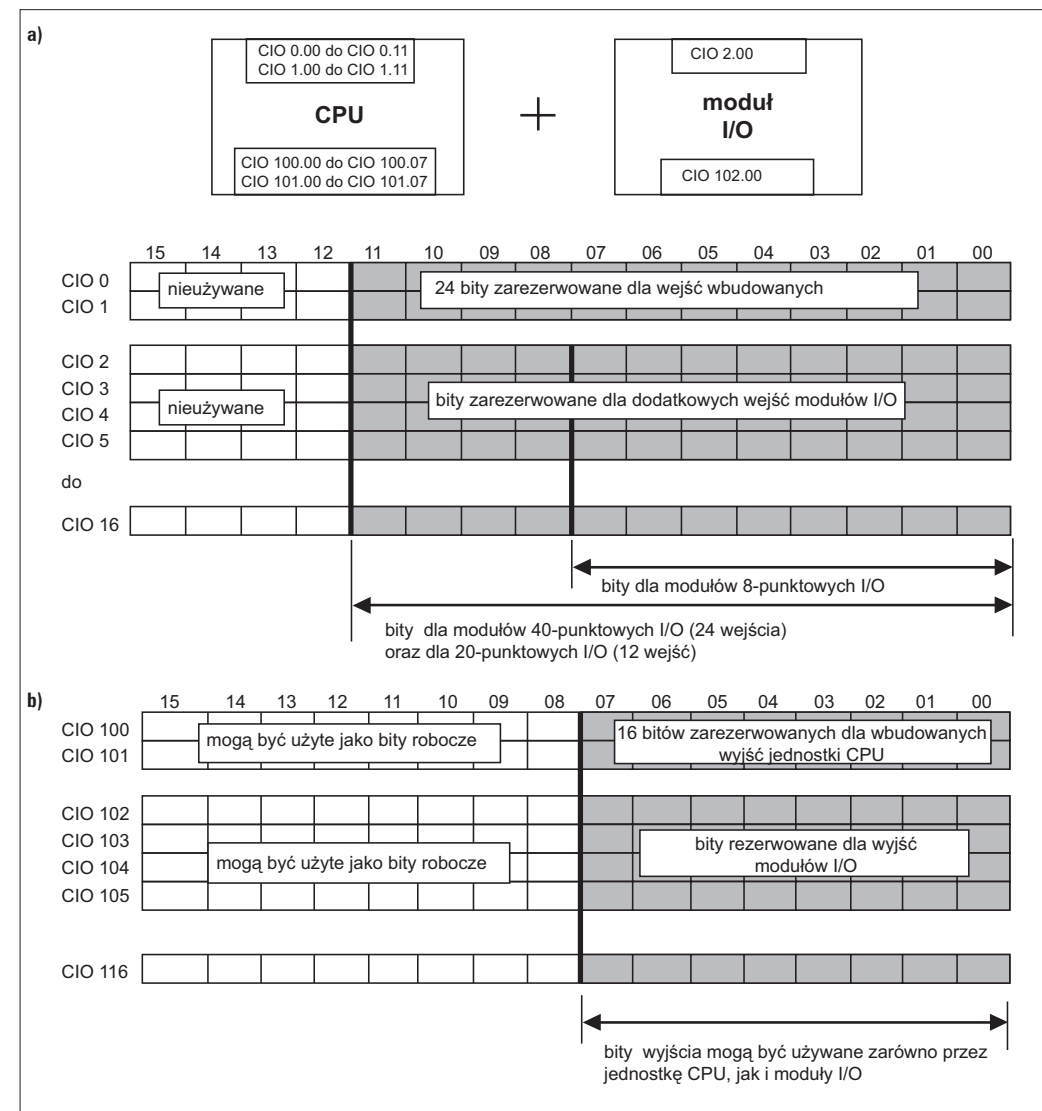
Sterowniki rozproszone stanowią trzecią grupę, którą cechuje elastyczna architektura pozwalająca na umieszczenie poszczególnych modułów w dowolnej dopuszczalnej odległości od jednostki CPU. Dla tego typu sterowników moduły rozproszone są dostępne tylko dla rodziny CJ i CS1.

W językach programowania sterowników PLC firmy Omron symboli IR oraz CIO występujących przed określaniem adresu w pamięci nie podaje się, co dla kompaktowego sterownika CP1L i fragmentu programu w języku drabinkowym zostało przedstawione na **rysunkach 3a i 3b** dla modułowego sterownika CJ1M współpracującego wraz z dwoma dodatkowymi modułami cyfrowymi dołączonymi w kolejności CJ1W-ID211 (16 wejść cyfrowych obsługiwanych przez całe słowo pamięci CIO0) i CJ1W-OD212 (16 wyjść cyfrowych obsługiwanych przez całe słowo pamięci CIO1).

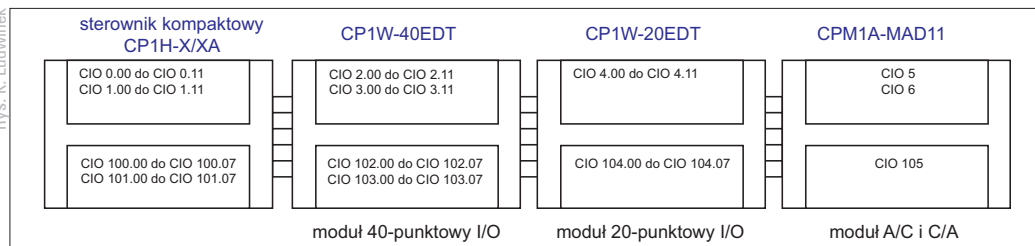
Sterowniki kompaktowe PLC typu CPM1A posiadają 2x10 słów (20 rejestrów 16-bitowych) w obszarze pamięci IR, przeznaczonych na obszar wejść i wyjść wbudowanych oraz mo-



Rys. 3. Fragment programu w języku drabinkowym ilustrujący zasadę określania adresów wejścia i wyjścia dla sterownika: a) kompaktowego CPM (wbudowane wejścia i wyjścia), b) modułowego (dodatkowe moduły cyfrowe)



Rys. 4. Określanie adresu: a) wejść, b) wyjść dla jednostek CPU i modułów rozszerzeń sterowników PLC typu CP1H-XA..., CP1H-XA... i CP1H-Y....



Rys. 5. Przykładowa konfiguracja sterownika kompaktowego i alokacja wejść i wyjść w obszarze pamięci CIO

dułów rozszerzeń (maksymalnie 3). Obszar dla wejść położony jest od IRO do IR9 czyli 160 bitów (b) od IRO.00 do IR9.15, natomiast obszar wyjść od IR10 do IR19, czyli również 160b (od IR10.00 do IR19.15).

Sterowniki kompaktowe typu CPM2A i modułowe CPM2C posiadają podobnie jak CPM1A ten sam obszar 2x10 słów przeznaczony na obsługę wejść i wyjść wbudowanych i modułów rozszerzeń (maksymalnie 3). Obszar dla wejść położony jest od IRO do IR9 (czyli 160b od IRO.00 do IR9.15), natomiast obszar wyjść od IR10 do IR19 również 160b (od IR10.00 do IR19.15). Sterowniki kompaktowe typu CPH posiadają 2x100 słów przeznaczone na obszar wejść i wyjść, tzw. wbudowanych i modułów rozszerzeń (maksymalnie 7). Obszar dla wejść położony jest od CIO 0 do CIO 99, czyli 1600b od CIO0.00 do CIO99.15), natomiast obszar wyjść od CIO 100 do CIO 199 (1600b od CIO100.00 do

CIO199.15). Przykład przydzielania bitów pamięci CIO na wejścia i wyjścia dla jednostek CPU i modułów rozszerzeń zostanie przedstawiony w dalszej części artykułu. Sterowniki kompaktowe typu CP1L, podobnie jak CPH, posiadają również 2x100 słów przeznaczone na obszar wejść i wyjść wbudowanych i modułów rozszerzeń (maksymalnie 3). Obszar dla wejść położony jest od CIO 0 do CIO 99 (czyli 1600b od CIO0.00 do CIO99.15), natomiast obszar wyjść od CIO100 do CIO199 (1600b od CIO100.00 do CIO199.15). Adresy przydzielonego obszaru pamięci CIO dla wejść i wyjść dla jednostek CPU i modułów rozszerzeń sterownika CP1L jest podobny jak dla ww. CPH.

Dla sterowników modułowych przydzielony obszar na obsługę wejść i wyjść jest wspólny.

Sterowniki modułowe PLC typu CJ1 posiadają 160 słów przeznaczonych na obszar wejść i wyjść dla mo-

dułów rozszerzeń (od 10 do 40 – **tabela 1**, na www.elektro.info.pl). Obszar ten położony jest od CIO 0 do CIO 159 czyli 2560b) i przeznaczony jest do wspólnego zagospodarowania zarówno dla modułów wejściowych, jak i wyjściowych. O tym, jaki adres posiada dany moduł, decyduje kolejność jego przyłączenia od jednostki CPU. Jednostki CJ1-CPU21/22/23 posiadają wbudowane wejścia i wyjścia cyfrowe leżące poza wymienionym obszarem i są to dwa słowa o adresach: CIO2960 – wejścia i CIO2961 – wyjścia.

Sterowniki modułowe PLC typu CJ2H posiadają (podobnie jak sterowniki CJ1) 160 słów przeznaczonych na obszar wejść i wyjść dla modułów rozszerzeń (maksymalnie 40). Jednostki CPU sterowników CJ2H nie posiadają wejść i wyjść wbudowanych. Obszar ten położony jest od CIO 0 do CIO 159 czyli 2560b) i przeznaczony do wspólnego wykorzystania zarówno dla modułów wejściowych, jak i wyjściowych. O tym, jaki adres

posiada dany moduł, decyduje kolejność jego przyłączenia, licząc od jednostki CPU.

Sterowniki modułowe PLC typu CS1 posiadają 320 słów przeznaczone na obszar wejść i wyjść modułów rozszerzeń (od 26 do 80 – **tabela 1**). Jednostki CPU sterowników CS1 nie posiadają wejść i wyjść wbudowanych. Obszar dla wejść położony jest od CIO 0 do CIO 319 czyli 5200b). Podobnie jak dla sterowników CJ, obszar tej pamięci nie posiada wydzielonej przestrzeni na wejścia lub wyjścia, decyduje jedynie kolejność przyłączenia modułu, licząc od jednostki centralnej. Na stronie www.elektro.info.pl znajdują Państwo **tabelę 1**, w której podano zestawienie maksymalnej liczby modułów oraz punktów wejść/wyjść przeznaczonych dla wejść i wyjść wbudowanych oraz modułów dla poszczególnych sterowników PLC. W **tabeli 2**, (www.elektro.info.pl) podano zestawienie obszarów pamięci przeznaczonych na wejścia i wyjścia wbudowane i moduły rozszerzeń.

określanie adresu wejść i wyjść w obszarze pamięci dla kompaktowych sterowników PLC

Na **rysunku 4**, przedstawiono sposób określania adresu wejść i wyjść w obszarze pamięci CIO dla jednostek CPU i modułów rozszerzeń, przykładowo dla sterowników PLC typu CPH-X..., CPH-XA... (z wbudowanymi przetwornikami analogowo-cyfrowymi i cyfrowo-analogowymi – w oznaczeniu symbol A) i CPH-Y....

Na podobnej zasadzie odbywa się przydzielanie obszarów pamięci na bity wejścia (do 12 bitów każdego słowa) i wyjścia (do 8 bitów każdego słowa) dla pozostałych sterowników kompaktowych z rodziny CP. Na **rysunku 5**, przedstawiono przykładową konfigurację sterownika kompaktowego, tj. jednostki CPU, oraz trzech modułów rozszerzeń i alokację wejść i wyjść cyfrowych dla modułów CP1W-40EDT i CP1W-20EDT oraz analogo-

wych CP1W-MAD11 w obszarze pamięci CIO (na przykładzie sterowników PLC typu CPH-X..., CPH-XA...).

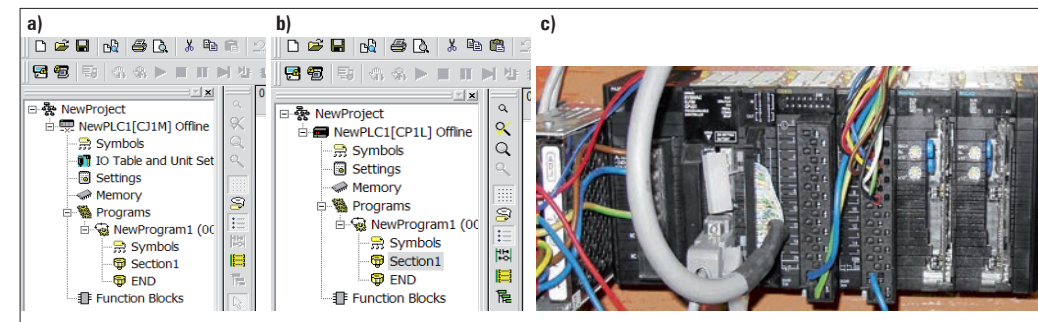
Przedstawiona na **rysunku 5**, konfiguracja z jednostką CPU sterowników PLC typu CPH-X..., CPH-XA... posiada zarezerwowane po dwa rejestry z obszaru CIO, tj. CIO0 i CIO1 (na obsługę sygnałów wprowadzanych na wbudowane wejścia cyfrowe) oraz CIO 100 i CIO101 na wbudowane wyjścia cyfrowe (na obsługę sygnałów cyfrowych wyprowadzanych z jednostki CPU) oraz trzy dodatkowe moduły (rozszerzeń). Dwa moduły cyfrowych wej./wyj., tj. 40-punktowy Input/Output (I/O) i 20-punktowy, zawierają odpowiednio 24 wejścia i 16 wyjść oraz 12 wejść i 8 wyjść oraz jeden moduł o dwóch wejściach i jednym wyjściu analogowym. Na przedstawionej konfiguracji widać, że każdemu dołączanemu modułowi, w zależności od cyfrowych lub analogowych wejść i wyjść, przydzielane są następne kolejne wolne słowa z obszaru CIO.

Podobnie wygląda alokacja wejść i wyjść w obszarze CIO dla jednostek CPU i modułów rozszerzeń dla sterowników PLC typu CP1L. Maksymalna liczba dołączanych modułów do obu typów sterowników PLC ograniczona jest do 7.

konfiguracja wejść i wyjść w obszarze pamięci dla modułowych sterowników PLC i modułów rozszerzeń

Na **rysunku 6**, przedstawiono sposób określania adresów wejść i wyjść złożonego systemu modułowego sterowników PLC stanowiących system. System ten jest utworzony za pomocą modułu sterującego we/wy i kolejnych modułów interfejsu połączonych za pomocą specjalnego kabla przyłączeniowego we/wy. Szczegóły konfiguracji (tworzenia) systemu przedstawione są dla sterowników CJ na **rysunku 7**, (www.elektro.info.pl) [1], natomiast dla sterowników CS na **rysunku 8**, (www.elektro.info.pl) [10].

Zaletą konfiguracji rozbudowanych systemów modułowych jest



Rys. 9. Widok okna tworzonego nowego projektu dla sterowników: a) modułowych, b) kompaktowych, c) grupa CPU serii CJ1M z zasilaczem i czterema modułami rozszerzeń

obecność tylko jednej jednostki CPU. Poszczególne grupy rozszerzeń tworzy się nie za pomocą jednostki CPU i modułów rozszerzeń, ale za pomocą modułu interfejsu, do którego dołącza się poszczególne moduły zakończone pokrywą krańcową. Maksymalna długość wszystkich kabli przyłączeniowych tworzących poszczególne grupy rozszerzeń dla sterowników CJ1 i CJ2H według producenta (**rys. 7**) nie powinna przekraczać 12 m [1] natomiast dla sterowników CS1 do 12 m, ale dla jednego systemu rozszerzenia (możliwe jest zbudowanie od 2 do 7 systemów w zależności od wersji jednostki CPU – **tabela 2**, – www.elektro.info.pl), przy czym maksymalna długość wszystkich kabli przyłączeniowych dalekiego zasięgu tworzących poszczególne grupy rozszerzeń nie może przekraczać 50 m – (**rys. 8**) [1, 8, 10].

Na **rysunku 8**, (www.elektro.info.pl) przedstawione są szczegóły tworzenia systemu z przykładowymi grupami rozszerzeń wejść

i wyjść z wykorzystaniem kabli przyłączeniowych krótkiego i dalekiego zasięgu dla sterowników CS [10]. W przypadku sterowników CS każda grupa modułów montowana jest na płytach montażowych rozszerzeń (Racks).

Należy pamiętać, że:

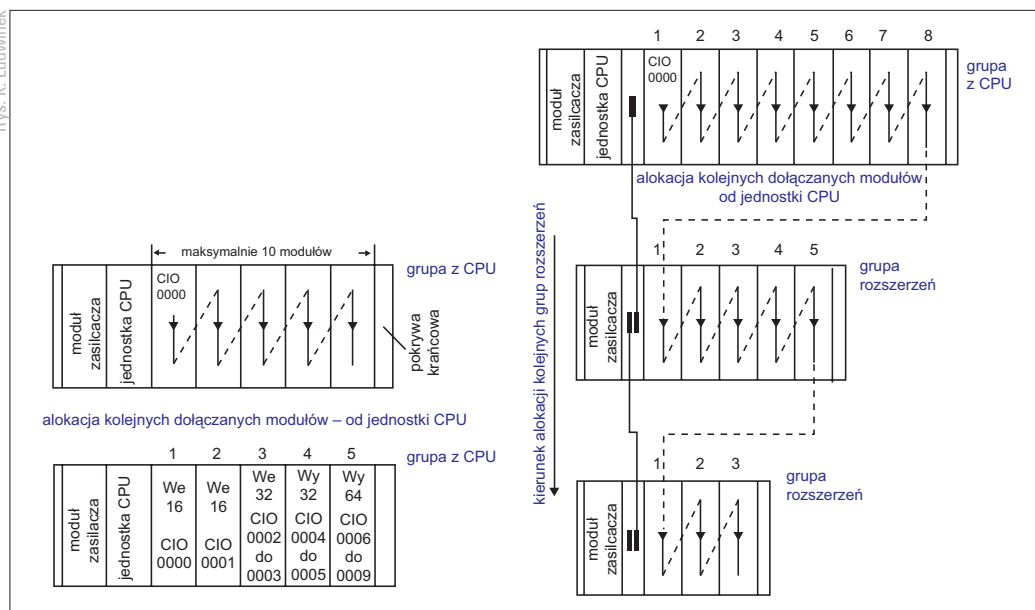
- w przypadku sterowników modułowych, jeśli dołączany moduł cyfrowy posiada np. 16 wejść lub wyjść cyfrowych, to zajmuje całe słowo w pamięci CIO, a nie jak w przypadku sterowników kompaktowych tylko pierwszych 12 bitów pierwszego wolnego słowa obszaru pamięci CIO lub IR i pozostałe 4 bity z następnego słowa,
- w grupach dalekiego zasięgu nie można stosować modułów C200H-...,
- każda końcowa grupa rozszerzeń w module komunikacyjnym powinna posiadać rezystancję zakończeniową,
- moduły rozszerzeń C200H... nie mogą być używane z jednostkami CPU z rodziny CS 1D.

ustawienia systemowe dla dodatkowych modułów cyfrowych

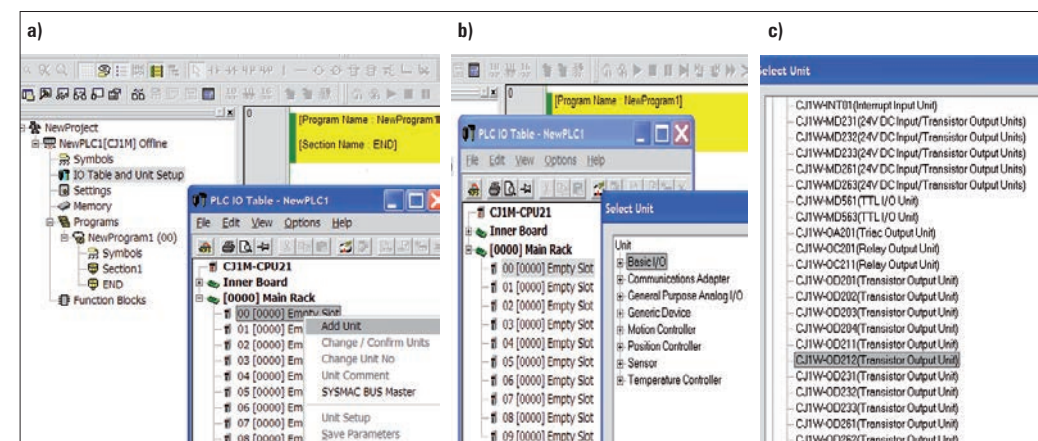
Ustawienia systemowe dla dołączanych cyfrowych modułów rozszerzeń dokonuje się tylko dla modułów sterowników PLC z wykorzystaniem zakładki *IO Table and Unit Settings* w programie Cx-Programmer poprzez ręczne dodawanie poszczególnych modułów lub samoczynne (automatyczne) najszybsze z wykorzystaniem funkcji Create.

Na **rysunku 9**, przedstawiono widok okna tworzonego nowego projektu z wykorzystaniem zakładki *IO Table and Unit Settings* dla ustawień systemowych dołączanych modułów wejść i wyjść cyfrowych dla sterowników modułowych (**rys. 9a**) i bez ustawień systemowych dla sterowników kompaktowych (**rys. 9b**), gdzie brak możliwości wykorzystania zakładki *IO Table and Unit Settings*.

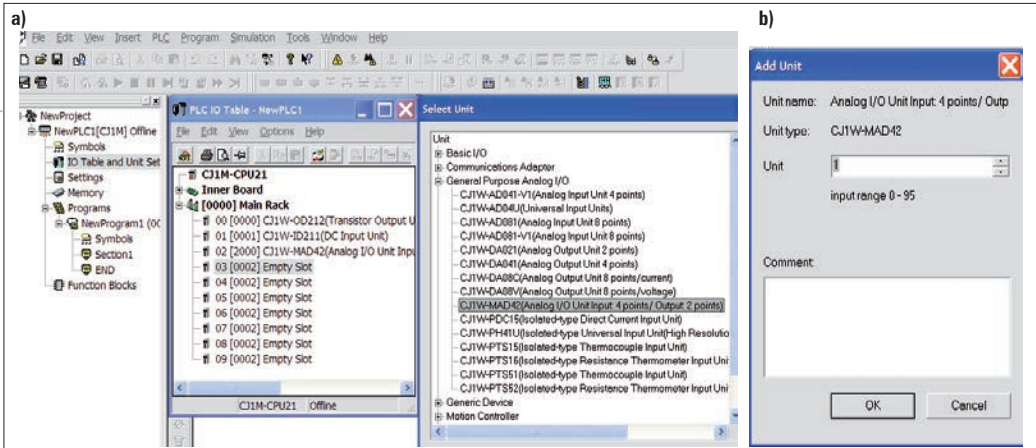
Natomiast na **rysunku 9c** przedstawiono przykładową konfigurację



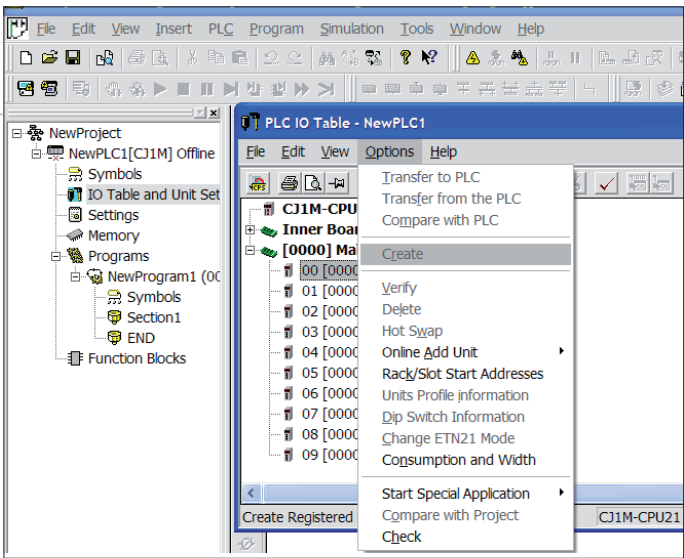
Rys. 6. Schemat określania adresów w grupie z CPU i złożonego systemu modułowego [1]



Rys. 10. Pierwszy etap konfigurowania modułowych sterowników PLC do PLC IO Table



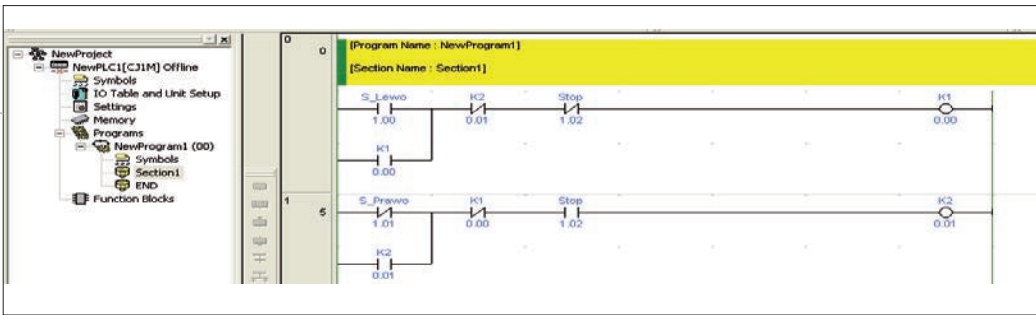
Rys. 11. Końcowy etap konfigurowania dołączanych modułów do jednostki CPU – tworzenie I/O Table and Unit Setup: a) wstawianie modułu CJ1W-MAD42, b) nadanie kolejnego numeru



Rys. 12. Samoczynne wczytanie tablicy 10 dla poszczególnych konfigurowalnych modułów

- cję grupy rozszerzeń rodziny sterowników modułowych z CJ1M – CPU21, zawierającą oprócz modułu zasilacza cztery moduły rozszerzeń dołączone w następującej kolejności:
- CJ1W-OD212 – 16 wyjść cyfrowych 24V,
 - dwa przetworniki A/C i C/A typu CJ1W-MAD42, które posiadają: 4 wejścia – rozdzielczość 4000b, 2 wyjścia – rozdzielczość 1/4000b, pracują w zakresach od 1V do 5V, od 0 do 5V, od 0 do

- CJ1W-ID211 – 16 wejść cyfrowych 24V,
- dwa przetworniki A/C i C/A typu CJ1W-MAD42, które posiadają: 4 wejścia – rozdzielczość 4000b, 2 wyjścia – rozdzielczość 1/4000b, pracują w zakresach od 1V do 5V, od 0 do 5V, od 0 do



Rys. 13. Przykładowy program umożliwiający ręczne sterowanie kierunkiem prędkości obrotowej silnika indukcyjnego z wykorzystaniem dwóch dodatkowych modułów cyfrowych CJ1W-OD212 i CJ1W-ID211

prawym klawiszem myszki) IO Table and Unit Settings. Na **rysunkach 10-12** przedstawiono poszczególne etapy konfigurowania modułu wyjść cyfrowych CJ1W-OD212. Na **rysunku 10a** przedstawiono pierwszy etap konfigurowania – wstawianie odpowiedniego modułu do PLC IO Table (do tabeli konfiguracji modułów wej/wyj). Przedstawiony widok uzyskano poprzez podświetlenie zakładki *IO Table and Unit Setup* i wybranie Open (lub podwójne kliknięcie na ww. zakładce). Po otwarciu okna PLC IO Table i rozwinięciu zakładki Main Rack wybiera się pierwszy pusty slot (*Empty slot*), w którym należy wstawić odpowiedni moduł (*Add Unit*). W naszym przypadku będzie to CJ1W-OD212. Następnie w pierwsze miejsce obok jednostki CPU21 należy otworzyć (np. poprzez wciśnięcie prawego klawisza myszki) Empty Slot i wybrać Add Unit. Poszukiwany moduł CJ1W-OD212 znajduje się w grupie Basic I/O. Na **rysunku 10b** przedstawiono rozwiniętą grupę Basic I/O i wybraną jednostkę CJ1W-OD212 (**rys. 10c**).

Podobnie postępuje się z kolejnymi modułami, co zobrazowano na **rysunku 11**, na przykładzie modułu A/C i C/A CJ1W-MAD42. Aby manualnie dodać moduły komunikacyjne, należy powtarzać wymienione czynności, przy czym każdemu modułowi komunikacyjnemu należy nadać kolejny numer (taki, jaki ustawiony został ręcznie na danym module) różny od pozostałych z zakresu od 0 do 95. Liczba dołączanych modułów zależy od ilości zajmowanej pamięci. Najwięcej pamięci zajmują moduły komunikacyjne sieci Ethernet, ProfiBus, DeviceNet itp.

Po zakończonym wstawianiu modułów do tablicy 10 należy sprawdzić jej poprawność tworzenia i zgodność wybranych modułów. W tym celu należy wyszukać i wcisnąć ikonę Check lub rozwinąć zakładkę Options i odszukać Check. Rozwiniętą zakładkę Options przedstawiono na **rysunku 12**. Po poprawnej weryfikacji należy dokonane ustawienia „załado-

wać” do sterownika. W tym celu należy wyszukać i wcisnąć ikonę Transfer IO Table to PLC lub poprzez zakładkę Options. Zarówno wgranie tablicy IO do sterownika PLC, jak i odczytanie tablicy IO ze sterownika PLC jest możliwe w trybie, kiedy sterownik PLC nie jest w trybie RUN i Monitor.

Innym rozwiązaniem, mniej pracochłonnym, jest samoczynne wczytanie tablicy IO dla poszczególnych dowolnie dołączonych modułów. W tym celu należy wykonać następujące czynności otwierając okna w kolejności *IO Table and Unit Settings-Optins-Create*, co przedstawia **rysunek 12**.

Moduły cyfrowych wejść/wyjść na etapie konfiguracji nie wymagają żadnych dodatkowych ustawień (edycji) parametrów w przeciwieństwie do np. modułów wejść/wyjść analogowych. Konfiguracja modułów wejść/wyjść analogowych była przedmiotem innego artykułu opublikowanego w „elektro.info”.

Na **rysunku 8**, przedstawiono widok grupy CPU serii CJ1M z zasilaczem i czterema dodatkowymi modułami, wśród których pierwsze dwa są modułami cyfrowymi wyjść i wejść. Jak już wspomniano, moduły cyfrowe w modułowych sterownikach PLC w odróżnieniu od modułów dołączonych do sterowników kompaktowych (**rys. 4**, i **5**) mogą wykorzystać pełne 16 bitów słowa danego adresu w obszarze CIO. Na **rysunku 13**, przedstawiono przykładowy program umożliwiający ręczne sterowanie kierunkiem prędkości obrotowej silnika indukcyjnego z wykorzystaniem dwóch modułów rozszerzeń dołączonych w kolejności odwrotnej niż na **rysunku 3b**, tj. pierwszy moduł od jednostki CPU 16 wyjść cyfrowych 24V typu CJ1W-OD212 (wykorzystano bity CIO0.00 i CIO0.01 do sterowania dwoma cewkami przełącznika KI i K2) oraz 16 wejść cyfrowych 24V typu CJ1W-ID211 (wykorzystano bity CIO1.00, CIO1.01 i CIO1.02 i do sterowania kie-

runkiem prędkości obrotowej silnika odpowiednio w Lewo, w Prawo i Stop, umożliwiając na każdym etapie zatrzymanie silnika).

Z podanych przykładów na **rysunku 3b** i **13**, widać, że o przydziale adresu dla wejść lub wyjść w przypadku sterowników modułowych decyduje kolejność przyłączenia tych modułów, licząc od jednostki CPU, jak to zostało pokazane na **rysunkach 7**, i **8**.(www.elektro.info.pl).

podsumowanie

W artykule podano najważniejsze zagadnienia dotyczące sposobu określania adresu danego wejścia lub wyjścia cyfrowego w przestrzeni adresowej dla sterowników CP, CJ i CS: CIO (przestrzeń adresowa CIO dotyczy sterowników CP1L/H, CJ i CS) oraz IR (dotyczy sterowników CPM1A i CPM2A/C). Na przykładowych konfiguracjach podano sposób określania adresów wejść i wyjść w zależności od budowy wewnętrznej sterownika PLC,

tj. modułowej (dotyczy sterowników CPM2C, CJ i CS) lub kompaktowej (dotyczy CP1L/H, CPM1A i CPM2A).

Dla sterowników modułowych podano przykładowe sposoby dołączania modułów rozszerzeń poprzez zakładkę *IO Table and Unit Setup* w programie CX-Programmer. Podane w artykule informacje i przykłady konfiguracji modułów cyfrowych, które stanowią podstawę pracy zarówno prostych, jak i bardziej rozbudowanych systemów, mają na celu usystematyzowanie lub przybliżenie wiadomości użytkownikom zajmującym się programowaniem bądź diagnostyką sterowników PLC. W dotychczasowych artykułach omówiono już własności następujących modułów cyfrowych podstawowych i mieszanych (wejść i wyjść), specjalnych wejść, w których sygnałem wejściowym jest napięcie przemienne (AC).

literatura do artykułu na **elektro.info.pl**

reklama

Zamów prenumeratę

elektro.info

FORMULARZ ZAMÓWIENIA

Zamawiam prenumeratę:

☐ dwuletnią – 185 zł
od numeru

☐ roczną – 105 zł
od numeru

☐ półroczną – 75 zł
od numeru

☐ edukacyjną – 75 zł
od numeru

☐ próbną (kolejne 3 numery) – bezpłatną
od numeru

Zaznacz wybraną opcję krzyżykiem i wpisz, od którego numeru chcesz zacząć prenumeratę

Nazwa firmy

Ulica i numer

Kod pocztowy Miejscowość

Osoba zamawiająca

Rodzaj działalności

NIP Telefon kontaktowy

E-mail

Wysyłka będzie realizowana po dokonaniu wpłaty na konto: Volkswagen Bank Polska S.A., 09 2130 0004 2001 0616 6862 0001

Administratorem Państwa danych osobowych jest Grupa MEDIUM Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.K., nr KRS: 0000537655, z siedzibą w 04-112 Warszawa, ul. Karczewska 18, tel. +48 22 810-21-24, wydawca elektro.info.

Wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych przez Grupę MEDIUM Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.K. w celu zamówienia prenumeraty.

Przysługuje Pani/Panu prawo do wglądu do swoich danych, aktualizowania, poprawiania oraz całkowitego usunięcia ich, a także wniesienia sprzeciwu wobec ich przetwarzania. Podanie danych ma charakter dobrowolny. Dane są chronione zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r.

Upoważniam GRUPĘ MEDIUM do wystawienia faktury VAT bez podpisu odbiorcy.

Data: Podpis:

Dräger REGARD® 7000

Dräger Safety Polska Sp. z o.o.

Dräger REGARD® 7000 to modułowy system o dużych możliwościach rozbudowy, przeznaczony do monitorowania i analizowania różnego rodzaju gazów i par. Niezawodny i wydajny system Dräger REGARD® 7000 może być używany z systemami ostrzegania przed gazami, o różnym stopniu złożoności i różnej liczbie przetworników. Dodatkową zaletą jest kompatybilność z poprzednimi wersjami REGARD®.

kulisy bezpieczeństwa

W przypadku detekcji gazów kluczową rolę odgrywa system sterujący. Realne zagrożenie czy fałszywy alarm? System sterujący bada sygnał i aktywuje alarm, co może skutkować zatrzymaniem produkcji czy też zarządzeniem ewakuacji zakładu. REGARD® 7000 wyznacza nowe standardy, jeśli chodzi o niezawodność i łatwość korzystania z systemów sterujących. Modułowa konstrukcja systemu REGARD® 7000, dająca możliwość rozbudowy, zwiększa bezpieczeństwo systemów detekcji gazów i pozwala dostosować urządzenie do przyszłych potrzeb.

Zalety nowego systemu:

- **UNIWERSALNOŚĆ** – REGARD® 7000 można dostosować do wymagań danego systemu detekcji gazów;
- możliwość programowania – optymalizacja procesów dzięki tłumieniu alarmów, opóźnieniu przełączania i kompleksowym alarmom, w zależności od indywidualnych potrzeb użytkownika;
- niemal nieograniczone możliwości rozbudowy – modułowa konstrukcja z wygodnymi opcjami dokonywania aktualizacji;
- analogowe i cyfrowe interfejsy – obsługa sygnałów 4–20 mA, komunikacji Modbus i HART®

- zautomatyzowane porównywanie danych – spójna konfiguracja systemu dzięki zautomatyzowanemu porównywaniu metadanych;
- kompatybilność z dedykowanymi systemami wizualizacji marki Dräger: RVP 7000 oraz ViewPro 7000.

BEZPIECZEŃSTWO – REGARD® 7000 gwarantuje niezawodne ostrzeganie w sytuacji zagrożenia i znacząco eliminuje liczbę fałszywych alarmów:

- rozproszona architektura – pozwala uniezależnić funkcjonowanie systemu od awarii w jednym jego punkcie i ułatwia budowanie niezależnych podsystemów;
- ograniczenie podatności na zakłócenia – zoptymalizowane filtry programowe oraz porównywanie analogowych i cyfrowych wartości pomiarów przekłada się na wysoki poziom bezpieczeństwa;
- unikanie nieprawidłowej oceny sygnału – mniej fałszywych alarmów dzięki regulacji czasu tłumienia alarmów i precyzyjnemu rozpoznawaniu sygnałów specjalnych;
- bezpieczeństwo użytkownika – możliwość zmiany parametrów wyłącznie w określonym zakresie wartości pozwala uniknąć błędnych konfiguracji i regulacji.

WYGODA UŻYTKOWANIA – instalacja systemu sterującego REGARD® 7000 jest prosta, a jego obsługa intuicyjna:



- dostępność dokumentacji – wykorzystanie systemów wsparcia i lokalnie udostępnianej dokumentacji;
- intuicyjna obsługa – wygodny w użyciu wyświetlacz i przejrzysta struktura menu. Optymalizacja symboli i sekwencji czynności;
- łatwość instalacji – ochrona wrażliwych komponentów dzięki oddzieleniu okablowania od części modułowych;
- możliwość użycia na całym świecie – posiada lub wkrótce będzie posiadać wszystkie standardowe dopuszczenia.

SKUTECZNOŚĆ – systemem REGARD® 7000 można sterować centralnie; dostępne są dla niego usługi serwisowe oraz dokumentacja:

- zautomatyzowane porównywanie danych – półautomatyczna konfiguracja danych wejściowych sys-

temu sterującego REGARD® 7000 dzięki cyfrowej transmisji metadanych;

- automatyczna obsługa dokumentacji – automatyczne kompilowanie raportów dotyczących komponentów i konfiguracji;
- zdalna konserwacja – łatwiejsza konserwacja dzięki zdalnej diagnozie z użyciem komunikacji HART;
- wydajna konserwacja – przesyłanie komunikatów serwisowych w zależności od potrzeb z użyciem komunikacji HART® i wiadomości zbiorczych.

scenariusze zastosowań

Wyzwanie 1: Bezproblemowa produkcja

Niezawodna detekcja gazów to podstawa wszędzie tam, gdzie występuje realne zagrożenie. W przypadku ewakuacji miejsca pracy są porzucane



w pośpiechu i nie poświęca się uwagi procesowi produkcji. Fałszywe alarmy są niebezpieczne z dwóch powodów: po pierwsze mogą wiązać się z utratą całych serii produkcyjnych, a po drugie, pracownicy mogą przez nie zbagatelizować sytuację prawdziwego zagrożenia.

Rozwiązanie: Niezawodna detekcja sygnałów

W REGARD® 7000 zminimalizowano wpływ możliwych zakłóceń elektrycznych na pracę urządzenia. Możliwość regulacji zakresu tolerancji oraz dodatkowe technologie zapewniają maksymalny poziom niezawodności. Skracają to czasy przestoju i dają pewność, że system detekcji gazów działa w pełni sprawnie.

Zalety:

Rozpoznawanie sygnałów specjalnych: Ulepszony system analizy zapewnia niezawodną ocenę sygnałów specjalnych.

Tłumienie alarmów: schematy aktywacji można swobodnie dostosować do różnych systemów.

HART® communication: Porównywanie zmierzonych wartości analogowych i cyfrowych pozwala rozpoznawać zmiany potencjału w długim okresie.

Wyzwanie 2: Szybka optymalizacja procesów produkcji

Współcześnie dąży się do coraz większego skracania cykli produkcyjnych, co wymaga ciągłego dostosowywania systemów produkcji. Modernizacja bądź rozbudowa parku maszynowego często wiąże się z całkowitym lub częściowym przestojem produkcji. System detek-

cji gazów musi umożliwiać szybkie i bezpieczne dostosowanie maszyn do wprowadzanych zmian, ponieważ produkcja może ponownie ruszyć dopiero wówczas, gdy jest on gotowy do użytku.

Rozwiązanie: Modułowa konstrukcja i możliwość rozbudowy

Rozbudowa systemu poprzez dodanie REGARD® 7000 jest prosta. Modułowa konstrukcja REGARD® 7000 pozwala w łatwy sposób rozbudowywać systemy lub integrować ze sobą podsystemy znajdujące się w sporej odległości z wykorzystaniem zestawu bramy do przesyłu na duże odległości. Moduł mostka umożliwia komunikację z systemami REGARD®. Automatyczna obsługa dokumentacji w systemie pozwala zaoszczędzić czas potrzebny na zatwierdzenie systemu po rozbudowie.

Zalety:

Moduł mostka: rozbudowa systemów REGARD® poprzez dodawanie komponentów REGARD® 7000.

Modułowa budowa: konfiguracja scentralizowanych i rozproszonych systemów jest możliwa także w przypadku dużych odległości.

Raportowanie: automatyczne kompilowanie raportów dotyczących komponentów i konfiguracji.

Wyzwanie 3: Centralne monitorowanie niezależnych systemów

Monitorowanie dużych zakładów przemysłowych często wymaga zastosowania kilku niezależnych systemów detekcji gazów. Sterowanie takimi systemami i ich odpowiednia konserwacja nie są prostą sprawą. Przykład: dane dotyczące zuży-



cia gazu czy też prac konserwacyjnych trzeba kompilować ręcznie na miejscu i poświęcić sporo czasu na przygotowanie ich do analizy. Sprawowanie nadzoru nad całym systemem wymaga niemałego wysiłku.

Rozwiązanie: Wszystko widoczne na pierwszy rzut oka

REGARD® 7000 pozwala gromadzić wszystkie dane, także w przypadku złożonych systemów. Dane są dostępne w jednym miejscu i w czasie rzeczywistym dla wszystkich podsystemów oraz można je wyświetlić na panelu. Dostęp do danych uzyskuje się przez naciśnięcie jednego przycisku, co pozwala zaoszczędzić czas wymagany na pracochłonne i potencjalnie błędne ręczne przygotowanie danych pochodzących z różnych części systemu.

Zalety:

Łatwa obsługa: zmierzone wartości ze wszystkich monitorowanych części systemów są udostępniane razem.

Moduł mostka: starsze systemy REGARD® także można włączyć w nowe struktury monitorowania.

Raportowanie: raporty dotyczące komponentów i konfiguracji pozwalają uzyskać rozeznanie w zakresie wykorzystania komponentów.

Wyzwanie 4: Instalacja nowych transponderów

System detekcji gazów „żyje” i podlega nieustannym zmianom. Stare transpondery są zastępowane nowymi i dodawane są modele pozwalające wykrywać nowe niebezpieczne substancje. Podczas konfiguracji nowych transponderów może

łatwo dochodzić do błędów, zazwyczaj z powodu użycia niekompletnej lub przestarzałej dokumentacji. Stanowi to zagrożenie dla bezpieczeństwa całego systemu.

Rozwiązanie: Prosta instalacja

REGARD® 7000 ułatwia instalację nowych transponderów. Inteligentne rozpoznawanie błędów i pozyskiwanie danych z wielu źródeł w zasadzie wyeliminowały potencjalne błędy.

Zalety:

Systemy wspierające: konfiguracja systemu przebiega przy wsparciu transponderów, gazów i alarmów.

Ostrzeżenia dotyczące sprzecznej konfiguracji: konfiguracja transpondera jest porównywana z ustawieniami kanału wejścia w REGARD® 7000 na podstawie zdarzenia i zgłaszane są wszelkie niezgodności.

Półautomatyczna konfiguracja: kanał wejścia REGARD® 7000 odczytuje konfigurację podłączonego transpondera i zgłasza propozycję konfiguracji.

zakres zastosowania

Modułowa architektura REGARD® 7000 sprawia, że nadaje się on do systemów każdego typu:

- oczyszczalnia ścieków: niewielki lub średniej wielkości system o niskiej złożoności;
- przemysł farmaceutyczny: średniej wielkości system o wysokiej złożoności;
- browar: duży system o niskiej złożoności;
- przemysł chemiczny: duży system o wysokiej złożoności.

reklama

Dräger

Dräger Polska Sp. z o.o.
02-495 Warszawa
ul. Posag 7 Panien 1
tel. 22 243 06 58
Faks 22 243 06 59
sprzedaz.safety.pl@draeger.com
www.draeger.com

sterowniki PLC i układy sterowania

mgr inż. Karol Kuczyński

Sterowniki programowalne są używane w wielu gałęziach przemysłu do automatyzacji maszyn, urządzeń i linii technologicznych. Zbierają one informacje o przebiegu procesu za pomocą różnego rodzaju czujników: wyłączników, czujników zbliżeniowych, układów pomiarowych, liczników impulsów, przetworników impulsowo-obrotowych itp. Informacje te są wykorzystywane do sterowania procesem. Ich wartości mogą być monitorowane, rejestrowane i przesyłane do innych urządzeń poprzez łącza komunikacyjne. PLC realizują również funkcje diagnostyki programowej i sprzętowej oraz są łatwe w instalacji i proste w obsłudze.

sterownik PLC

Sterownik programowalny (PLC, *Programmable Logic Controller*) jest najczęściej mikrokomputerem przemysłowym, który przyjmuje sygnały wejściowe z czujników i na podstawie ich stanów wykonuje zadany program oraz steruje urządzeniami wyjściowymi. Zastosowanie PLC pozwala na definiowanie algorytmu sterującego za pomocą oprogramowania. Instalacja

sprzętowa kończy się zazwyczaj na podłączeniu pozostałych elementów automatyzacji do wejść i wyjść sterownika. Takie rozwiązanie zapewnia elastyczną rozbudowę systemu – w przypadku zmian w procesie sterowania nie jest wymagane czasochłonne i kosztowne dostosowanie całej instalacji, wystarczy wprowadzić poprawki do programu realizowanego przez sterownik. Sterowniki PLC mogą składać się z modułów wejściowych i wyjściowych, jednostki centralnej (CPU) oraz interfejsów zapewniających komunikację z innymi urządzeniami [1, 4].

Wejścia PLC cyfrowe lub analogowe odbierają sygnały pochodzące z zewnętrznych urządzeń (czujników), które są następnie przetwarzane do postaci sygnałów logicznych, akceptowalnych przez CPU. Procesor wykonuje funkcje sterowania bazując na instrukcjach programowych zawartych w pamięci. Instrukcje programowe określają, co powinien wykonać PLC przy określonym stanie wejść i w danym procesie. Dodatkowo interfejs operatorski (pulpit sterowniczy) umożliwia wyświetlanie informacji o realizowanym procesie

sterowania oraz pozwala na jego kontrolę i wprowadzanie parametrów [3]. Elementami wyjściowymi sterowników mogą być różnego typu urządzenia wykonawcze m.in. styczniki, elektrozawory, falowniki, wskaźniki. Sterownik pracuje najczęściej w sposób szeregowo-cykliczny, tzn. wykonuje kolejno po sobie pojedyncze rozkazy programu w takiej kolejności, w jakiej są one zapisane w programie. Na początku każdego cyklu program odczytuje i zapisuje w pamięci stany wejść sterownika. Po wykonaniu wszystkich rozkazów i określeniu aktualnego dla danej sytuacji stanu wejść, sterownik wpisuje do pamięci ich stany, a następnie steruje odpowiednimi wyjściami, włączając bądź wyłączając podłączone do nich elementy wykonawcze. Niektóre z faz cyklu programowego mogą być w pewnych trybach pracy sterownika pomijane. Czas cyklu wynosi najczęściej kilka milisekund i zależy od: rozmiaru programu, liczby wejść/wyjść oraz od liczby niezbędnych procesów komunikacji [1, 4].

historia PLC

Powstanie pierwszego sterownika programowalnego datuje się na rok 1968, kiedy to grupa inżynierów z firmy General Motors podjęła się realizacji projektu, którego celem było opracowanie konstrukcji uniwersalnego sterownika, przystosowanego do pracy w warunkach przemysłowych. Przy projekcie przyjęto założenia [2]:

- łatwe programowanie i przeprogramowanie w zależności od zmieniających się warunków przemysłowych,
- łatwe utrzymanie w ruchu produkcyjnym,

- budowa modułowa, zapewniająca prostą naprawę poprzez wymianę uszkodzonych modułów,
- mniejsze gabaryty i większa niezawodność w stosunku do instalacji przekątnikowych,
- niższe koszty instalacji w stosunku do przekątnikowych szaf sterowniczych.

Prace nad pierwszym sterownikiem programowalnym prowadzone były w Stanach Zjednoczonych równolegle przez pięć firm: Bedford Associates, General Motors, International Instruments, Digital Equipment Corporation i Struthers-Dunn Systems Division. Efektem tych prac było powstanie w 1969 r. pierwszego w historii sterownika programowalnego, nazwanego Modicon 084. Posiadał on imponującą jak na owe czasy wielkość pamięci programu – 4 kB, a jego konstrukcja miała masę 46 kg. Oficjalnym twórcą tego sterownika był Richard Morley – założyciel firmy MODICON, której nazwa pochodzi od słów: Modular Digital Control [2].

Początkowo głównym odbiorcą sterowników programowalnych był przemysł samochodowy, który dynamicznie rozwijał się w tym okresie. Jednak już na początku lat 70. sterowniki PLC zdobyły ogromną popularność w przemyśle, zastępując stopniowo przekątnikowe układy sterowania oraz urządzenia sterowania sekwencyjnego, wykorzystujące mechaniczne układy bębnowe i krzywkowe. W połowie lat siedemdziesiątych wprowadzono do produkcji rozproszone moduły wejść-wyjść, które umożliwiały zdalne sterowanie na odległość kilkuset metrów od sterownika, wykorzystując przewodowe sieci komunikacyjne. W latach osiemdziesiątych

zaczęto stosować tzw. inteligentne moduły rozszerzeń, które posiadały własne procesory i umożliwiały realizację złożonych funkcji obliczeniowych. Rosnąca popularność sterowników programowalnych spowodowała zwiększenie konkurencji wśród producentów oraz przyczyniła się pośrednio do obniżenia ich cen przez firmy japońskie, które wprowadziły do oferty małe, kompaktowe sterowniki programowalne o dużych możliwościach funkcjonalnych.

W latach 90. sterowniki PLC były już powszechnie stosowane praktycznie we wszystkich gałęziach przemysłu, zastępując prawie całkowicie układy sterowania przekątnikowego czy analogowe układy regulatorów przemysłowych. Wzrastająca popularność mikrokomputerów oraz dynamiczny rozwój oprogramowania pozwoliły na rozwój interfejsów komunikacyjnych sterowników oraz ich integrację z komputerowymi systemami wymiany i analizy danych. Po-

wstały pierwsze systemy sterowania nadrzędnego i gromadzenia danych SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), które znacznie rozszerzyły możliwości ówczesnych systemów sterowania, zapewniając kontrolowany przepływ danych procesowych pomiędzy poszczególnymi warstwami systemu sterowania [2].

Oprogramowanie typu SCADA oferuje najczęściej następujące funkcje:

- wizualizacja stanu i przebiegu procesu przemysłowego,
- zdalne sterowanie przebiegiem procesu i jego parametrami,
- diagnostyka procesu – wyświetlanie ostrzeżeń i sygnalizacja stanów alarmowych,
- wsparcie działań operatora procesu (proponowanie działania, system podpowiedzi),
- obserwacja i analiza krytycznych zmiennych procesowych,
- archiwizacja danych procesowych,

- opracowanie raportów, zestawień, wydruków.

systemy DCS

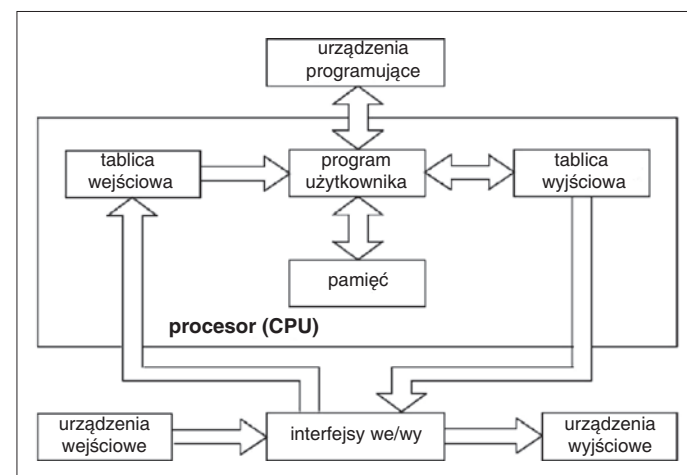
W branży automatyki procesowej (przemysł chemiczny, spożywczy, farmaceutyczny i inne) coraz częściej obserwuje się zjawisko zastępowania tradycyjnych, skupionych systemów sterowania, systemami rozproszonymi DCS (*Distributed Control System*). Systemy DCS zawierają podstawowe elementy automatyki (sterowniki programowalne, przemysłowe sieci komunikacyjne, systemy wizualizacji) i jednocześnie stanowią integralną całość, gdyż posiadają wspólną bazę zmiennych procesowych, wykorzystywanych zarówno do sterowania, jak i wizualizacji. W systemach DCS powszechnie stosuje się szybkie, rozbudowane sterowniki PLC pracujące pod kontrolą systemu operacyjnego czasu rzeczywistego (RTOS – *Real Time Operating System*), które nadzorują de-

terministyczne wykonanie wszystkich zadań procesowych oraz potrafią obsłużyć nawet kilka tysięcy zmiennych procesowych. Oprócz tego, w systemach tych szczególnie duży nacisk kładzie się na niezawodność, poprzez stosowanie redundancji sprzętowej i komunikacyjnej (np. dwa równoległe pracujące sterowniki, wielokrotne moduły we/wy, redundantne połączenia komunikacyjne). Coraz częściej użytkownik wymaga, aby system sterowania pracował niezawodnie, nawet jeśli awarii ulegnie sterownik, sieć komunikacyjna lub pojawią się błędy programowe [2, 5].

Rozproszone systemy sterowania DCS coraz częściej integrują proces technologiczny z aplikacjami branży IT (*Information Technology*) w aplikacjach z zakresu:

- ERP (*Enterprise Resource Planning*) – zarządzanie zamówieniami, logistyka, finanse;
- MES (*Manufacturing Execution System*) – zarządzanie produk-

reklama



Rys. 1. Schemat blokowy sterownika PLC [6]

elektro

Wybierz swoją prenumeratę!



ROCZNA PRENUMERATA STUDENCKA (10 numerów)

75 zł



ROCZNA PRENUMERATA (10 numerów) + ROCZNY DOSTĘP ONLINE

105 zł 95 zł



DWULETNI PRENUMERATA (20 numerów) + DWULETNI DOSTĘP ONLINE

185 zł 175 zł



ROCZNY DOSTĘP ONLINE

105 zł 79 zł

cją z analizą i optymalizacją przepływu materiałów, utrzymanie ruchu, zarządzanie przepływem dokumentów.

Integracja systemów sterowania z nadrzędnymi komputerowymi systemami zarządzania produkcją spowodowała znaczne rozszerzenie funkcji współczesnych systemów automatyki, do których można zaliczyć:

- sterowanie procesem technologicznym,
- diagnostyka procesu i jego ocena technologiczna,
- analiza ekonomiczna przedsiębiorstwa,
- planowanie zasobów produkcyjnych,
- optymalizacja produkcji.

podział sterowników

W branży automatyki przemysłowej można spotkać kilkunastu producentów, oferujących sterowniki programowalne o różnych możliwościach funkcjonalnych. W celu zapewnienia kompatybilności pomiędzy różnymi modelami sterowników pochodzących od jednego producenta, przyjęto koncepcję rodzin sterowników. Polega ona na podobnym projektowaniu wszystkich modeli sterowników z danej rodziny, co pozwala na lepszy dobór sprzętu, stosownie do wielkości projektowanego systemu sterowania. Poszczególne modele sterowników wchodzące w skład rodziny charakteryzują się następującymi, wspólnymi cechami [2, 4]:

- mogą być programowane w tym samym języku programowania,
- posiadają takie same zmienne programowe oraz podobną strukturę modułów rozszerzeń,
- istnieje możliwość bezproblemowego przenoszenia programów pomiędzy różnymi sterownikami z danej rodziny.

Jednym z kryteriów podziału sterowników w obrębie rodziny jest ich wielkość, często utożsamiana z ilością dostępnej pamięci oraz liczbą obsługiwanych wejść/wyjść.

Mimo że nie istnieją formalne definicje, które jednoznacznie kwalifikują dany sterownik do określonej grupy, biorąc pod uwagę kryterium wielkości, sterowniki PLC w latach 90. ubiegłego wieku można było podzielić na:

- małe – obsługujące do 128 wejść/wyjść (I/O – Input/Output) i posiadające pamięć programu do 2 kB,
- średnie – obsługujące do 512 wejść/wyjść i posiadające pamięć programu do 16 kB,
- duże – obsługujące do 4096 wejść/wyjść i posiadające pamięć programu do 96 kB.

Aktualnie biorąc pod uwagę dynamiczny rozwój elektroniki oraz postęp technologiczny w dziedzinie wytwarzania półprzewodników, współczesne sterowniki programowalne posiadają wielkość pamięci znacznie przekraczającą przedstawione wyżej wartości.

Sterowniki PLC można podzielić również ze względu na ich cechy konstrukcyjne, takie jak rodzaj obudowy czy możliwości instalacji dodatkowych modułów rozszerzeń. Według tych kryteriów spotkać można sterowniki [2, 4]:

- bez obudowy (*Open Frame*) – stosowane jako tzw. wbudowane systemy sterowania (*Embedded Control System*), przeznaczone do instalacji wewnątrz maszyn i urządzeń,
- kompaktowe – o prostej budowie i zazwyczaj małych wymiarach. Konstrukcja sterownika integruje w jednej obudowie: zasilacz, jednostkę centralną oraz moduły wejść i wyjść,
- kompaktowe rozbudowywalne – o budowie kompaktowej, z możliwością instalowania dodatkowych modułów rozszerzeń,
- modułowe – występujące najczęściej w formie średnich i dużych sterowników. Charakteryzują się elastyczną konstrukcją, w której własności funkcjonalne użytkownik konfiguruje sam poprzez dobór odpowiednich

modułów, takich jak: jednostka centralna, moduły wejść/wyjść, moduły komunikacyjne, moduły specjalne. Poszczególne moduły rozszerzeń instaluje się w specjalnych kasetach-panelach.

- zintegrowane z panelem operatorskim – w obudowie panelu operatorskiego znajduje się jednostka centralna z interfejsami komunikacyjnymi oraz moduły wejść-wyjść. Zaciski przyłączeniowe znajdują się zazwyczaj z tyłu sterownika bądź dołączane są specjalne kasety rozszerzeń, w których instaluje się moduły wejść/wyjść [3].

przełączniki programowalne

Aktualnie można coraz częściej spotkać małe sterowniki logiczne, zaliczane do grupy tzw. przełączników programowalnych, czasem zwanych przełącznikami inteligentnymi. Są to kompaktowe urządzenia sterujące, o ograniczonych możliwościach programowych, obsługujące zazwyczaj niewielką liczbę wejść/wyjść, które są przeznaczone do montażu w typowych instalacjach automatyki domowej. Niewątpliwie największym atutem tych urządzeń jest bardzo niska cena, która zawiera koszt samego sterownika i oprogramowania projektowego [2, 5]. Zakres zastosowań tych sterowników obejmuje najczęściej typowe aplikacje sterowania układów napędowych oraz aplikacje sterujące urządzeniami automatyki domowej:

- automatyczny rozruch silnika indukcyjnego w układzie gwiazda-trójkąt,
- sterowanie pracą silnika asynchronicznego w układzie nawrotnym,
- sterowanie oświetleniem klatki schodowej,
- sterowanie napędem bramy wjazdowej/garażowej,
- sterowanie czasowe napędów rolet i żaluzji,

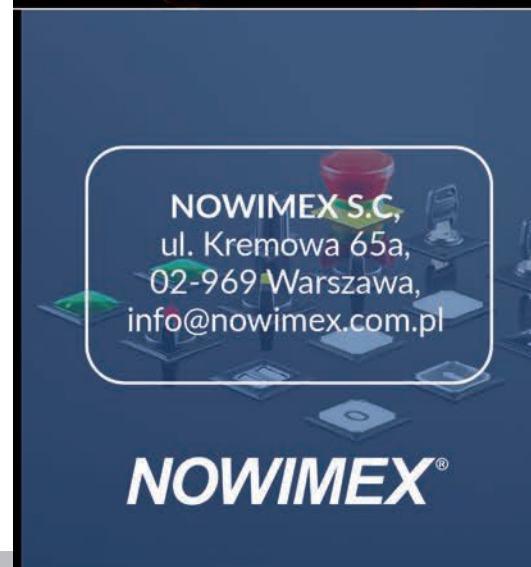
■ automatyka ogrodowa (między innymi: zmierzchowe sterowniki oświetlenia, podlewanie ogrodu, sterowanie fontannami ogrodowymi, systemy alarmowe).

podsumowanie

Względy praktyczne wymuszają, aby systemy kontrolno-pomiarowe były proste oraz działały w określonych warunkach pracy. Z tego powodu obok dokładności systemu, istotne są również możliwości sprzętu pomiarowego oraz sterującego wybranym obiektem. Układy automatyki są obecnie jednymi z najintensywniej rozwijanych systemów elektroniki i elektrotechniki. Ułatwiają one pracę zarówno instalacji przemysłowych, między innymi linii produkcyjnych wielu gałęzi przemysłu i elektrowni, jak również budynków komercyjnych, m.in. biurów czy centrów handlowych. Pomimo że ogólna idea takiego systemu pozostaje niezmienna od kilkudziesięciu lat, wprowadzenie układów mikroprocesorowych oraz zaawansowanych technologii czujników, układów transmisji danych i elementów wykonawczych pozwoliło znacząco rozszerzyć obszar ich zastosowań.

literatura

1. M. Mosoń, Sterowniki programowalne, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2010.
2. M. Pawlak, Sterowniki Programowalne, Politechnika Wrocławska, Wrocław.
3. K. Kuczyński, Panele operatorskie, „elektro.info”, 1–2/2015.
4. P. Bilski, Systemy kontrolno-pomiarowe w diagnostyce systemów przemysłowych, „elektro.info” 3/2012.
5. P. Bilski, Struktura, funkcjonalność i zastosowania systemów wbudowanych, „elektro.info” 3/2011.
6. Materiały dydaktyczne Politechniki Poznańskiej.



ekonomiczne rozwiązania w automatyce z wykorzystaniem paneli HMI, sterowników PLC i systemu V-BOX WEB SCADA

PLControl – Automatyka Przemysłowa

Firma **PLCONTROL** od kilku lat dostarcza na polskim rynku produkty firmy **WECON** specjalizującej się w produkcji i rozwoju kompaktowych i modułowych sterowników PLC paneli HMI w szerokim zakresie wielkości ekranu i bogatej funkcjonalności oraz systemów **V-BOX WEB SCADA** opartych o **CLOUD V-NET**. Produkty te wraz z urządzeniami peryferyjnymi pozwalają na stworzenie kompletnego układu sterownia w każdej z aplikacji wymagającej systemu PLC wraz z interfejsem HMI, a także zdalnego dostępu i zarządzania, pozostając przy tym niezwykle korzystne cenowo w porównaniu do możliwości i funkcjonalności.

panele HMI Serii Levi

Ekonomiczna seria Levi to optymalne uniwersalne rozwiązanie dla wielu zastosowań gdzie wymagany jest interfejs do prezentacji informacji i wprowadzania danych. W tym przypadku koszt instalacji HMI jest na tyle niewielki, że może on zastąpić klasyczne pulpity z przyciskami mechanicznymi i wskaźnikami zmniejszając pracochłonność montażu i zwiększając elastyczność systemu. W przypadku zmian w funkcjach pulpitu nie jest wymagane nowe okablowanie i dodatkowy sprzęt a jedynie modyfikacja programu. Seria Levi obejmuje ekrany o przekątnych 3,5", 4,3", 7", 10,2". Panele posiadają wiele różnych protokołów komunikacyjnych i mogą współpracować z większością urządzeń takich jak regulatory, rejestratory, falowniki, czujniki itp. Najbardziej popularnym standardem jest tutaj Modbus RTU, w który wyposażona jest większość urządzeń automatyki dysponujących portem szeregowym. Protokół komunikacji obejmuje także wszystkie popularne modele sterowników PLC innych firm. Dużą zaletą jest możliwość zdefiniowania własnego protokołu komunikacyjnego w postaci dowolnie wysyłanych i odbieranych ramek danych. Panele posiadają standardowo port komunikacyjny RS232/422/485 oraz USB-B do progra-



Panel Levi 2070D 7" 800x480 – cena 650 zł

mowania i USB-A do obsługi pamięci typu Pendrive. Programowanie paneli odbywa się za pomocą darmowego oprogramowania LevistudioU, które jest wyposażone w takie funkcje jak alarmy, wykresy, receptury, skrypty, animacje. Wykonany projekt można symulować offline i online.

panele HMI Serii PI

Panele serii PI zostały wyposażone w dodatkowe porty komunikacyjne (2-5 portów COM) oraz Ethernet i opcjonalnie CAN. Programowane są za pomocą darmowego i intuicyjnego oprogramowania Plstudio. Także i w tym przypadku oprogramowanie to zapewnia w pełni funkcjonalne narzędzia znane z systemów SCADA. Poza tym panele serii PI obsługują bazy danych SQL a wybrane modele zapewniają zdalny dostęp za pomocą webserwera w lokalnej sieci lub poprzez komunikację Cloud i aplikację

na app iOS/Android. Funkcja webserwera wyświetla zawartość ekranów panela za pomocą dowolnej przeglądarki www HTML5 po wpisaniu adresu IP panela. Umożliwia to zdalne sterowanie i monitoring np. za pomocą smartfona bez konieczności używania dodatkowych narzędzi czy oprogramowania. Zakres przekątnych ekranu obejmuje rozmiary 7", 10,2", 10,4", 12", 15" przy czym rozdzielczości są w przedziale od 800x480 dla

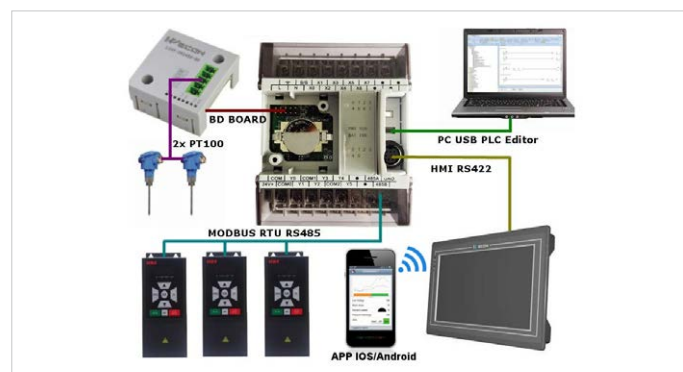


Panel PI 3102HE 10,2" 1024x600 – cena 1190 zł

paneli 7" aż do Full HD 1920x1080 dla paneli 12" i 15".

sterowniki PLC serii LX3V

Uniwersalne kompaktowe sterowniki PLC z możliwością rozszerzeń o moduły cyfrowe i analogowe. Programowane za pomocą bezpłatnego oprogramowania PLC Editor. Jest to proste i intuicyjne narzędzie, posiada symulator Offline i możliwość pracy



Przykładowa konfiguracja sterownika LX3V



Sterownik PLC LX3V 1412MR – cena 490 zł

w trybie Edycji Online bez zatrzymywania sterownika. Język programowania drabinkowy/ladder umożliwia łatwą analizę przepływu programu w trybie graficznym.

Narzędzie Device Monitor pozwala na monitoring i edycję zmiennych sterownika. Strukturę programu można podzielić na zakładki (Statement), aby uzyskać większą czytelność i funkcjonalność. Do wszystkich zmiennych można przypisać nazwy (Comment). Zmienne sterownika podzielone są na kilka obszarów, część z nich może być

konfigurowana jako obszary z pamięcią danych po utracie zasilania (pamięć Flash – niewymagająca podtrzymania baterijnego). Sterownik posiada wbudowane 2 porty komunikacyjne COM1 i COM2 – RS485. Port COM 2 może być skonfigurowany jako Modbus RTU master/slave. Daje to duże możliwości komunikacyjne wymiany danych z różnymi urządzeniami peryferyjnymi. Programowanie odbywa się przez wbudowany port USB micro za pomocą standardowego kabla USB lub przez porty szeregowy COM. Sterowniki LX3V w zależności od wersji mogą być rozszerzane o moduły wejść / wyjść cyfrowych 16EX, 16EYR, 16EYT, moduły wejść / wyjść analogowych 4AD, 4DA,

4PT, 4TC, a także moduł wagowy 1WT, 2WT. Każdy sterownik może być także rozbudowany o ekonomiczne moduły BD montowane na CPU. Moduły BD pozwalają rozbudować sterownik o dodatkowe wejścia 2ADI, 2ADV, 2PT, 2TC, wyjścia 2DAI, 2DAV, a także dodatkowy moduł komunikacyjny 2RS485 lub ETH z modbus TCP. Sterowniki LX3V posiadają zegar czasu rzeczywistego RTC podtrzymywany bateryjnie. Każdy ze sterowników obsługuje 6 szybkich sygnałów wejściowych, które mogą być użyte także do odczytu 2 osi enkoderów inkrementalnych z kanałami A/B 24V. Wersje z wyjściami tranzystorowymi posiadają także szybkie impulsy do sterowania serwonapędami lub jako wyjścia PWM. Istnieją wersje sterowników LX3VP i LX3VE z rozbudowanymi dodatkowymi funkcjami pozycjonowania i komunikacji.

WEB SCADA V-BOX

Moduły V-Box wraz z serwerem Cloud V-NET to platforma IIoT do zdalnego zarządzania urządzeniami poprzez zdefiniowane protokoły komunikacyjne RS232/485/Ethernet. Wbudowane protokoły umożliwiają komunikację z większością dostępnych na rynku sterowników PLC i innych urządzeń automatyki. Dzięki zastosowaniu architektury serwera Cloud konfiguracja sieciowa jest bardzo łatwa i sprowadza się jedynie do podłączenia V-Boxa do sieci internet poprzez LAN, WiFi lub niezależną sieć 2G, 4G.

Obsługa odbywa się przez aplikację webową, w której użytkownik może stworzyć wizualizację SCADA, zarządzać projektami i uprawnieniami ope-



Przykładowa WEB SCADA V-BOX



V-NET Cloud Wecon

ratorów. Tak stworzony system SCADA może być uruchamiany na dowolnej przeglądarce internetowej w sieci internet przez zalogowanie użytkownika na platformie V-NET lub może być udostępniony do podglądu za pomocą wygenerowanego linka bez logowania dowolnemu użytkownikowi. Użytkownik ma także możliwość wygodnego dostępu do SCADA poprzez aplikację App V-Box na iOS/Android. Cloud V-NET umożliwia także dostęp do danych przez OPC lub HTTP. Daje to możliwość łączenia tego systemu z innymi aplikacjami typu MES, ERP.

Wyświetlana w przeglądarce WEB SCADA obsługuje tryb pełnoekranowy i zawiera typowe dla tego typu systemów funkcje jak alarmy, wykresy, archiwizację danych. Umożliwia także wyświetlanie na ekranie takich obiektów jak IP camera, które dają dostęp do podglądu online sterowanego obiektu.

Wszystkie dane pochodzące z modułów V-Box można dowolnie współdzielić na różnych niezależnych projektach WEB SCADA. W ten sposób można tworzyć rozbudowane systemy wizualizacji zbierające dane z różnych odległych źródeł i przydzielać upraw-

nienia do ich podglądu i modyfikacji przez lokalnych użytkowników. Taki zbudowana aplikacja daje nieporównanie większe możliwości w porównaniu z klasyczną SCADA opartą na lokalnym oprogramowaniu i stacji PC, a jednocześnie jest tańsza w realizacji.



reklama

PLControl

www.plcontrol.pl
info@plcontrol.pl
Tel. 533-306-962
ul. Jesienna 4 20-337 Lublin

przetworniki położenia liniowego i kątownego

interesujące rozwiązania

mgr inż. Karol Kuczyński

Poszukiwanie innowacyjnych rozwiązań w zakresie napędów oraz układów pomiarowych urządzeń i maszyn roboczych przy niezwykle szybkim rozwoju elektroniki wymuszają opracowanie i produkcję coraz bardziej dokładnych i niezawodnych przetworników pomiarowych przemieszczeń, liczby obrotów oraz kąta obrotu. Występują też systemy zintegrowane, które realizują złożone zadania wymagające precyzyjnej kontroli położenia przemieszczeń elementu wykonawczego z użyciem enkodera i wymagają zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego [1, 3].

typy enkoderów

Oprócz podstawowego podziału enkoderów na obrotowe i liniowe, ze względu na sposób określenia pozycji możemy wyróżnić przetworniki absolutne i inkrementalne. Dodatkowo podziału można dokonać uwzględniając zasadę działania, dzięki czemu możemy wyróżnić enkodery m.in. optoelektroniczne, magnetyczne, pojemnościowe [1, 3]. Obserwuje się również konstrukcyjne modyfikacje enkoderów, pozwalające na ich poprawną pracę mimo niekorzystnych warunków panujących w przemyśle.

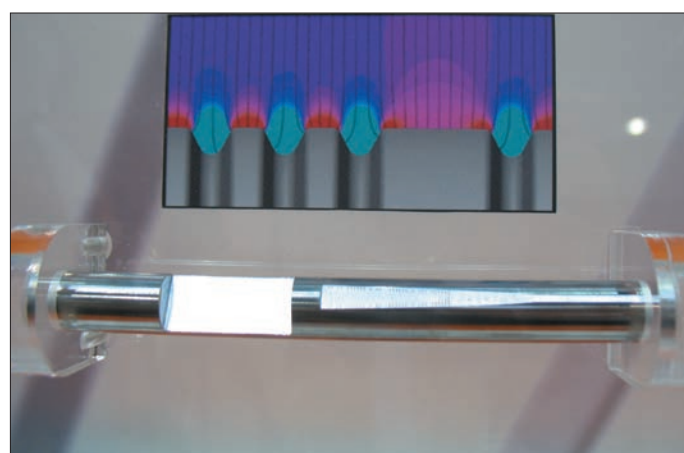
Interesującym rozwiązaniem jest enkoder kątowy służący do precyzyjnego pomiaru kąta obrotu. W tym rozwiązaniu pierścieni enkodera połączony jest sztywno z wałkiem, a głowica pomiarowa umieszczona jest bezpośrednio nad liniałem, co eliminuje konieczność przeniesienia napędu na enkoder. Minimalizuje to błędy wynikające z luzu oraz histerezy w przypadku zmiany kierunku obrotu [3]. Taki układ stosowany jest

w urządzeniach z dużym momentem obrotowym sterowanych precyzyjnie za pomocą serwomechanizmów. Zasada działania enkodera polega na zliczaniu przez optyczne układy pomiarowe przetworzonych sygnałów elektrycznych, które powstają w fotodetektorach w wyniku pojawienia się strumienia świetlnego modulowanego pasywnymi i aktywnymi polami wzorca.

Układ detekcyjny uśrednia sygnał z kilkudziesięciu oświetlonych pól liniału oraz bardzo dokładnie go filtruje, co w rezultacie daje dużą stabilność sygnału, nawet gdy liniał jest zanieczyszczony lub uszkodzony [3].

magnetyczna detekcja przesunięcia lub kąta obrotu

Chociaż precyzyjny przemysł wykorzystuje przetworniki, które opierają się na optycznych metodach pomiaru, to jest wiele zastosowań, w których można z powodzeniem stosować przetworniki magnetyczne. Induktosynowy (magnetyczny) układ pomiarowy składa się najczęściej z liniału, który ma wbudowane jednoobwodowe uzwojenie z wieloma meandrami, oraz głowicy, która posiada co najmniej dwa uzwojenia przesunięte względem siebie o pewną wartość. Uzwojenie liniału i przesuwne detektora wykonuje się metodami napyłania ścieżki przewodzącej oddzielonej warstwą materiału nieprzewodzącego od niemagnetycznego materiału. Powierzchnia głowicy pokryta jest warstwą folii aluminiowej w celu wyeliminowania sprzężenia pojemnościowego, które wprowadzałoby do liniału zakłócenia, tym samym obniżając dokładność pomiaru [4].



Rowki wykonane w wałku stalowym

Innym przykładem jest indukcyjny układ pomiarowy zbudowany z dwóch połączonych różnicowo magnetorezystorów mierzących zmiany strumienia magnetycznego w kierunku prostym do liniału [2]. Czujnik wytwarza na tej podstawie sygnał sinusoidalnie zmienny wówczas, gdy przemieszcza się nad liniałem. Sygnał analogowy jest interpolowany wewnętrznie w celu zapewnienia rozdzielczości nawet do 1 µm. Dokładny odczyt jest zapewniony dzięki właściwemu pozycjonowaniu głowicy odczytowej nad liniałem. W tym celu głowica odczytowa przemieszcza się nad liniałem w odległości nie większej niż ¼ długości meandry uzwojenia.

Ciekawym rozwiązaniem jest technika LinACE [5], która opiera się na kodzie absolutnym zapisanym na nośniku informacji w postaci obszarów o różnej przenikalności magnetycznej. Kod ten odczytywany jest następnie przez matrycę zbudowaną z czujników Halla zintegrowanych w jednym układzie półprzewodnikowym. Rowki wykonane w wałku stalowym (fot.) o wysokiej przenikalności względnej reprezentują pseudolosową sekwencję binarną

(PRBS – kod bezwzględny). Rowki można wypełnić chromem, miedzią lub innym materiałem o niskiej przenikalności magnetycznej w procesie galvanicznego lub termicznego nanoszenia. Przy wstępnej polaryzacji magnetycznej wykrywa się różnice w przenikalności magnetycznej wywoływane przez zmiany strumienia indukcji magnetycznej, który jest wykrywany i przekształcany na sygnał elektryczny przez zintegrowaną matrycę czujników Halla [4, 5]. Następnie sygnały elektryczne są przetwarzane przez mikroprocesor przy użyciu algorytmów, w tym transformaty Fouriera, aby określić pozycję na skali milimetrowej z rozdzielczością submikronową. Pole magnetyczne jest wykrywane przez głowicę tylko w bardzo ograniczonej odległości od powierzchni wałka, to jest $0,1 \pm 0,05$ mm. Aby uzyskać prawidłowe prowadzenie głowicy z matrycą czujników Halla po wałku, opracowano specjalne łożyskowanie ślizgowe wraz z układem przetwarzania sygnałów.

literatura do artykułu na
elektroinfo.pl

Fot. K. Kuczyński

enkodery liniowe i obrotowe

wybrane rozwiązania

Piotr Szopiński – ifm electronic

Enkodery to grupa urządzeń, które odgrywają kluczową rolę w automatyce przemysłowej. Od ich działania zależy precyzyjny pomiar odległości, co ma znaczący wpływ na automatyzację procesu produkcyjnego. Rozwój technologii pomiaru sprawił, że enkodery można zastosować w każdej gałęzi przemysłu, a proces ich implementacji jest łatwiejszy niż kiedykolwiek.

Enkoder to czujnik mierzący przemieszczenie (enkodery liniowe) lub ruch obrotowy (enkodery obrotowe), przetwarzając dane o odległości w impulsy elektryczne. Mechanizm działania najczęściej opiera się na zasadzie przyrostowej – urządzenie mierzy przemieszczenie wzorca inkrementalnego względem czytelnika, przekształcając uzyskaną wartość w impulsy. Stąd enkodery działające według tego wzorca nazywa się inkrementalnymi, w odróżnieniu od absolutnych (obrotowo-kodowych), mierzących pozycję bezwzględną.

mniej znaczy więcej

Jako że enkodery inkrementalne nie dostarczają informacji o pozycji bezwzględnej, komponenty użyte do ich produkcji są mniej kosztowne, co przekłada się na niższą cenę przy porównywalnej precyzji pomiaru. Na rynku dostępne są dziś przetworniki programowalne, umożliwiające dowolne ustawienie rozdzielczości, od 1 do nawet 10 000 impulsów na obrót. Elastyczność, prostota obsługi i możliwość dostosowania pracy urządzenia do zmiennych wymagań procesu produkcyjnego to kluczowe aspekty, na które warto zwrócić uwagę przy wyborze enkodera.

wygoda użytkowania

Funkcjonalność najnowszych przetworników przeszedłmy na przykładzie enkodera inkrementalnego marki ifm electronic. Urządzenie zostało zaprojektowane w taki sposób, by jego konfigu-



racja zajęła maksymalnie kilka minut. By zaimplementować przetwornik wystarczy ustawić wybraną rozdzielczość, wybrać poziom sygnału (TTL lub HTL) i podłączyć urządzenie za pomocą złącza M12 lub wbudowanego kabla. Jest to wyjątkowo łatwe rozwiązanie, które umożliwia łatwe i szybkie wdrożenie enkodera w procesie produkcyjnym. Co interesujące, enkoder ifm łączy możliwości technologii optycznej (zapewniając precyzję) z magnetycznym systemem detekcji (odpowiadającym za trwałość).

proste odczytywanie pomiarów

Czujnik w połączeniu z cyfrowym odczytem stanowi kompletny system pomiarowy. Enkodery inkrementalne

ifm electronic zostały wyposażone w system IO-Link czyli pierwszą na świecie ustandaryzowaną technologię IO (IEC 61131-9), służącą do komunikacji z czujnikami i elementami wykonawczymi. Operator koordynuje pracę urządzenia odczytując wiadomości bezpośrednio z ekranu oraz diod informacyjnych, natomiast programuje je przy pomocy systemu funkcjonalnych przycisków kontrolnych. Wbudowane przyciski można zablokować podczas pracy urządzenia, w celu uniknięcia niepożądanych manipulacji. Jedną z najważniejszych możliwości systemu IO-Link jest zabezpieczenie przed utratą właściwości pomiarowych, które w tym wariancie zapisywane są w całości cyfrowo. Oznacza to również, że wymiana uszkodzonych czujników na nowe nie wiąże się z ponownym programowaniem, jako że dotychczasowe

we ustawienia zostają automatycznie zapisane na nowych urządzeniach. Każdy enkoder można zatem w prosty sposób zaprogramować jeszcze przed instalacją urządzenia.

Więcej informacji znajdziesz na stronie www.ifm.com.pl.



ifm electronic Sp. z o.o.
40-105 Katowice
ul. Węglowa 7
tel. 32 70 56 400
info.pl@ifm.com
www.ifm.com.pl

precyzyjne pomiary przesunięcia i kąta obrotu

mgr inż. Karol Kuczyński

Urządzenia wykonawcze są stosowane w zwykłych zadaniach, gdzie jeden napęd realizuje pojedynczy ruch, jak również w zaawansowanych systemach, gdzie wiele urządzeń wykonawczych wykonuje skoordynowane i kontrolowane przemieszczenia (np. roboty przemysłowe). Proste zadania są łatwo realizowane i zwykle wymagają nieskomplikowanych rozwiązań do kontroli położenia urządzenia wykonawczego. Występują jednak bardziej złożone systemy zintegrowane, które realizują złożone zadania wymagające kontroli przemieszczeń elementu wykonawczego i zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego.

Pomiary ruchu liniowego i obrotowego występują najczęściej w urządzeniach i układach napędowych maszyn wielu gałęzi przemysłu. Przykładem mogą być obrabiarki skrawające, systemy telemetryczne, a także urządzenia dźwigowe i roboty przemysłowe.

optyczna detekcja przesunięcia lub kąta obrotu

Jednym z istotniejszych elementów mających wpływ na dokładność maszyny są układy pomiarowe powszechnie zwane liniałami lub enkoderami. Optyczne układy pomiarowe zliczają przetworzone sygnały elektryczne, które powstają w fotodetektorach w wyniku pojawienia się strumienia światelnego modulowanego pasywnymi i aktywnymi polami wzorca. Najczęściej pasywne i aktywne pola reprezentowane są przez ciemne i jasne szczeliny o równej szerokości na wzorcu, które są naprzemiennie rozmieszczone względem siebie. Układ detekcyjny jest połączony z licznikiem rewersyjnym, który zlicza liczbę prążków na wzorcu. Dioda LED umieszczona w głowicy odczytowej oświetla powierzchnię liniału pod pewnym kątem. Powierzchnia liniału jest w przybliżeniu siatką dyfrakcyjną o stałej rzędu kilku lub kilkunastu mikrometrów. Światło ugięte na pierwszym rzędzie dyfrakcyjnym przechodzi przez

kolejną siatkę przeciwwzorca. Zdudnienie częstości przestrzennej wzorca i przeciwwzorca generuje w płaszczyźnie liniału prążki interferencyjne. Układ detekcyjny uśrednia sygnał z kilkudziesięciu oświetlonych pól liniału oraz bardzo dokładnie go filtruje, co w rezultacie daje dużą stabilność sygnału nawet gdy liniał jest zanieczyszczony lub uszkodzony. Przykładowe rozwiązanie przedstawia rysunek 1. Układ pomiarowy składa się z głowicy odczytowej oraz wzorca. Wzorcem jest stalowa taśma o szerokości 6 mm pokryta cienką warstwą złota oraz specjalnego lakieru w celach ochronnych. Najdłuższe odcinki liniału mają nawet 100 m długości. Liniał z reguły transportowany jest w szpulach w postaci zwiniętego krążka na specjalnym bębnie. Głowica odczytowa posiada możliwość interpolowania sygnału czytanego z liniału nawet 2000-krotnie. Z tego względu 20 µm podziałka na liniale może być podzielona 2000 razy dając w rezultacie rozdziel-

czość 10 nm. Sygnałem wyjściowym jest najczęściej sinusoida, której okres równy jest stałej podziałki liniału 20 µm. Układ pomiarowy najczęściej posiada opcję czytania punktów referencyjnych oraz dodatkowe wejścia przeznaczone do wyłączników krańcowych [3].

Dla użytkowników wymagających wyższych dokładności oraz dużych prędkości pomiarowych istnieją rozwiązania, które zapewniają dokładność nawet do 1 µm/m i rozdzielczości 5 nm. Jednym z takich rozwiązań jest układ pomiarowy RELM, który składa się z inwarowego wzorca charakteryzującego się współczynnikiem rozszerzalności 0,6 µm/m/°C. Liniał inwarowy jest rozwiązaniem, które posiada znacznie lepszą dokładność niż dotychczas uznawane za najdokładniejsze liniały szklane. Dzięki swojej budowie liniał inwarowy może mieć znacznie mniejszy przekrój niż liniał szklany, jak również jego montaż jest dużo wygodniejszy przez zminimalizowanie

ryzyka uszkodzenia [4]. Wadą układów tego typu jest ograniczona długość liniału inwarowego wynosząca zaledwie 1,2 m. Dla dłuższych osi pomiarowych, nawet do 5 m, można zastować rozwiązanie równie dokładne w postaci liniału stalowego o dokładności nieprzekraczającej ±4 µm na długości 5 metrów.

Interesującym rozwiązaniem jest zastosowanie optycznego enkodera kątownego służącego do pomiaru przemieszczeń kątowych. W tym rozwiązaniu pierścień enkodera połączony jest sztywno z wałkiem, a głowica pomiarowa umieszczona jest bezpośrednio nad liniałem, co eliminuje konieczność przeniesienia napędu na enkoder. Rozwiązanie takie minimalizuje błędy wynikające z luzu oraz histerezy w przypadku zmiany kierunku obrotu [4]. Taki układ stosowany jest w urządzeniach z dużym momentem obrotowym sterowanych precyzyjnie za pomocą serwomechanizmów. Zasada działania enkodera polega na zli-

czaniu przez optyczne układy pomiarowe przetworzonych sygnałów elektrycznych, które powstają w fotodetektorach w wyniku pojawienia się strumienia światelnego modulowanego pasywnymi i aktywnymi polami wzorca (rys. 1). Najczęściej pasywne i aktywne pola reprezentowane są przez ciemne i jasne szczeliny o równej szerokości na wzorcu, które zostały rozmieszczone względem siebie naprzemiennie.

magnetyczna detekcja przesunięcia lub kąta obrotu

Chociaż precyzyjny przemysł wykorzystuje przetworniki, które opierają się na optycznych metodach pomiaru, to jest wiele zastosowań, w których można z powodzeniem stosować przetworniki magnetyczne. Induktosynowy (magnetyczny) układ pomiarowy składa się najczęściej z liniału, który ma wbudowane jednoobwodowe uzwojenie z wieloma meandrami, oraz głowicy, która posiada co najmniej dwa uzwojenia przesunięte względem siebie o pewną wartość. Uzwojenie liniału i przesuwne detektora wykonuje się metodami napyłania ścieżki przewodzącej oddzielonej warstwą materiału nieprzewodzącego od materiału niemagnetycznego. Powierzchnia głowicy pokryta jest warstwą folii aluminiowej w celu wyeliminowania sprzężenia pojemnościowego, które wprowadzałoby do liniału zakłócenia, tym samym obniżając dokładność pomiaru [4].

Innym przykładem jest induktosynowy układ pomiarowy zbudowany z dwóch połączonych różnicowo magnetorezystorów mierzących zmiany strumienia magnetycznego w kierunku prostopadłym do liniału [2]. Czujnik wytwarza na tej podstawie sygnał sinusoidalnie zmienny wówczas, gdy przemieszcza się nad liniałem. Sygnał analogowy jest interpolowany wewnętrznie w celu zapewnienia rozdzielczości nawet do 1 µm. Dokładny odczyt jest zapewniony dzięki właściwemu pozycjonowaniu głowicy odczytowej nad liniałem. W tym celu głowica odczytowa przemieszczała się nad liniałem w odległości nie większej niż 3/4 długości meandry uzwojenia.

Ciekawym rozwiązaniem jest enkoder, który nie posiada mechanicznego sprzężenia pomiędzy elementem pomiarowym a elementem mierzonym. Enkoder składa się z obudowy, która zawiera układ detekcyjny Halla umieszczony w specjalnym otworze pod tulejkę. W tulei zamocowany jest magnes spolaryzowany osiowo, z drugiej strony tulei jest otwór pod wałek wyjściowy. Otwór w obudowie enkodera posiada nieco większą średnicę niż średnica tulei, dzięki czemu możliwy jest bezstykowy jej obrót w otworze obudowy enkodera. Enkodery o takiej budowie charakteryzują się zarówno dużą odpornością w trudnych warunkach pracy, jak i żywotnością dzięki bezkontaktowym elementom [4]. Metody magnetyczne pomiaru przemieszczeń kątowych opierają się najczęściej na zjawisku Halla. Enkoder składa się zasadniczo z dwóch ele-

mentów: układu scalonego zawierającego sensor pola magnetycznego, elektronicznych przetworników oraz osiowo spolaryzowanego magnesu. Układ scalony zawiera kilkadziesiąt odpowiednio rozmieszczonych mikroprzetworników Halla. Zasilane są one niewielkim prądem, a pod wpływem pola magnetycznego pochodzącego od magnesu powstaje napięcie Halla prostopadłe do kierunku przepływu prądu [4].

interesujące rozwiązania

Ciekawym rozwiązaniem jest technika LinACE, która opiera się na kodzie absolutnym zapisanym na nośniku informacji w postaci obszarów o różnej przenikalności magnetycznej. Kod ten odczytywany jest następnie przez matrycę zbudowaną z czujników Halla zintegrowanych w jednym układzie półprzewodnikowym. Rowki wykonane w wałku stalowym o wysokiej przenikalnością względnej reprezentują pseudolosową sekwencję binarną (PRBS – kod bezwzględny). Rowki można wypełnić chromem, miedzią lub innym materiałem o niskiej przenikalności magnetycznej w procesie galvanicznego lub termicznego nanoszenia. Przy wstępnej polaryzacji magnetycznej, wykrywa się różnice w przenikalności magnetycznej wywoływane przez zmiany strumienia indukcji magnetycznej, który jest wykrywany i przekształcany na sygnał elektryczny przez zintegrowaną macierz czujników Halla [5]. Następnie sygnały elektryczne są przetwarzane przez mikroprocesor przy użyciu algorytmów, w tym transformaty Fouriera, aby określić pozycję na skali milimetrowej z rozdzielczością submikronową. Pole magnetyczne jest wykrywane przez głowicę tylko w bardzo ograniczonej odległości od powierzchni wałka, to jest 0,1 ± 0,05 mm. Aby uzyskać prawidłowe prowadzenie głowicy z macierzą czujników Halla po wałku, opracowano specjalne łożyskowanie ślizgowe wraz z układem przetwarzania sygnałów. Enkoder LinACE może tworzyć system zintegrowany z urządzeniem wykonawczym, który mierzy z rozdzielczością do 0,5 µm przy pręd-

kości przesuwu do 5 m/s. Długość pomiarowa jest dostępna do 500 mm przy średnicy wałka od 4 do 16 mm. Enkoder może pracować w temperaturze od -40 do 85°C i jest odporny na wstrząsy i wibracje.

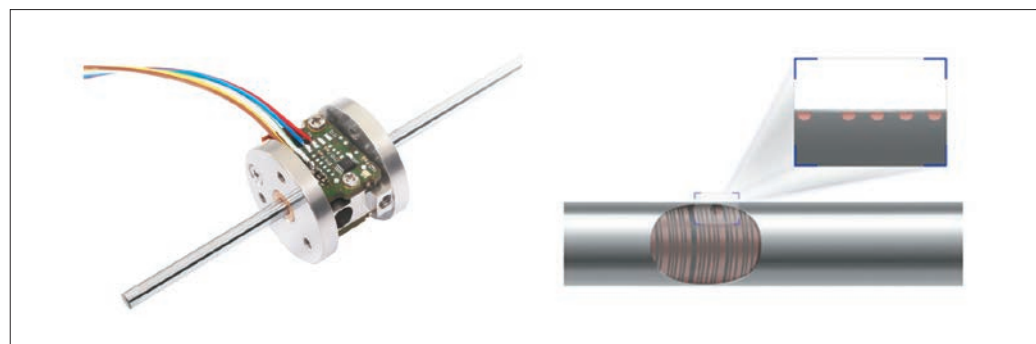
podsumowanie

Przedstawione rozwiązania enkoderów optoelektronicznych doskonale sprawdzają się w aplikacjach wymagających wysokiej rozdzielczości oraz dużej dokładności. Istnieją na rynku rozwiązania mogące bezawaryjnie pracować nawet w zakresie temperatur od -40 do +120°C. Systemy pomiarowe (w tym współrzędnościowe maszyny pomiarowe) najczęściej korzystają z optoelektronicznych enkoderów. Drugą gałęzią zastosowań jest przemysł maszyn do produkcji układów elektronicznych (montaż komponentów elektronicznych na płytkach drukowanych PCB), jak również przemysł obronny.

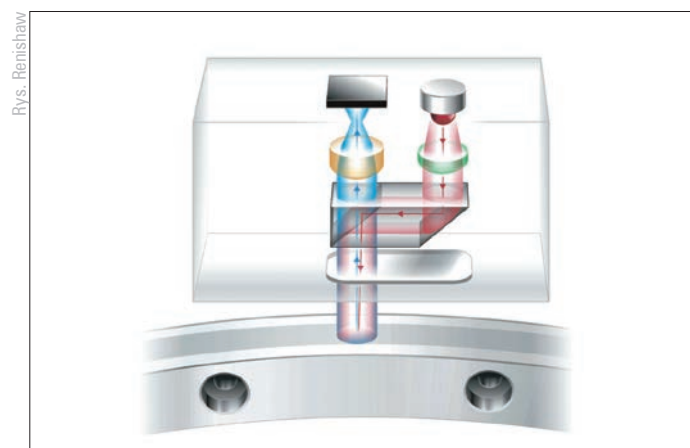
Aplikacje mniej wymagające pod względem dokładności wykorzystują magnetyczne układy pomiarowe. Rozwiązania te są bardzo popularne w automatyce przemysłowej, jak również w przemyśle obrabiarek specjalnych do obróbki kamienia, gumy, stolarce okiennej. Rozwiązania enkoderów magnetycznych są zwykle bardziej odporne niż ich optyczne odpowiedniki na przemysłowe warunki pracy.

literatura

1. E. Ratajczyk „Współrzędnościowa technika pomiarowa”, OWPW, Warszawa 2005,
2. S. Tumański „Cienkowarstwowe czujniki magnetorezystancyjne”, OWPW, Warszawa 1997,
3. G. Krajewski, K. Kuczyński, Enkodery – dostępne rozwiązania, „elektro.info” 3/2009,
4. K. Kuczyński, Enkodery obrotowe – interesujące rozwiązania, „elektro.info” nr 3/2011,
5. M. Sivec, LinACE in-axis absolute linear encoder, DOI 10.5162/sensor2013/A7.2



Fot. 1. Budowa enkodera typu LinACE [5]



Rys. 1. Schemat działania optycznego enkodera kątownego

enkodery obrotowe

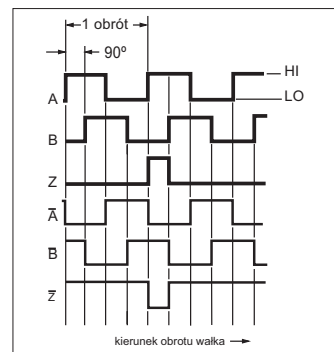
interesujące rozwiązania

mgr inż. Karol Kuczyński

Niezwykle szybki rozwój elektroniki wymusza opracowanie i produkcję coraz bardziej dokładnych i niezawodnych przetworników pomiarowych liczby obrotów oraz kąta obrotu. Pomiaru ruchu liniowego i obrotowego występują w urządzeniach i układach napędowych maszyn wielu gałęzi przemysłu. Przykładem mogą być maszyny do obróbki skrawaniem, systemy inteligentnego budynku, a także urządzenia dźwigowe i roboty przemysłowe [1]. Wśród obrotowych enkoderów optoelektronicznych wyróżnia się dwa podstawowe typy przetworników, które działają według odmiennych zasad – przetworniki inkrementalne i absolutne.

enkodery inkrementalne

Przeznaczone są do pomiaru przemieszczeń kątowych, zarówno do pomiaru kąta, jak i prędkości kątowych. Przetworniki te umożliwiają określenie pozycji względnej przez zliczanie impulsów. Poza tym może być rozpoznawany kierunek ruchu dzięki przesunięciu fazowemu o 90° kanałów A i B. Oznacza to, że kanał B jest opóźniony w stosunku do kanału A o 90°, w przypadku ruchu zgodnie z kierunkiem wskazówek zegara. W przeciwnym przypadku kanał B wyprzedza kanał A o tę samą wartość.



Rys. 1. Przebiegi sygnałów wyjściowych przetwornika [4]

tość. Znajomość tej zależności umożliwia określenie kierunku obrotu wałka enkodera. Dodatkowo stosuje się 2 linie z zanegowanymi kanałami A i B oraz 2 wyjścia referencyjne jak przedstawiono na rysunku 1. Sygnał wysoki pojawia się na wyjściach referencyjnych, gdy enkoder przechodzi przez jedną ustaloną pozycję na obrocie. Na tej podstawie można zliczać liczbę pełnych obrotów. Kanał zerowy Z oznacza przy każdym obrocie pozycję absolutną, która może służyć do rozpoznawania poprawności przychodzących impulsów i wyznaczania pozycji zerowej. Rozdzielczość określana jest przez liczbę kresk na tarczy podziałowej przetwornika (działek), co odpowiada liczbie okresów z jednego kanału [2, 3].

enkodery absolutne

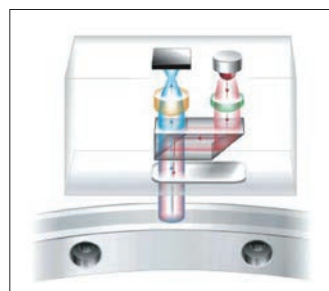
Mają naniesiony na tarczy kod cyfrowy, najczęściej Gray'a, rzadziej binarny lub BCD. Rozdzielczość przetwornika dla jednego obrotu tarczy wynosi 8, 10, 12, 13, 17 czy 31 bitów. Tarcza posiada więc odpowiednio 8, 10, 12, 13 lub 31 okręgów z naniesionymi na przemian odcinkami przezroczystymi i nieprzezroczystymi, stanowiącymi dla układu nadajnika i odbiornika światła źródło sygnałów „0–1”. Enkoder z przetwornikiem absolutnym nie jest wrażliwy na zanik zasilania lub wyzerowanie licznika, gdyż nawet po zaniku napięcia i ponownym jego włączeniu enkoder będzie wskazywał aktualną pozycję [2, 3]. Będzie on zliczał od wartości, na której się zatrzymał. Natomiast w przypadku enkodera inkrementalnego po zaniku zasilania i ponownym jego włączeniu enkoder nie wskaże pozycji aktualnej i zacznie zliczać od zera. Enkodery absolutne można podzielić także na jedno- oraz wieloobrotowe.

Enkoder jednoobrotowy nie wskazuje, ile wykonał obrotów, ponieważ sygnał wyjściowy jest powtarzany w tym samym formacie, co 360° obrotu wałka wyjściowego. Z tego względu można jedynie odczytać informację, na jakiej pozycji się zatrzymał lub aktualnie się znajduje.

inne typy enkoderów

Obserwuje się również konstrukcyjne modyfikacje enkoderów, pozwalające na ich poprawną pracę mimo niekorzystnych warunków panujących w przemyśle. Przykładem może być zmodyfikowane osadzenie podwójnych łożysk, dzięki czemu została zredukowana możliwość uszkodzenia dysku („zgubienia impulsów”). Uzyskano także większą tolerancję błędów instalacyjnych i większą żywotność.

Interesującym rozwiązaniem jest enkoder kątowy służący do precyzyjnego pomiaru kąta obrotu. W tym rozwiązaniu pierścieni enkodera połączony jest sztywno z wałkiem, a głowica pomiarowa umieszczona jest bezpośrednio nad liniałem, co eliminuje konieczność przeniesienia napędu na enkoder. Minimalizuje to błędy wynikające z luzu oraz histerezę w przypadku zmiany kierunku obrotu [6]. Taki układ stosowany jest w urządzeniach z dużym momentem obrotowym sterowanych precyzyjnie za pomocą serwomechanizmów. Zasada działania enkodera polega na zliczaniu przez optyczne układy pomiarowe przetworzonych sygnałów elektrycznych, które powstają w fotodetektorach w wyniku pojawienia się strumienia świetlnego modulowanego pasywnymi i aktywnymi polami wzorca (rys. 2). Najczęściej pasywne i aktywne pola reprezentowane są przez ciemne i jasne szczeliny o równej szerokości na wzorcu, które zosta-



Rys. 2. Schemat działania optycznego enkodera kątowego [6]

ły rozmieszczone względem siebie naprzemiennie. Układ detekcyjny jest połączony z licznikiem rewersyjnym, który zlicza liczbę prążków na wzorcu. Dioda LED umieszczona w głowicy odczytowej oświetla pod pewnym kątem powierzchnię liniału w postaci fazowejrefleksyjnej siatki dyfrakcyjnej na liniałle o stałej rzędzie 20 μm. Światło ugięte na pierwszym rzędzie dyfrakcyjnym przechodzi przez kolejną siatkę przeciwwzorca. Zdudnienie częstości przestrzennej wzorca i przeciwwzorca generuje w płaszczyźnie liniału prążki interferencyjne [2, 6]. Układ detekcyjny uśrednia sygnał z kilkudziesięciu oświetlonych pól liniału oraz bardzo dokładnie go filtruje, co w rezultacie daje dużą stabilność sygnału, nawet gdy liniał jest zanieczyszczony lub uszkodzony.

Niektóre firmy wprowadziły w enkoderach absolutnych wieloobrotowych w miejsce przekładni elektronicznych tradycyjną technologię przekładni mechanicznych, umożliwiającą enkoderom pracę w silnych polach elektromagnetycznych, np. przy hamulcach elektromagnetycznych. Do budowy przekładni mechanicznych zastosowano wysokiej jakości materiały, a na pierwszej przekładni zostało założone łożysko (fot. 2), dzięki czemu enkoder nadal może pracować w aplikacjach dynamicznych [7].

Chociaż precyzyjny przemysł wykorzystuje przetworniki, które opierają się

na optycznych metodach pomiaru, to jest wiele zastosowań, w których można z powodzeniem stosować przetworniki magnetyczne. Na korzyść przetworników magnetycznych przemawiają głównie takie cechy jak bezkontaktowy pomiar, większa żywotność i możliwość pracy w bardzo trudnych warunkach środowiskowych, a także niska cena.

Ciekawym rozwiązaniem jest enkoder, który nie posiada mechanicznego sprzężenia pomiędzy elementem pomiarowym a elementem mierzonym. Enkoder składa się z obudowy, która zawiera układ detekcyjny Halla umieszczony w specjalnym otworze pod tulejkę. W tulei zamocowany jest magnes spolaryzowany osiowo, z drugiej strony tulei jest otwór pod wałek wyjściowy. Otwór w obudowie enkodera posiada nieco większą średnicę niż średnica tulei, dzięki czemu możliwy jest bezstykowy jej obrót w otworze obudowy enkodera. Enkodery o takiej budowie charakteryzują się zarówno dużą odpornością w trudnych warunkach pracy, jak i żywotnością dzięki bezstarcowemu elementowi [6].

Enkoder składa się zasadniczo z dwóch elementów: układu scalonego zawierającego sensor pola magnetycznego, elektronicznych przetworników oraz osiowo spolaryzowanego magnesu. Układ scalony może zawierać 64 odpowiednio rozmieszczone mikroprzetworniki Halla. Zasilane są one niewielkim prądem, a pod wpływem pola magnetycznego pochodzącego od magnesu powstaje napięcie Halla prostopadłe do kierunku przepływu prądu. Nowoczesne konstrukcje przetworników magnetycznych są odporne na zewnętrzne, nawet bardzo silne pola magnetyczne rzędu 1T, które nie mają wpływu na dokładność pomiaru [6].

W zależności od rodzaju aplikacji, istnieje możliwość doboru odpowiedniego rozwiązania konstrukcyjnego enkodera. Dostępne są zarówno opcje z wałkiem wyjściowym, gdzie elementem łączącym człon pomiarowy z mierzonym jest sprzęgło, jak i enkodery, które mogą być bezpośrednio mocowane na wałku mierzonym. Dodatkowo w aplikacjach, które wymagają dokładnego pomiaru

odległości liniowej, używa się enkoderów linkowych zbudowanych z enkodera obrotowego oraz specjalnej przekładni zamieniającej ruch liniowy linki lub paska na ruch obrotowy. Przykładem zastosowania tego typu enkoderów są układy windowe. Enkodery kontrolują bowiem prędkość obrotową oraz pozycję napędu, zapewniając dokładne odwzorowanie pozycji układu wyciągowej windy oraz dodatkową kontrolę ograniczników prędkości. Mechanizm rolkowy z podwójnymi łożyskami, sztywną, a zarazem elastyczną taśmą zębatą i odpornym na wibracje mocowaniem enkodera gwarantuje niezawodne działanie całego systemu. Mechanizm rolkowy wyposażony jest w oddzielne łożyska, które zapewniają enkoderowi ochronę przed przeciążeniami mechanicznymi [7].

turbiny wiatrowe

Bardzo szczególnym przypadkiem jest zastosowanie enkoderów obrotowych do pozycjonowania turbin wiatrowych. Enkodery stosowane do określania kąta nachylenia i azymutu lub pomiaru prędkości obrotowej w turbinach wiatrowych są narażone na pracę w trudnych warunkach środowiskowych. Wymagana jest od nich bardzo wysoka niezawodność, ponieważ przestoje awaryjne są nieproporcjonalnie bardziej kosztowne, a wymiana dużo bardziej czasochłonna, niż w innych aplikacjach automatyki przemysłowej.

Enkodery jedno- i wieloobrotowe montowane są centrycznie na wirtualnym wału śmigła lub niecentrycznie, z piętrem na krawędzi przekładni śmigła. Sprężyste systemy mocowania zapewniają mały nacisk styku koła przekładniowego, eliminując możliwość przekroczenia maksymalnej wartości obciążenia łożysk enkodera [7].

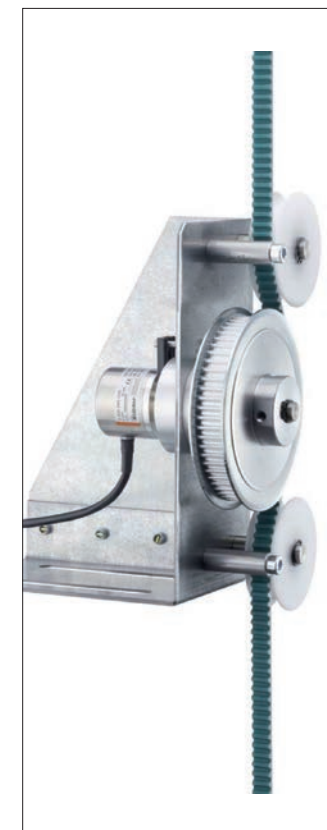
W specjalnych wykonaniach enkodery mogą być wyposażone w dodatkowy przycisk zerowania umiejscowiony na obudowie, za pomocą którego istnieje możliwość ręcznego ustawienia punktu referencyjnego wirtualnego wału śmigła podczas montażu lub serwisu. Wersje z dodatkową ścieżką inkre-



Fot. 1. Praktyczne zastosowanie enkodera kątowego [6]



Fot. 2. Enkoder z przekładnią mechaniczną z tworzywa sztucznego [7]



Fot. 3. Enkoder zastosowany w mechanizmie windowym [7]

mentalną albo z sygnałami sinus (cosinus) mogą być używane do regulacji prędkości przez falowniki. Jeżeli wymagany jest większy poziom bezpieczeństwa, zintegrowany w obudowie resolver może wysyłać odpowiednie sygnały do falownika, które po przetworzeniu dostarczają informacje o aktualnej prędkości i kierunku obrotu. W tym przypadku mają zastosowanie enkodery, które są odporne na zaburzenia elektromagnetyczne, wprowadzane na przykład przez hamulce elektromagnetyczne występujące w napędach stosowanych do ustawiania kąta pochylenia śmigieł [7].

Enkodery instalowane w turbinach wiatrowych narażone są na częste wahania temperatur. W zależności od lokalizacji temperatury dzienne i nocne oraz letnie i zimowe mogą się zmieniać w bardzo dużym zakresie. Po wyłączeniu zasilania system musi być zdolny do ponownego bezpiecznego startu. Odgrywa to decydującą rolę przy zastosowaniu pierścieni ślizgowych, a w szczególności w elektrowniach wiatrowych zlokalizowanych w gorących strefach klimatycz-

nych. Inną niedogodnością jest przedostawanie się prądów wirowych występujących na wale, które mogą uszkodzić łożyska enkodera [7]. Zapobiega się temu przez zastosowanie odpowiednich wkładek izolacyjnych.

podsumowanie

Enkodery doskonale sprawdzają się zarówno w systemach telemetrycznych, jak i w przemyśle kolejowym, tekstylnym oraz urządzeniach wojskowych. Najczęściej przetworniki przemieszczeń kątowych stosuje się w serwonapędach, w których konieczna jest precyzyjna kontrola prędkości obrotowej. Enkodery mogą być również stosowane jako sprzężenie zwrotne w różnych zespołach napędowych obrabiarerek. Spotykamy je także w układach sterowania inteligentnych budynków czy układach pozycjonowania ogniw fotowoltaicznych.

literatura do artykułu na
elektroinfo.pl

podstawowe parametry paneli operatorskich

mgr inż. Karol Kuczyński

Panele operatorskie i komputery panelowe różnią się między sobą wydajnością, liczbą dostępnych interfejsów komunikacyjnych oraz wielkością i funkcjonalnością ekranów. Najczęściej panele operatorskie charakteryzują się zwartą budową oraz kompatybilnością z różnymi typami modułów rozszerzeń cyfrowych i analogowych pozwalając na budowę dużych systemów rozproszonych. Dotykowy panel graficzny lub przyciski funkcyjne umożliwiają użytkownikowi wejście i modyfikację danych sterownika oraz samego procesu.

Panele operatorskie HMI (*Human Machine Interface*) wykorzystywane są do wizualizacji i sterowania pracą obiektów lub urządzeń oraz do udostępniania informacji procesowych do nadrzędnych systemów informatycznych. Stanowią interfejs pomiędzy operatorem a maszyną oraz wspierają użytkownika przy obsłudze instalacji. Panele HMI ułatwiają integrację wszystkich urządzeń pracujących w instalacji w jeden spójny system oraz oferują zaawansowane funkcje, które jeszcze kilka lat temu były dostępne tylko w rozbudowanych systemach SCADA, np. zbieranie danych i zapis zdarzeń, monitoring kluczowych parametrów, alarmowanie i obsługa skryptów [1, 3].



Fot. 1. Przykładowe rozwiązania paneli sterujących [4]

elementy składowe paneli

Starsze wykonania paneli operatorskich zawierały wyłącznie wyświetlacze tekstowe, obecnie stosuje się graficzne ekrany dotykowe o różnicowanej rozdzielczości wyświetlające najczęściej obraz kolorowy. Standardowo wyposażone są one w popularnie stosowane interfejsy komunikacyjne: RS-485, Ethernet, USB, pozwalające na bezpośrednie podłączenie ich do innych urządzeń systemu automatyki. Do ich programowania stosuje się specjalne oprogramowanie narzędziowe zawierające sterowniki do popularnych urządzeń oraz standardowe protokoły komunikacyjne,

takie jak Modbus RTU, Profibus i inne [1, 4].

Panele operatorskie są mniej lub bardziej złożonymi komputerami przemysłowymi. W ich skład wchodzi: płyta główna, procesor i pamięć RAM oraz układy graficzne i komunikacyjne, pamięci stałe, a także inne podzespoły. Wydajność obliczeniowa tych urządzeń i ich możliwości komunikacyjne są coraz bardziej zbliżone do parametrów standardowych komputerów przemysłowych. Współczesne panele operatorskie to coraz częściej również: sterowniki procesów, rejestratory danych i występujących zdarzeń, które zapewniają komuni-

kację między różnymi systemami automatyki. Użytkownicy wymagają od tego typu urządzeń coraz większej liczby funkcji multimedialnych, w tym odtwarzania i rejestracji obrazów i dźwięków [1, 3].

układy chłodzenia

Minimalizacja zużycia energii przez urządzenia elektryczne i elektroniczne to już od kilku lat standard dla urządzeń przemysłowych. Ograniczenie zużycia energii przez panele operatorskie ma na celu wyeliminowanie z ich układów aktywnego chłodzenia – wentylatorów. Grawi-

tacyjny przepływ powietrza pozwala na zrezygnowanie z wentylatora, który jest jednym z najbardziej awaryjnych elementów wszystkich systemów komputerowych. Szybka popularyzacja dysków i kart pamięci Flash powoduje, że stanowią one zamienniki tradycyjnych dysków twardych i pozwalają na wyeliminowanie z panelu HMI wszystkich elementów ruchomych [2].

Chłodzenie pasywne umożliwia także tworzenie rozwiązań o wysokim stopniu ochrony IP obudowy. Jest to szczególnie istotne w przypadku zastosowań w środowisku przemysłowym o dużym zapyleniu i wilgot-

ności. Gromadzące się wewnątrz urządzenia zanieczyszczenia mogą powodować pogorszenie przepływu powietrza, a w efekcie jego przegrzewanie, i przyczyniać się do powstawania zwarć oraz zwiększać ryzyko awarii.

Warto też dodać, że ważnym elementem decydującym o zastosowaniu danego panelu jest zakres temperatur pracy. Największym ograniczeniem jest dolna temperatura i zjawisko kondensacji pary wodnej – stąd dostępność wersji specjalnych tych urządzeń.

interfejsy komunikacyjne

Dostępne na rynku panele HMI i komputery panelowe najczęściej zawierają interfejsy szeregowy (RS-232/RS-485), USB oraz Ethernet. Interfejsy te są obecnie w większości traktowane jako standard, a ich użycie ułatwia konfigurację i obsługę paneli, a także umożliwia ich łatwą integrację w większych systemach [1].

Rozwój paneli operatorskich obejmuje również popularyzację wykorzystania sieci bezprzewodowych. Obecnie niektóre z paneli (komputery panelowe) zawierają wbudowane interfejsy Wi-Fi czy Bluetooth, a wybrane umożliwiają nawet transmisję danych z wykorzystaniem sieci komórkowych. Takie funkcjonalności nie są potrzebne wszystkim użytkownikom – przykładowo komunikacja bezprze-

wodowa będzie zbędna w panelu, który wbudowany jest w układ sterowania obrabiarki. W przypadku jednak niewielkiego terminalu przenośnego lub instalacji panelu HMI na pojeździe czy w oddalonym miejscu zakładu produkcyjnego możliwość bezprzewodowej transmisji danych staje się niezbędna dla obsługi.

wyświetlacz

Głównym i najbardziej widocznym elementem każdego panelu operatorskiego jest wyświetlacz. W większości przypadków jest to ekran z matrycą aktywną TFT (*Thin Film Transistor*), czy LED. Bardzo duży postęp, który zaszedł przez ostatnie lata w technologii wytwarzania matryc, pozwolił na masową produkcję wyświetlaczy o dużych rozdzielczościach, które cechują się dużą jasnością i kontrastem, a także możliwością oglądania pod różnymi kątami. Parametry te są bardzo istotne szczególnie w zastosowaniach przemysłowych, gdzie panel pracować może w miejscu nasłonecznionym i obserwowany jest często pod różnym kątem [2].

Na rynku oferowane są panele HMI z ekranami o przekątnych od kilku do ponad 24 cali. Wraz ze spadkiem cen samych wyświetlaczy następuje też popularyzacja wersji większych, które pozwalają na wyświetlanie wielu informacji, a także ich od-

czyt z większych odległości. Istnieją zastosowania związane z maszynami i innymi urządzeniami, gdzie dominują panele małe, często nawet monochromatyczne tekstowe. Wynika to zazwyczaj z ograniczeń związanych z wielkością i charakterem samych urządzeń, w których są instalowane.

Standardowo większość nowoczesnych paneli operatorskich jest wyposażona w ekran dotykowy. Umożliwia on intuicyjną obsługę maszyny i zmianę parametrów pracy danego procesu produkcyjnego. Ekrany dotykowe występują w różnych odmianach, przy czym najpopularniejsze są wersje rezystancyjne. W przypadku tej technologii miejsce dotyku określone jest na podstawie spadku napięcia pomiędzy odpowiednimi warstwami ekranu, który to spadek jest proporcjonalny do współrzędnych punktu. Innymi typami ekranów dotykowych są m.in. pojemnościowe i zyskujące na popularności SAW-y, tj. z powierzchniową falą akustyczną (*Surface Acoustic Wave*) oraz DST (*Dispersive Signal Technology*) [1].

Producenci paneli, oprócz urządzeń z ekranami dotykowymi, oferują też produkty z tradycyjną klawiaturą, która może cechować się różnym stopniem złożoności. Składać się ona może z kilku przycisków numerycznych lub funkcyjnych, a także zawierać pełny zestaw klawiszy alfanumerycznych.

podsumowanie

Ewolucja technologii informatycznych powoduje, że standardem jest coraz częściej wbudowanie w panel różnego rodzaju serwerów – WWW czy VNC. Umożliwiają one udostępnianie informacji w sieciach lokalnych oraz zdalny dostęp do urządzeń, w których są instalowane. Standardowo większość nowoczesnych paneli operatorskich jest wyposażona w ekran dotykowy. Umożliwia on intuicyjną obsługę maszyny i zmianę parametrów pracy danego procesu produkcyjnego. Ekrany dotykowe występują w różnych odmianach, przy czym najpopularniejsze są wersje rezystancyjne. W przypadku tej technologii miejsce dotyku określone jest na podstawie spadku napięcia pomiędzy odpowiednimi warstwami ekranu, który to spadek jest proporcjonalny do współrzędnych punktu. Innymi typami ekranów dotykowych są m.in. pojemnościowe i zyskujące na popularności SAW-y, tj. z powierzchniową falą akustyczną (*Surface Acoustic Wave*) oraz DST (*Dispersive Signal Technology*) [1].

Uzupełnieniem systemów operacyjnych są narzędzia programowe, czego przykładem jest TwinCAT, B&R Automation Studio i inne – pozwalają one na programowanie różnych urządzeń, w tym paneli, a także często są kompletnym środowiskiem systemów automatyki. Systemy SCADA umożliwiają nie tylko bieżącą wizualizację procesu, ale dają również dostęp do funkcji, takich jak: lokalizowanie alarmów, przedstawianie trendów, generowanie raportów i analiza danych procesu produkcyjnego [3, 4].

literatura

1. Materiały firmy Astor.
2. Materiały firmy CSI.
3. Materiały firmy B&R.
4. Materiały firmy Beckhoff.

reklama

Dołącz do prenumeratorów na **wydawniczy.pl**




Na WYDAWNICZY.PL dostępne są również inne czasopisma Grupy MEDIUM



TU wygodnie zamówisz prenumeratę elektro.info

e-prenumerata 25% taniej

nowe rozwiązania ANIRO

ANIRO Sp. z o.o.

Koncepcja – projekt – realizacja - serwis – tak najkrócej można opisać sposób działania pracowników ANIRO Sp. z o.o., która od ponad 30 lat wspiera polski rynek automatyki przemysłowej i elektrotechniki.

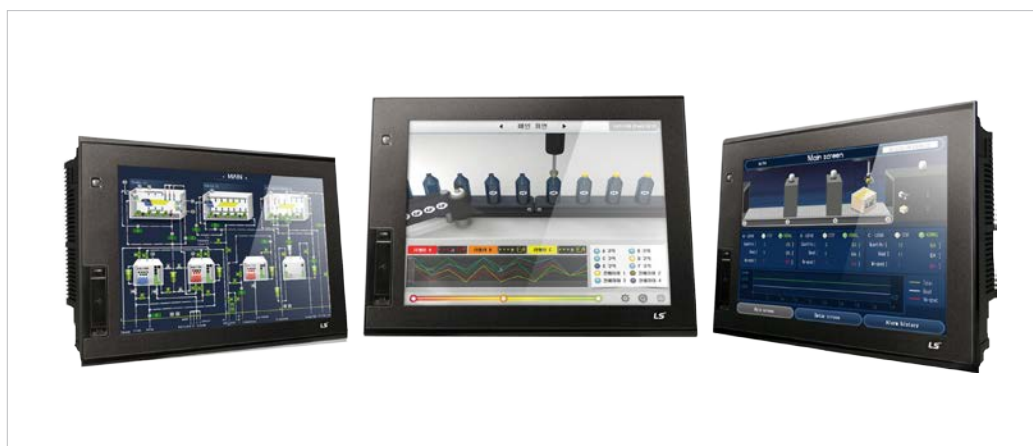
Przez ten okres przedsiębiorstwo zyskało uznanie wielu klientów, a zarządzający firmą mogą pochwalić się wykonaniem ponad tysiąca aplikacji inżynierskich o różnym stopniu zaawansowania. Zdobyte doświadczenie oraz owocna współpraca z kontrahentami sprawiły, że produkty ANIRO są wykorzystywane w wielu branżach, m.in.: papierniczej, tekstylnej, hutniczej, chemicznej, drzewnej, przetwórstwa i obróbki materiałów, modernizacji maszyn. Oto przegląd nowych rozwiązań z zakresu PLC i HMI.

panele serii iXP

Najnowszą serię paneli operatorskich LSIS stanowią panele serii iXP – seria inteligentna. Jest to najmocniejsza pod względem parametrów seria paneli operatorskich tego producenta. Panele dostępne są w czterech rozmiarach: 8.4", 10.4", 12.1" i 15" o rozdzielczości 1024x786 pikseli dla panelu 15" oraz 800x600 pikseli dla pozostałych.

Wszystkie panele serii iXP wyposażone są w procesor ARM Cortex-A8 Core (32bit RISC) o częstotliwości taktowania 1 GHz oraz 512 MB pamięci operacyjnej RAM. Wbudowana pamięć Flash o pojemności 1 GB pozwala na zastosowanie w wizualizacji złożonych grafik i animacji oraz zapisywanie dużej ilości informacji procesowych, takich jak raportowanie awarii lub logowanie zmiennych.

Do komunikacji z urządzeniami zewnętrznymi mamy do dyspozycji port Ethernet 100 Mb/s, porty RS-232 oraz



RS-485. Każdy z paneli posiada protokoły komunikacyjne umożliwiające połączenie z urządzeniami wybranego producenta, np. Siemens AG, Mitsubishi Electric, Omron, Schneider Electric, zarówno jako urządzenie Slave, jak i Master. Do panelu dostępne są dodatkowe karty rozszerzeń umożliwiające komunikację w sieci Profibus-DP oraz CANOpen.

W przypadku gdy wbudowana pamięć Flash nie jest wystarczająca do zapisania wszystkich rejestrowanych informacji, panele wyposażone są w 3 porty USB 2.0 (dwa z tyłu panelu, jeden na froncie) oraz jeden port kart SD, umożliwiające podłączenie zewnętrznej pamięci flash do zapisu informacji.

Panele serii iXP jako jedyne w ofercie firmy ANIRO mają również możliwość wyświetlenia plików w formacie .pdf. Daje to możliwość przechowywania w panelu wszystkich niezbędnych dla użytkownika dokumentacji, takich jak schematy elektryczne, instrukcje obsługi. Dzięki temu możliwe jest wyeliminowanie ryzyka utracenia lub

zniszczenia dokumentacji potrzebnych do eksploatacji maszyny lub linii technologicznej.

Nowością w panelach serii iXP jest czujnik zbliżeniowy wykrywający obecność operatora z odległości 1 metra. Pojawienie się operatora w zasięgu czujnika powoduje automatyczne włączenie podświetlenia panelu i umożliwienie pracy. Po zniknięciu operatora z zasięgu czujnika, panel automatycznie zostaje wygaszony w celu zwiększenia jego żywotności.

panele eXP

LSIS wzbogacił swoją ofertę paneli o serię eXP. Nowe panele wyróżniają się małym rozmiarem, przy zachowaniu wysokiej wydajności. Idealnie sprawdzą się jako interfejs pomiędzy użytkownikiem a maszyną. Dzięki wbudowanym interfejsom komunikacyjnym, takim jak RS-232C, RS-485 i Ethernet, możliwa jest zarówno prezentacja danych w postaci liczbowej, wykresów, animacji oraz nastawianie parametrów poprzez panel operatorski.

Programowanie paneli operatorskich LSIS jest bardzo intuicyjne, dzięki specjalnemu oprogramowaniu XP-Builder. W odpowiedzi na rosnącą popularność paneli, producent udostępnia nowe wersje oprogramowania, dostosowane do obecnych wymagań rynku. Oprogramowanie XP-Builder jest bezpłatne, dzięki czemu możemy się cieszyć każdą nowością wprowadzaną przez LSIS. Warto zauważyć, że panele eXP mają dedykowany sposób komunikacji z urządzeniami wielu firm trzecich.

Na szczególną uwagę zasługuje panel eXP20-TTA. Jest to panel o niezwykle małym gabarycie 4.3" z możliwością wyświetlania grafiki o rozdzielczości 480x272 piksele. Jego możliwości komunikacyjne są bardzo duże – wbudowane porty do komunikacji RS-232C, RS-485 oraz Ethernet. Znajdzie on zastosowanie wszędzie tam, gdzie zależy nam na zaoszczędzeniu miejsca. Zamiast serii przycisków i pokręteł można zastosować jeden panel



z przełączanymi ekranami. Zyskamy miejsce oraz przejrzystość danych. Dodatkowo, jak każdy panel eXP, ma wbudowane gniazdo USB, do którego możemy podpiąć pamięć przenośną i zapisywać dane z obiektu. Rozbudowana funkcjonalność, w połączeniu z niską ceną, powoduje, że stanowi on konkurencję dla małych paneli operatorskich dostępnych na rynku.

funkcjonalność paneli operatorskich LSIS

Panele operatorskie LSIS posiadają rozbudowaną funkcjonalność pozwalającą m.in. na raportowanie awarii i wyświetlanie jej w formie tabeli, zapisywanie wartości procesowych i wyświetlanie w formie wykresu. Dodatkowo historię awarii oraz wartości

procesowe można zapisać w formacie .csv i przesłać za pomocą e-maila.

Każdy panel posiada możliwość zainstalowania systemu VNC umożliwiającego zdalny dostęp do panelu za pomocą tabletu, smartfona lub komputera PC. W panelach dostępny jest również WebServer umożliwiający pobranie zapisanych plików .csv bez konieczności wysyłania ich e-mailem.

Do podstawowej funkcjonalności paneli należy również możliwość tworzenia receptur, które m.in. umożliwiają zapisywanie powtarzalnych procesów technologicznych bez konieczności ponownego ich wprowadzania.

panele z Windowsem XP

Na rynku pojawiła się nowa wersja oprogramowania do pane-



li operatorskich HMI z całkowicie nowym interfejsem graficznym. Zmiany dotyczą także interfejsu użytkownika. Dostępne funkcje zostały rozmieszczone w sposób przyjazny dla użytkownika. Związane jest to z trendem do zwiększania funkcjonalności i intuicyjności środowiska programistycznego przez producentów przy zachowaniu korzystnej ceny.

nowe sterowniki SLIM

Dostępna jest już nowa wersja paneli serii XBM. Seria ta charakteryzuje się małymi wymiarami jednostki centralnej ok. 30 mm szerokości modułu głównego. Wcześniej dostępne były jednostki: 16 punktów (8 wejść i 8 wyjść) lub 32 punktów (16 wejść i 16 wyjść). Nowa jednostka ma wbudowany jeden port Ethernet oraz port mini USB służący do programowania. Pojemność programu wynosi 20 tys. kroków, a prędkość przetwarzania 83 ns/krok. Wbudowane są dwa porty komunikacyjne: RS-232C oraz RS-485. Nowa seria sterowników XBM umożliwia obsługę do 256 punktów I/O. Dostępne są funkcje zegara czasu rzeczywistego oraz po-

zycjonowania w 6-osiach 100 kHz. Zaletą tej jednostki jest duża funkcjonalność zamknięta w małych wymiarach.

sterowniki serii ULTRA

Seria sterowników ULTRA dostępna jest w wersji z wyjściami typu tranzystorowego NPN/PNP oraz typu przekaźnikowego. Sterowniki zasilane są napięciem zmiennym 230 V lub napięciem stałym 24 V. O typie zasilania informuje oznaczenie sterownika. Jeżeli w nazwie występuje symbol „/DC”, np. XBC-DR32H/DC, to sterownik zasilany jest napięciem stałym 24 V.

reklama

ANIRO

ANIRO Sp. z o.o.
87-100 Toruń
ul. Chrobrego 64
(wjazd od ulicy Polnej)
tel. +48 56 657 63 63
aniro@aniro.pl
www.aniro.pl

architektura sieci TCP/IP i jej aplikacje w systemach automatyki i sterowania

urządzenia sieciowe i aplikacje

dr inż. Andrzej Zankiewicz – Politechnika Białostocka

W artykule zostaną scharakteryzowane możliwości wykorzystania sieci TCP/IP w systemach automatyki i sterowania. Podano również wybrane przykłady takich aplikacji.

urządzenia transmisyjne stosowane w sieciach TCP/IP

W sieciach TCP/IP stosowanych jest wiele rodzajów urządzeń transmisyjnych realizujących różny zakres funkcji i pracujących w różnych warstwach modelu OSI. W artykule scharakteryzowano funkcjonowanie najczęściej spotykanych urządzeń transmisyjnych.

Karta sieciowa

Karta sieciowa (ang. NIC – *Network Interface Controller*) zapewnia możliwość sprzężenia medium transmisyjnego z magistralą stacji sieciowej. Z jednej strony karta sieciowa posiada układy warstwy fizycznej odbierające i wysyłające sygnał do dołączonego do karty medium, a z drugiej, realizuje styk sprzętowy do stacji sieciowej poprzez standardowe interfejsy, takie jak PCI, PCMCIA, USB i inne. Karta sieciowa realizuje funkcjonalność warstwy fizycznej modelu OSI oraz niższej części warstwy łącza danych (tzw. podwarstwa MAC).

Koncentrator Ethernet (ang. *Ethernet Hub*)

Jest to urządzenie stosowane w sieciach Ethernet z okablowaniem skrętkowym i zapewnia połączenie wielu stacji Ethernet w jeden segment sieciowy o fizycznej topologii gwiazdy. Działanie koncentratora obejmuje pierwszą warstwę modelu OSI i polega na tym, że ramka odbierana na da-

nym porcie jest od razu przekazywana na wszystkie pozostałe porty koncentratora. Dlatego sieć zbudowana z wykorzystaniem koncentratora jest siecią o logicznej topologii magistrali. Obecnie koncentratory Ethernet są już praktycznie nieużywane i zostały zastąpione przez przełączniki sieciowe.

Przełącznik Ethernet (ang. *Ethernet Switch*)

Podobnie jak koncentrator, jest to urządzenie zapewniające połączenie wielu stacji Ethernet w jeden segment sieciowy o fizycznej topologii gwiazdy. Jednak działanie przełącznika jest zupełnie inne niż koncentratora i polega na tym, że ramka odbierana przez przełącznik na jednym z jego portów jest przekazywana tylko na port, do którego przyłączona jest stacja, do której dana ramka jest zaadresowana. Aby było to możliwe, przełącznik musi posiadać tablicę zawierającą powiązanie numerów portów przełącznika oraz adresów fizycznych (MAC) stacji dołączonych do tych portów. Tablica taka może być zbudowana w sposób statyczny (poprzez „ręczne” dokonanie odpowiednich wpisów na etapie konfiguracji przełącznika) lub automatycznie – na podstawie obserwacji przez przełącznik adresów w ramach pojawiających się na poszczególnych portach. Jeżeli przełącznik nie znajdzie w swojej tablicy numeru portu, do którego dołączona jest stacja docelowa, to przekazuje tę ramkę na wszystkie porty (jest to tryb domyślny i może być

ewentualnie zmieniony, np. ze względu na zwiększone wymagania dotyczące bezpieczeństwa). Także ramki z docelowym adresem rozgłoszeniowym przekazywane są na wszystkie porty. Działanie przełącznika obejmuje warstwy 1. i 2. modelu OSI.

Mostek sieciowy (ang. *Bridge*)

Jest to urządzenie działające identycznie jak przełącznik, ale posiadające tylko dwa porty, które mogą pracować także z wykorzystaniem różnych warstw fizycznych (np. przewodowego Ethernetu oraz radiowego Wi-Fi). Mostek zapewnia realizację podziału sieci na dwa segmenty na poziomie warstwy 2. modelu OSI.

Router

Jest to urządzenie pracujące w warstwie 3. modelu OSI, zapewniające przekazywanie pakietów IP pomiędzy sieciami IP dołączonymi do poszczególnych interfejsów routera (w ogólnym przypadku routery mogą pracować też z innymi protokołami warstwy 3., ale w praktyce zdecydowanie najczęściej jest to protokół IP). Router przekazuje pakiety na podstawie tablicy routingu zawierającej informacje, jakie sieci IP dostępne są przez poszczególne interfejsy urządzenia. Dodatkowo router przechowuje informacje o „odległościach” do poszczególnych sieci (są to tzw. metryki) i w przypadku, gdy dana sieć dostępna jest przez kilka interfejsów, router wybiera trasę z najmniejszą odległością. W przypadku, gdy router nie znajdzie w tablicy ro-

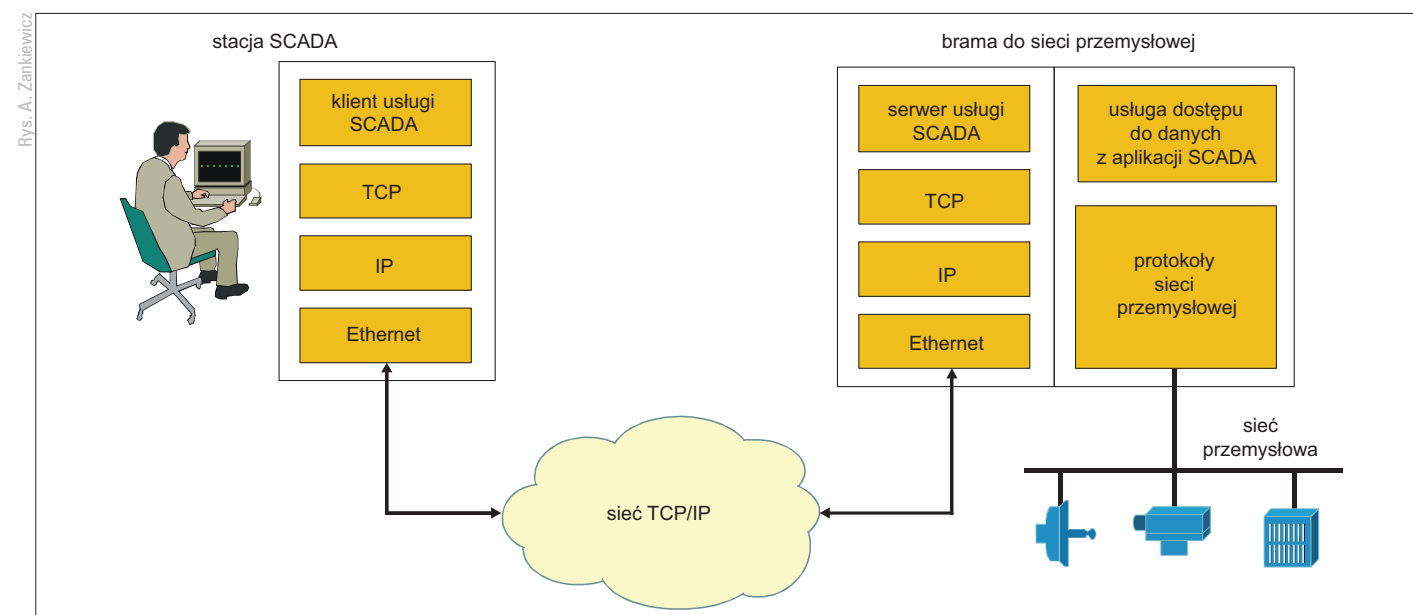
utingu adresu sieci, do której ma przekazać pakiet, pakiet ten zostaje odrzucony, a jego nadawca jest informowany komunikatem protokołu ICMP o niedostępności trasy do danej sieci. Wpisy w tablicy routingu dotyczące tras do poszczególnych sieci mogą być wykonywane „ręcznie” (trasy statyczne) lub automatycznie z wykorzystaniem specjalnych protokołów routingu dynamicznego, umożliwiających wymianę informacji pomiędzy routerami o obsługiwanych przez nie trasach.

Brama (ang. *Gateway*)

Brama pozwala na realizację komunikacji pomiędzy systemami korzystającymi z różnych protokołów warstwy aplikacyjnej. W odróżnieniu od urządzeń takich jak przełącznik czy router, brama zazwyczaj nie jest uniwersalnym elementem produkowanym seryjnie, tylko stanowi system zestawiony pod konkretne zastosowanie. Przykładami popularnych bram mogą być systemy pozwalające na wysyłanie wiadomości SMS ze strony WWW oraz wysyłanie i odbiór poczty e-mail poprzez wiadomości SMS.

Modem

Modem stanowi urządzenie umożliwiające przesył danych poprzez powszechnie dostępne media transmisyjne, z założenia nieprzeznaczone do tego celu. Pierwsze modemy powstały w celu przesyłu danych poprzez analogowe komutowane linie telefoniczne (PSTN). Innymi przykładami są modemy stosowane w sieciach telewizji ka-



Rys. 1. Zastosowanie sieci TCP/IP na poziomie stacji operatorskich

blowej, stałych liniach telekomunikacyjnych (łączach dzierżawionych) oraz w liniach zasilających (transmisja danych poprzez instalacje elektryczne). Słowo „modem” pochodzi od zestawu MOdulator DEModulator, ponieważ większość modemów pracuje na zasadzie wykonywania odpowiedniej modulacji wysyłanego sygnału oraz jego demodulacji po stronie odbiorczej. Podstawowymi zadaniami modemu są wytworzenie sygnału o parametrach (np. pasmo częstotliwościowe, poziom napięcia), umożliwiających przesłanie go przez określony rodzaj medium oraz obsługa sygnalizacji związanej z korzystaniem z danego medium (np. wybór numeru telefonu przez modem pracujący na komutowanej linii telefonicznej).

aplikacje sieci TCP/IP w systemach automatyki i sterowania

Systemy komunikacyjne bazujące na rodzinie protokołów TCP/IP znajdują coraz szersze zastosowanie. Popularność rozwiązań korzystających z protokołów TCP/IP wynika m.in. z wysokiego poziomu standaryzacji tych protokołów, braku opłat licencyjnych oraz szerokiej dostępności wykorzystujących je urządzeń i oprogramowania. Ekspansja ta nie ominęła

także przemysłowych systemów automatyki i sterowania, które coraz częściej wykorzystują protokoły TCP/IP do realizacji transmisji danych pomiędzy poszczególnymi elementami takich systemów. Jest to szczególnie istotne w dobie postępującej decentralizacji i wzrastającego stopnia rozproszenia systemów automatyki oraz rosnących oczekiwań użytkowników dotyczących możliwości szerokiego dostępu do takich systemów, w tym także poprzez sieć Internet.

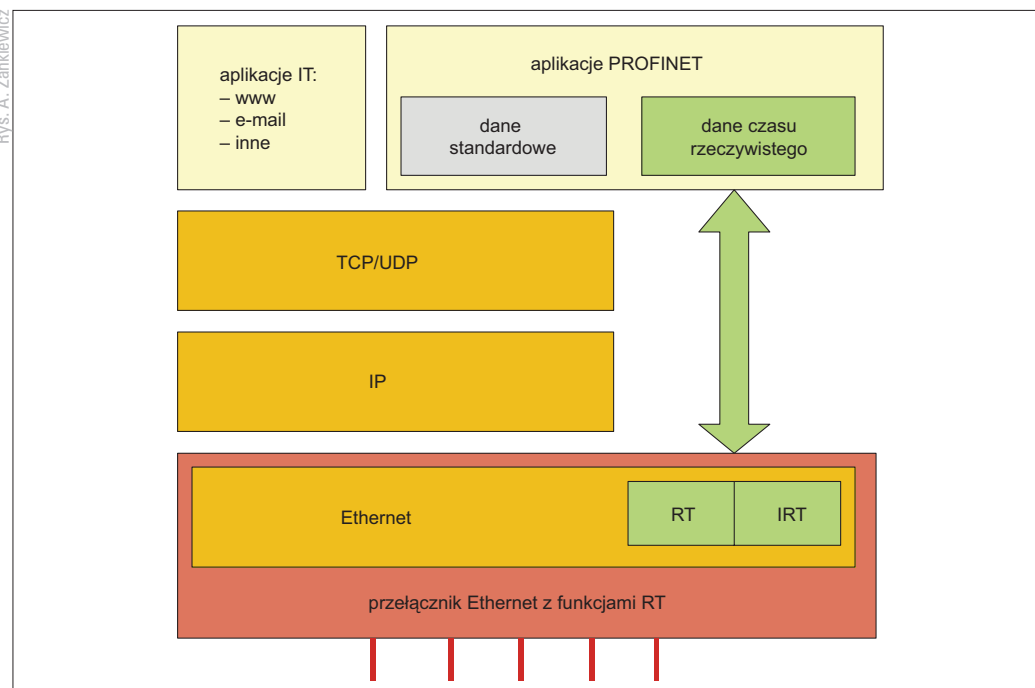
Pierwsze wdrożenia sieci TCP/IP w systemach automatyki i sterowania obejmowały aplikacje realizujące zdalny dostęp do informacji o realizowanych w czasie rzeczywistym procesach sterowania, w celu wizualizacji tych procesów na poziomie stacji kontrolno-nadzorczych oraz realizacji innych zadań na poziomie stacji operatorskich. Typowym przykładem takich aplikacji są powszechnie stosowane systemy SCADA (ang. *Supervisory Control And Data Acquisition*). Natomiast do sterowania i akwizycji danych na poziomie bezpośredniego kontaktu z obiektem zazwyczaj wykorzystywane są interfejsy analogowe (np. pętle prądowe 4–20 mA) lub cyfrowe specjalizowane sieci przemysłowe, takie jak PROFIBUS lub LonWorks. Struktura takiego rozwiązania przedstawiona jest na rysunku 1.

Rozwiązanie takie pozwala na rozdzielenie transmisji na dwie niezależne ścieżki. Pierwsza z nich zapewnia zewnętrzny dostęp do informacji o procesach sterowania i wybrane możliwości wpływania na te procesy. Ścieżka ta nie wymaga synchronizacji w czasie rzeczywistym z procesami sterowania, dzięki czemu może być zrealizowana na bazie standardowych, przedstawionych w poprzednich punktach rozwiązań sieci TCP/IP, w tym także z wykorzystaniem dostępu poprzez globalną sieć Internet.

Druga ścieżka realizuje bezpośrednie oddziaływanie na obiekt i stosowane w niej rozwiązania transmisyjne muszą spełniać wymogi czasu rzeczywistego. Jednym z pierwszych rozwiązań stosowanych w tej ścieżce były prądowe lub napięciowe linie analogowe. Połączenie w postaci interfejsu analogowego na poziomie oddziaływania na obiekt ma swoje zalety, wśród których jedną z ważniejszych stanowi pełny determinizm czasowy. Każdy sygnał sterujący przesyłany jest w osobnym fizycznym łączy, które pozostaje w pełnej dyspozycji funkcji realizowanej przez ten sygnał. Dzięki temu sygnały sterujące mają zagwarantowany dostęp do łącza bez potrzeby oczekiwania na przydzielenie zasobów transmisyjnych. Zapewnia to minimalny czas

opóźnienia reakcji układu sterowania i związaną z tym możliwość zastosowania takich rozwiązań do obiektów o małych stałych czasowych (znaczenie poniżej 1 s). Wadą natomiast są wysokie koszty okablowania (duża liczba przewodów) oraz konieczność stosowania wielu pośrednich przetworników C/A i A/C.

Wraz z powszechną cyfryzacją wielu urządzeń i łączy przesyłowych, proces ten nie ominął także systemów automatyki i sterowania, gdzie tradycyjne interfejsy analogowe (np. pętle prądowe 4–20 mA lub napięciowe 0–10 V) zaczęły być zastępowane dedykowanymi rozwiązaniami sieci przemysłowych, takimi jak PROFIBUS i LonWorks. W części transmisyjnej systemy te zazwyczaj odpowiadają funkcjonalnie warstwom 1. i 2. modelu OSI, stosując własny format ramki, sposób adresacji oraz deterministyczne metody sterowania dostępem do współdzielonego medium, bazujące na ogólnych zasadach typu *master/slave* lub zmodyfikowanych technikach CSMA. Niektóre standardy sieci przemysłowych (np. MODBUS) mogą korzystać także ze standardowych warstw fizycznych, takich jak RS-232C lub Ethernet. Standardy te często zapewniają też określone funkcje warstwy aplikacyjnej, takie jak przesył wartości przypisanych do zmiennych o określo-



Rys. 2. Warstwowa architektura protokołów w standardzie PROFINET

nej nazwie i typie. Z punktu widzenia technologii sieciowych dedykowane rozwiązania przemysłowe stanowią osobne segmenty transmisyjne przesyłające komunikaty własnych warstw aplikacyjnych. W celu umożliwienia przesyłu tych komunikatów przez sieci TCP/IP, muszą więc być opracowane odpowiednie standardy enkapsulacji jednostek danych tych protokołów w segmentach TCP lub datagramach UDP. Funkcję tę realizują odpowiednie specjalizowane bramy.

Należy jednak zauważyć, że przesył komunikatów protokołu takiego jak PROFIBUS lub MODBUS w sieci TCP/IP zazwyczaj spowoduje utratę deterministyczności transmisji i tryb ten nie będzie mógł być wykorzystany do sterowania w czasie rzeczywistym. Prowadzone eksperymenty wykazały możliwość wykorzystania sieci TCP/IP do przekazywania komunikatów związanych z bezpośrednim oddziaływaniem na obiekt, ale w praktyce takie rozwiązania mogą być stosowane jedynie w przypadku wolnych obiektów (stałe czasowe powyżej 1 s), a w przypadku transmisji przez sieci publiczne (Internet), zazwyczaj tylko dla obiektów o stałych czasowych powyżej 20 s [3]. Dlatego opracowane zostały technologie

pozwalające na współdzielenie w lokalnej sieci Ethernet transmisji przemysłowych protokołów sterowania z zachowaniem wymogów czasu rzeczywistego oraz innego ruchu TCP/IP. Przykładem takiej technologii jest standard PROFINET [4], który definiuje trzy tryby transmisji realizowanej w sieci Ethernet (rys. 2.).

Najmniej wymagający tryb, to transmisja z wykorzystaniem protokołów TCP/IP. Tryb ten używany jest m.in. do transmisji danych pomiędzy kontrolerami, serwerami, panelami operatorskimi HMI oraz aplikacjami klienckimi (np. WWW, FTP, e-mail) uruchamianymi na komputerach PC podłączonych do sieci przemysłowej. Opóźnienie transmisji w tym trybie może być rzędu nawet ponad 100 ms. Dla aplikacji czasu rzeczywistego z maksymalnym opóźnieniem rzędu 10 ms przewidziany został tryb RT (*Real Time*). Dane przesyłane są tu z pominięciem enkapsulacji w protokołach TCP/IP, bezpośrednio w ramach Ethernet oznaczonych odpowiednim znacznikiem priorytetu (zgodnie ze standardem IEEE 802.1Q). Dla najbardziej wymagających aplikacji przemysłowych (np. komunikacja pomiędzy sterownikami, czujni-

kami i elementami wykonawczymi) przeznaczony jest tryb izochroniczny IRT (*Isochronous Real Time*), w którym transmisja odbywa się w warstwie sprzętowej z najwyższym priorytetem, poprzez osobne układy. Pozwala to na osiągnięcie szybkości cyklicznych reakcji (odświeżania) rzędu 1 ms z dokładnością do 1 μs. W sieciach PROFINET wykorzystuje się specjalne przemysłowe przełączniki, które w odróżnieniu od klasycznych przełączników Ethernet potrafią prawidłowo rozpoznawać i priorytetyzować ruch typu RT/IRT.

podsumowanie

W artykule przedstawiona została architektura protokołów stosowanych w sieciach TCP/IP oraz przegląd praktycznych metod wykorzystania tych sieci w systemach automatyki i sterowania. W omawianych zastosowaniach technologia sieci TCP/IP szczególnie dobrze nadaje się do realizacji połączeń do stacji kontrolno-nadzorczych (np. w systemach SCADA). W takim przypadku zazwyczaj nie ma potrzeby spełniania wymogów transmisji w czasie rzeczywistym z gwarantowanym czasem opóźnienia i wykorzystanie do tego celu

istniejących sieci TCP/IP (w tym sieci rozległych) pozwala na eliminację kosztów związanych z zestawianiem dedykowanych połączeń. Przy wykorzystaniu szerokich możliwości zabezpieczania dostępu stosowanych w sieciach TCP/IP (np. systemy firewall, protokoły bezpiecznego uwierzytelniania użytkowników, technologie VPN) możliwe jest także wykorzystanie publicznej sieci Internet do celów komunikacji ze stacjami kontrolno-nadzorczymi.

Nieco inaczej wygląda sytuacja w przypadku bloków systemów automatyki i sterowania realizujących bezpośrednio oddziaływanie na obiekt. Tutaj zazwyczaj wymagane jest spełnienie ścisłych warunków czasu rzeczywistego i bezpośrednie wykorzystanie technologii sieci TCP/IP byłoby ewentualnie możliwe tylko w przypadkach obiektów o stosunkowo dużych stałych czasowych (co najmniej 1 s). Dlatego opracowane zostały rozwiązania hybrydowe, takie jak technologia PROFINET, która poprzez zastosowanie w klasycznej sieci Ethernet dodatkowych układów priorytetyzacji ruchu czasu rzeczywistego pozwala na wspólne wykorzystanie sieci Ethernet do aplikacji TCP/IP (w tym także dostępu przez Internet) oraz do lokalnego sterowania procesami przemysłowymi wymagającymi spełnienia wymagań czasu rzeczywistego.

literatura

1. K. Krysiak, Sieci komputerowe. Kompendium, Helion, Gliwice 2005.
2. W. R. Stevens, Biblia TCP/IP, t. 1., Wydawnictwo RM, Warszawa 1998.
3. M. Metzger, P. Plesowicz, *Experimental Evaluation of TCP/IP-based Control Systems. Proceedings of the 10th IEEE International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics*, Międzyzdroje 2004, s. 1165–1170.
4. <http://www.profibus.org.pl>
5. Dokumenty RFC: <http://rfc-editor.org>

UŁATWIA PAŃSTWA PRACĘ.



Dräger REGARD® 7000 to modułowy system o dużych możliwościach rozbudowy, przeznaczony do monitorowania i analizowania różnego rodzaju gazów i par. Przeznaczony do stosowania z systemami ostrzegania przed gazami, o różnym stopniu złożoności i różnej liczbie przetworników, Dräger REGARD® 7000 odznacza się wysoką niezawodnością i wydajnością.

- ✓ W pełni kompatybilny z poprzednimi wersjami systemów REGARD®
- ✓ Bezpieczne użytkowanie i zminimalizowanie fałszywych alarmów
- ✓ Szybsza i bezpieczniejsza konfiguracja kanałów
- ✓ Automatyczne dokumentowanie

Dräger Safety Polska Sp. z o.o.
ul. Uniwersytecka 18
40-007 Katowice
Tel. 32 388 76 64
Fax 32 601 26 24
www.draeger.com

Dräger. Technika dla Życia.

PLCnext Technology w obliczu rozwoju IoT i przemysłu 4.0

mgr inż. Konrad Sobczyk – młodszy specjalista ds. szkoleń i wsparcia technicznego,
mgr inż. Adam Kralewski – lider zespołu szkoleń i wsparcia technicznego Phoenix Contact

Internet rzeczy (internet of things – IIoT), w ostatnich latach szturmem zdobywa rynek rozwiązań IT i odnawiany jest przez wszystkie przypadki.

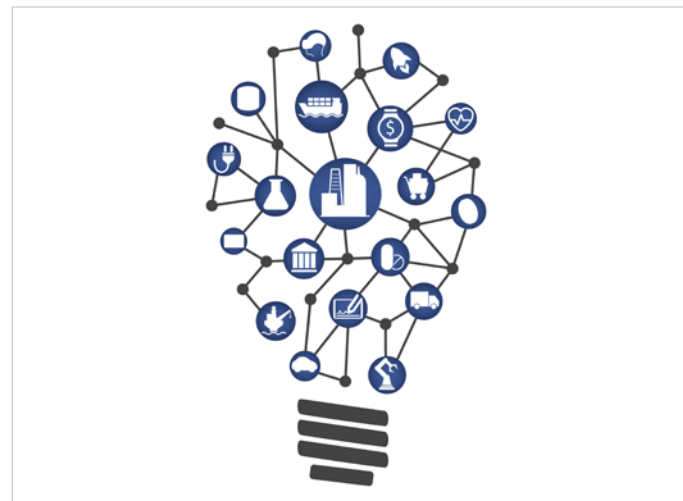
Eksperti nowych technologii wieszczą rychłą rewolucję, która ma okazać się epokowym skokiem technologicznym. Trzecia fala internetu, jak przyjęło się mówić o IIoT, postrzegana jest jako rozwój nowych zaawansowanych usług dla społeczeństwa informacyjnego. W następstwie integracji dwóch odmiennych światów, fizycznego i wirtualnego, przedmioty codziennego użytku nabierają nowych cech dzięki cyfrowej „jaźni”. Inteligentne urządzenia podłączone do internetu samodzielnie zbierają, przetwarzają, archiwizują oraz wzajemnie wymieniają się danymi, bez udziału w tym procesie zewnętrznego czynnika, jakim jest człowiek.

geneza oraz kierunki rozwoju IIoT

„Musimy dać komputerom możliwość zbierania informacji, żeby mogły same widzieć, słyszeć i czuć świat. RFID i technologie sensorowe umożliwiają komputerom obserwowanie, identyfikowanie i rozumienie

świata – bez ograniczeń związanych z wprowadzeniem danych przez człowieka” [1].

Podwaliny pod koncepcję Internetu rzeczy położył Kevin Ashton, współtwórca globalnego standardu komunikacji bezprzewodowej RFID, który podczas jednej z prezentacji w 1999 roku wygłosił powyższy pogląd. W dobie postępującej miniaturyzacji oraz znacznej dynamiki trendu w zakresie rozwiązań softwerowych, otaczające nas przedmioty wyposażają się w mikrokontrolery. Dzięki połączeniu z siecią i możliwości analizy danych w obszarze chmury obliczeniowej, nabywają one zdolności do samouczenia i samopoznawania otaczającego świata, za pośrednictwem wbudowanych inteligentnych sensorów. Internet rzeczy poza niezależnie aspektem technologicznym ma szansę wywrzeć ogromny wpływ na relacje społeczne wchodząc w zaawansowaną interakcję z użytkownikiem. Przykładowo, sprzęt AGD może stać się naszym sprzymierzeńcem w codziennych obowiązkach,



podpowie, jakie potrawy można przygotować z zakupionych produktów, sprawdzi ich przydatność do spożycia lub złożyć za nas zamówienie online. Swobodny przepływ informacji pomiędzy urządzeniami IIoT tworzy nowe źródła wiedzy na temat indywidualnych preferencji konsumentów. Co może przelożyć się na:

- wprowadzenie do oferty nowych usług, czy poprawy już istniejących,
- customizowanie oferty, produktu lub usługi (w procesie tym uwzględnione są czynniki dotyczące wieku, płci, miejsca zamieszkania, aktywności, upodobań, zainteresowań itp.).

W przypadku komunikacji w obszarze rozwiązań IIoT zakłada się ciągły wzrost ich autonomiczności w zakresie wymiany danych oraz algorytmów obliczeniowych, które realizowane mają być bez wiedzy i udziału człowieka. Tego typu mechanizm, rozumiany jako komunikacja Machine to Machine (M2M), znana jest w przemyśle jako transmisja w sie-

ciach poziomu obiektowego (sensor-aktor) [2].

Koncepcja IIoT zakłada, wykorzystanie tego właśnie mechanizmu, jako podstawowego elementu wymiany ciągłej wymiany danych oraz interakcji pomiędzy modułami w rozproszonej strukturze sieci Ethernet, w celu samokonfiguracji połączenia, identyfikacji istniejących oraz nowych podłączonych obiektów.

IIoT brakującym ogniwem rewolucji przemysłu 4.0

Przemysłowy internet rzeczy (ang. Industrial Internet of Things – IIoT), to zbiór technologii obejmujących między innymi mechanizmy kontroli i sterowania w obszarze chmury obliczeniowej, umożliwiające zaawansowane funkcje predykcji i analizy zdarzeń, usługi trackingu oraz geolokalizacji.

Wszystko to składa się na strukturę, którą możemy nazwać mianem

Inteligentnej jednostki wytwórczej, gdzie wszystkie inteligentne elementy składowe spina przemysłowa sieć Ethernet.

Zagwarantowanie odpornej na zakłócenia komunikacji wymusza monitorowanie parametrów sieci oraz śledzenia potencjalnych źródeł zagrożeń w czasie rzeczywistym. Niewydolna łączność może nieść zagrożenie dla łańcucha dostaw, procesu produkcyjnego, a tym samym dla całej jednostki wytwórczej. IIoT stanowi najważniejsze z ogniw w procesie rozwoju Przemysłu 4.0.

nowa era automatyki

Wychodząc naprzeciw opisanym wcześniej trendom prowadzącym do Industry 4.0 oraz IIoT Phoenix Contact prezentuje zupełnie nowe podejście do automatyzacji – platformę programistyczną PLCnext Technology, serwis chmurowy PROFICLOUD oraz oprogramowanie narzędziowe PC WORX Engineer. Są to trzy elementy, które pozwolą stworzyć aplikację opartą na otwartych standardach automatyzacji i komunikacji, którą w razie potrzeb w prosty sposób będzie można zaadaptować do zmieniających się warunków pracy jednocześnie zapewniając maksymalny poziom cyberbezpieczeństwa.

PLCnext Technology

Coraz częściej aplikacje pracujące w zakładach przemysłowych muszą zajmować się nie tylko nadzorowaniem i sterowaniem procesem produkcyjnym, ale również komunikacją z wieloma różnymi zewnętrznymi systemami. Takie systemy często nie wywodzą się ze świata automatyki przemysłowej tylko z typowych technologii świata IT i skomunikowanie z nimi sterowników PLC często wymaga dużej ilości pracy inżynierskiej. Z pomocą w łączeniu w sobie tych dwóch odrębnych podejść przychodzi PLCnext Technology.

Podstawowym elementem tej platformy jest unikatowa kombina-

cja zalet tradycyjnych metod programowania sterowników PLC oraz wartości i elastyczności oferowanej przez inteligentne urządzenia i wysokopoziomowe języki programowania. Dzięki wspomnianemu połączeniu możliwa jest jednoczesna i równoległa praca nad projektem prowadzona przez niezależne grupy programistów specjalizujących się w różnych dziedzinach. W ramach jednej aplikacji przeznaczonej na sterownik PLCnext Technology mogą działać równocześnie moduły napisane w wysokopoziomowych językach programowania takich jak C++ czy C#, komponenty open-source, obiekty i modele MATLAB Simulink oraz tradycyjne dla automatyki przemysłowej programy napisane w językach zdefiniowanych w normie IEC 61131-3 takich jak LD, ST lub FBD. Wszystkie elementy projektu mogą wymieniać między sobą dane i na każdym etapie współpracować ze sobą. Jednak najważniejszą cechą aplikacji powstałej w oparciu o PLCnext Technology jest zachowanie podstawowej zasady rządzącej w świecie automatyki oraz układów sterowania – zasady determinizmu czasowego.

synchronizacja danych i zachowanie czasu rzeczywistego

W odróżnieniu od konkurencyjnych rozwiązań PLCnext Technology jako pierwsza na rynku umożliwia jednoczesne wykorzystanie w jednej aplikacji języków IEC 61131-3, języków wysokopoziomowych oraz komponentów Matlab Simulink z gwarancją wykonania się całego programu w czasie rzeczywistym. Dzieje się tak dzięki opatentowanej metodzie obsługi zadań i wymiany danych.

Technologia Execution and Synchronization Manager (ESM) zajmuje się takim rozplanowaniem zadań, aby moduły napisane w różnych językach wykonywały się w ramach zdefiniowanej sekwencji czasu. Natomiast technologia Global Data Space (GDS) zapewnia spójność danych

wymienianych pomiędzy poszczególnymi komponentami w ramach cyklu działania programu. Gwarantuje to, że bez żadnych dodatkowych wymagań nakładanych na programistę zapewnione jest zachowanie determinizmu czasowego. Dodatkowo wszystkie zdefiniowane zadania mogą być wykonywane według zaprogramowanej sekwencji lub priorytetu, tak aby spełnić zakładane dla aplikacji właściwości.

wygoda programowania przy użyciu znanych narzędzi

W PLCnext Technology nie istnieją żadne ograniczenia odnośnie narzędzi wykorzystywanych do tworzenia elementów programów w językach wysokopoziomowych. Programista może używać swojego ulubionego języka i znanych sobie środowisk deweloperskich lub oprogramowania open-source.

Może to być na przykład Microsoft Visual Studio, eclipse czy MATLAB. Po przygotowaniu programu lub modułu wystarczy go skomplikować do formy akceptowanej przez PLCnext Technology i zaimportować do PC WORX Engineer.

otwarta platforma – Linux czasu rzeczywistego

Sterowniki wspierające PLCnext Technology działają w oparciu o specjalną wersję systemu operacyjnego Linux zmodyfikowaną tak, aby wspie-

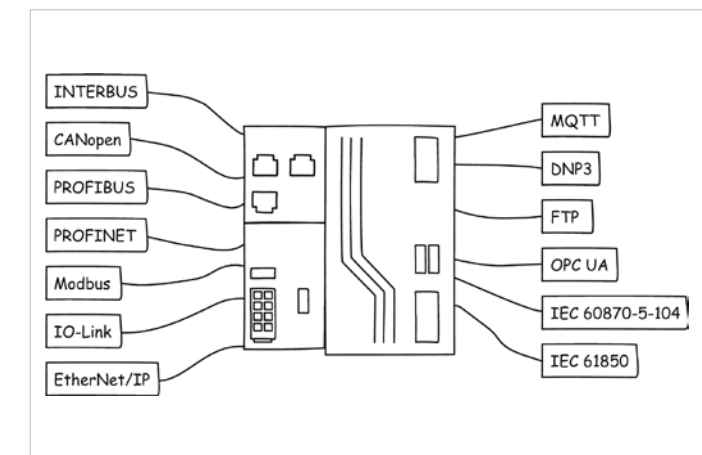
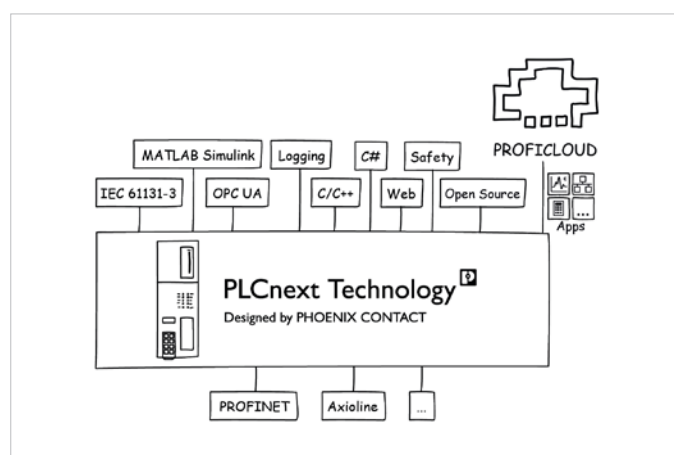
rała wykonywanie zadań w czasie rzeczywistym nie nakładając żadnych ograniczeń na podstawową zaletę Linuksa – otwartość systemu.

W aplikacji sterującej można wykorzystywać dowolne i powszechnie dostępne programy i serwisy działające na Linuksie. Uzyskane w ten sposób dane dzięki GDS mogą być bezpośrednio wykorzystywane przez pozostałe komponenty aplikacji.

Linux na sterowniku PLCnext Technology nie jest w żaden sposób ograniczony funkcjonalnie. W razie potrzeby można na nim zainstalować również elementy, których działanie nie jest krytyczne czasowo z punktu widzenia aplikacji, a które mogą w jakiś sposób wspomóc działanie całego tworzonego projektu. Przykładem takich aplikacji mogą być frameworki takie jak Java lub .NET, w których można uruchamiać dodatkowe programy.

różnorodność metod komunikacji

W obliczu Industry 4.0 nawet najbardziej wyrafinowane metody programowania mogą być bezużyteczne jeśli aplikacja nie będzie potrafiła sprawnie komunikować się z systemami nadrzędnymi, bazami danych, wyspecjalizowanymi serwisami internetowymi czy innymi sterownikami PLC i rozproszonymi urządzeniami I/O. Aby zapewnić kompatybilność rozwiązań na najwyższym poziomie PLCnext Technology wspiera większość współczesnych protoko-



łów i technologii komunikacyjnych. Spośród typowo przemysłowych są to między innymi PROFINET, CANopen i Modbus, a ze świata inteligentnych urządzeń – OPC UA oraz MQTT.

bezpieczeństwo aplikacji i danych

Rozwój aplikacji Industry 4.0, które powszechnie komunikują się między sobą za pomocą Internetu i bezprzewodowych metod transmisji powoduje, że jednym z najważniejszych aspektów staje się bezpieczeństwo przetwarzanych danych oraz bezpieczeństwo całych aplikacji i systemów. Aktualne raporty dotyczące cyberbezpieczeństwa wykazują, że w ciągu ostatnich 12 miesięcy ponad połowa badanych firm przemysłowych odnotowała incydenty związane z zagrożeniem bezpieczeństwa [3]. Aby zapewnić najwyższe standardy PLCnext Technology od podstaw jest przygotowywana z myślą o maksymalnej zgodności z normą IEC 62443 zawierającą najważniejsze zalecenia dla cyberbezpieczeństwa w instalacjach przemysłowych.

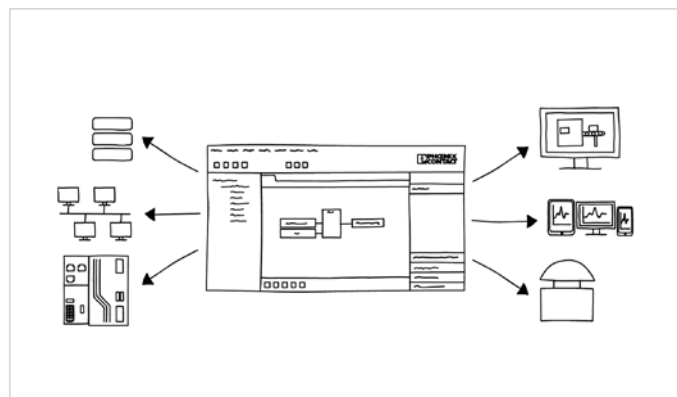
zapewnienie bezpieczeństwa funkcjonalnego maszyn i instalacji

Oprócz kwestii cyberbezpieczeństwa PLCnext Technology wspiera również systemy bezpieczeństwa funkcjonalnego. W ramach jednej aplikacji tworzonej przy pomocy jednego narzędzia może być wykonywany standardowy program sterujący oraz niezależny program dotyczący układów safety. Jest to możliwe dzięki temu, że oprócz wielordzeniowego procesora przeznaczonego do obsługi typowych programów PLC sterowniki PLCnext Technology mogą być wyposażone w dodatkowe dwa redundantne procesory przeznaczone wyłącznie do zadań safety. Aby zapewnić najwyższy poziom niezawodności i zminimalizować ryzyko awarii oba pro-

cesory safety pochodzą od różnych producentów.

PROFICLOUD

Usługa chmury PROFICLOUD powstała jako uzupełnienie PLCnext Technology, ale również jako osobny produkt, którego mogą używać programiści wykorzystujący wyłącznie tradycyjne sterowniki PLC. Z pomocą PROFICLOUD możliwe jest tworzenie rozległych struktur sterowania, które nie muszą być fizycznie połączone do jednej przemysłowej sieci komunikacyjnej. Wystarczy, że w takich sieciach znajdują się urządzenia będące bramkami z dostępem do Interne-



tu, a PROFICLOUD zapewni wymianę danych pomiędzy takimi segmentami z zachowaniem najwyższych standardów bezpieczeństwa i szyfrowania przesyłanych danych.

Poza ułatwieniem komunikacji PROFICLOUD oferuje szereg serwisów udostępniających różnego rodzaju dane i usługi możliwe do wykorzystania przez sterowniki PLC czy systemy nadrzędne. Liczba serwisów jest ciągle zwiększana i obejmuje między innymi dashboardsy zapewniające wizualizację danych, chmurę obliczeniową zgodną z notacją MATLAB, dane o aktualnych warunkach pogodowych w dowolnej lokalizacji. Poza tym dostępne jest API pozwalające na tworzenie własnych komponentów do umieszczenia w PROFICLOUD, które będą przetwarzały dane zgodnie z wyspecjalizowanymi potrzebami.

PLCnext Technology ułatwia korzystanie z zalet PROFICLOUD, ponieważ wszystkie opisane funkcje są dostępne za pomocą kilku kliknięć podczas programowania sterownika i nie wymagają dodatkowych urządzeń ani dodatkowego oprogramowania.

PC WORX Engineer

Wraz z PLCnext Technology Phoenix Contact wprowadza nowe środowisko programowania sterowników. PC WORX Engineer to zintegrowany pakiet umożliwiający tworzenie w ramach jednego projektu programów sterujących i wizualizacji oraz konfigurację i diagnostykę wszystkich

PLC oferowanych przez Phoenix Contact.

Jedyną stałą jest zmienna

Nieustające zmiany w świecie produkcji znalazły wyraz w trzech pierwszych rewolucjach przemysłowych. Obecnie stoimy w obliczu cyfrowej ewolucji zmierzającej ku inteligentnej produkcji. Industrie 4.0 determinuje odmienne podejście do optymalizacji kompleksowych procesów produkcyjnych z zastosowaniem nowych technologii. Produkcja przemysłowa i IT łączą się ze sobą w sposób coraz bardziej nierozrwalny. Na tej podstawie dynamicznie rozwija się Internet Rzeczy (Internet of Things, IoT), gdzie identyfikowane jednoznacznie elementy, produkty i urządzenia fizyczne mają swą postać wirtualną. W świecie gdzie scaleniu podlegają wszystkie elementy przemysłu. Ludzie, maszyny i produkty wchodzą ze sobą w interakcję.

Więcej na
www.phoenixcontact.pl/plcext

literatura

1. https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/trends/iot/introduction_to_IoT_november.pdf
2. <https://iot-analytics.com/internet-of-things-definition/>
3. <https://go.kaspersky.com/rs/802-IJN-240/images/ICS%20WHITE%20PAPER.pdf>

reklama

PHOENIX CONTACT
INSPIRING INNOVATIONS

Phoenix Contact
51-317 Wrocław
ul. Bierutowska 57-59
Budynek nr 3/A
tel. 71 398 04 10
faks 71 398 04 99
www.phoenixcontact.pl

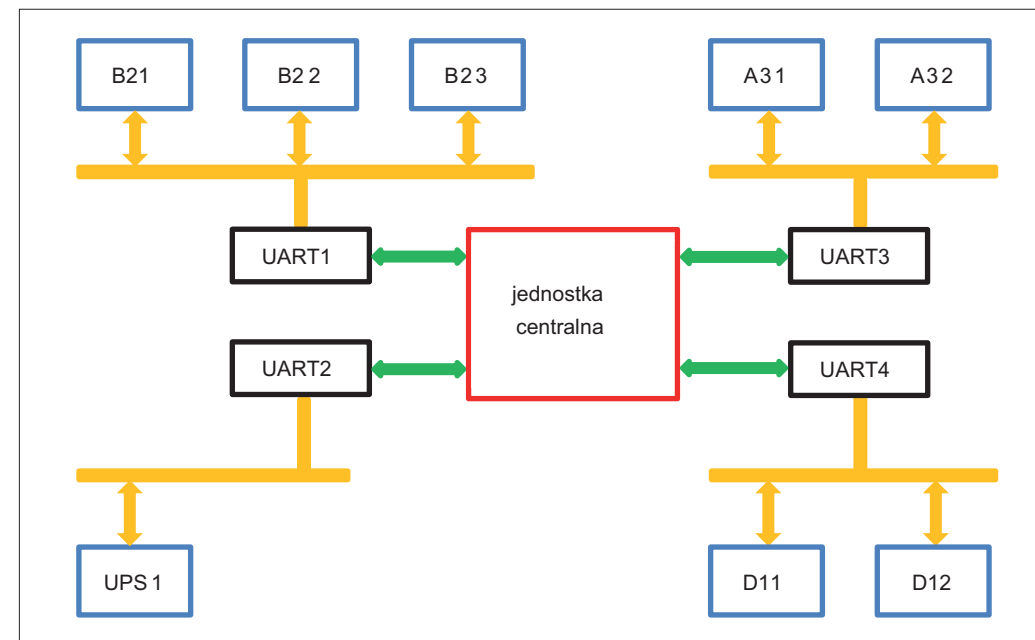
mechanizmy automatycznej identyfikacji, konfiguracji i wymiany danych

z modułami wewnętrznymi inteligentnego urządzenia kontrolno-pomiarowego

mgr inż. Andrzej Gacek, mgr inż. Karol Makowiecki, mgr inż. Piotr Prystupik, mgr inż. Grzegorz Wojtaś
– Instytut Tele- i Radiotechniczny

Zapotrzebowanie na inteligentne systemy kontrolno-pomiarowe spowodowało, że urządzeniom elektronicznym stosowanym w takich systemach zaczęto stawiać nowe wymagania i oczekiwania związane z ich funkcjonalnością. Obecnie stosowane rozwiązania programowe oparte są na mniej lub bardziej złożonych systemach wbudowanych własnego opracowania i implementacji. Systemy takie ograniczają się zwykle do prostej funkcjonalności związanej z zasobami platformy sprzętowej.

Ciągły rozwój techniki mikroprocesorowej sprawił, że znacznie wzrosły możliwości implementacji dodatkowych funkcjonalności związanych zarówno z podstawowym przeznaczeniem takich urządzeń, jak też, a może przede wszystkim, z możliwością elastycznej rozbudowy, automatycznej konfiguracji i współpracy z systemami zewnętrznymi. Platformy takie pozwalają na zastosowanie systemów operacyjnych takich jak np. Linux, skonfigurowanych pod konkretny sprzęt. Wykorzystanie takich systemów odciąża projektanta urządzenia od wykonania dużego nakładu pracy związanej z implementacją niskopoziomowego dostępu do zasobów sprzętowych, jak też implementacją funkcjonalności komunikacyjnej pozwalającej na wymianę danych z innymi użytkownikami systemu czy



Rys. 1. Schemat ideowy komunikacji międzymodułowej w urządzeniu kontrolno-pomiarowym

też zewnętrznymi systemami informacyjnymi.

system scentralizowany czy rozproszony

Jedno z podstawowych pytań, na które należy sobie odpowiedzieć przystępując do opracowania tego typu urządzenia, dotyczy określenia zakresu funkcjonalnego poszczególnych modułów wewnętrznych. Do wyboru mamy dwa podstawowe typy systemu: scentralizowany i rozpro-

szony. W systemie scentralizowanym cała funkcjonalność urządzenia skupiona jest w jednostce centralnej, co pociąga za sobą konieczność wyposażenia takiej jednostki w odpowiednią moc obliczeniową, natomiast moduły wewnętrzne spełniają tylko funkcje pozyskiwania danych zewnętrznych i ewentualnie wystawiania sygnałów na zewnątrz urządzenia. Komunikacja pomiędzy jednostką centralną a modułami wewnętrznymi w tego typu rozwiązaniach wykorzystuje niskopoziomowe interfejsy komunika-

cyjne typu I2C, SPI, UART czy DMA, zwykle skonfigurowane na stałe. Drugim rozwiązaniem jest system rozproszony, gdzie funkcjonalność urządzenia rozłożona jest pomiędzy wszystkie moduły wewnętrzne, natomiast jednostka centralna odpowiedzialna jest za przekazywanie danych pomiędzy modułami wewnętrznymi oraz wykonuje pewną część algorytmów na podstawie danych uzyskanych z poszczególnych modułów wewnętrznych. Jednostka centralna pełni funkcję koncentratora danych oraz



Fot. 1. Praktyczne wdrożenie urządzenia kontrolno-pomiarowego o architekturze opartej na modelu rozproszonym

odpowiada za komunikację urządzenia z zewnętrznymi systemami informatycznymi za pomocą protokołów wyższego poziomu. Oczywiście każde rozwiązanie ma swoje ograniczenia i stopień spełnienia wymagań zarówno funkcjonalnych, jak i technicznych. W dalszej części artykułu zostanie opisana koncepcja identyfikacji i konfiguracji jednostki centralnej i modułów wewnętrznych w systemie rozproszonym.

identyfikacja modułów

Koncepcja elektronicznego urządzenia kontrolno-pomiarowego złożonego z wewnętrznych modułów sprzętowo-programowych oparta została na modelu systemu rozproszonego [3]. Dostęp do poszczególnych modułów jest zapewniony na dwa sposoby: bezpośredni i pośredni za pomocą jednostki centralnej. Pociąga to za sobą opracowanie zarówno identyfikatorów każdego modułu, jak i samego mechanizmu identyfikacji. Urządzenie jako całość – dla systemów zewnętrznych – widoczne jest poprzez jednostkę centralną (JC). Taka konfiguracja powoduje, że komunikacja użytkowników zewnętrznych z tą jednostką odbywa się w sposób bezpośredni, natomiast z poszczególnymi modułami w sposób pośredni. Każdy z modułów wewnętrznych urządzenia charakteryzuje się określoną

funkcjonalnością i funkcjonalność ta stanowi kryterium określenia dla niego identyfikatora.

Przyjęto następujące identyfikatory dla poszczególnych grup urządzeń:

- A – moduły pomiarowe prądu w wielu odpływach niskiego napięcia za pomocą przekładników prądowych,
- B – moduły obsługujące wejścia i wyjścia dwustanowe,
- C – jednostka centralna,
- D – moduły pomiarowe prądów i napięć oraz wejść i wyjść dwustanowych,
- UPS – urządzenie niebędące formalnie modulem wewnętrznym urządzenia głównego.

Dla każdej grupy urządzeń w skład identyfikatora wchodzi także numer, będący jednocześnie adresem, wykorzystywanym do identyfikacji urządzenia za pomocą protokołu komunikacyjnego. Adres ten nie musi być jednoznaczny w obrębie całego systemu, ponieważ założono, że każda grupa urządzeń będzie realizować komunikację z jednostką centralną na oddzielnym interfejsie komunikacyjnym typu UART. Jedynym ograniczeniem związanym z adresem urządzenia jest możliwość wystąpienia tylko jednego rodzaju modułu wewnętrznego w obrębie jednego interfejsu komunikacyjnego, a więc też i w obrębie całego urządzenia, przy czym przy zastosowaniu odrębnego interfejsu komunikacyjnego ostatnie założenie nie musi być spełnione.

konfiguracja urządzenia

Każdy moduł wewnętrzny urządzenia ma określoną konfigurację, związaną z jego funkcjonalnością i zasobami sprzętowymi. Statycznym odzwierciedleniem takiej konfiguracji są pliki konfiguracyjne zapisane w formacie XML. Jednostka centralna zawiera pliki konfiguracyjne wszystkich możliwych do podłączenia modułów wewnętrznych. Konfiguracja obejmuje dane dotyczące realizowanych pomiarów, wartości dwustanowe wejść, wyjść

oraz diod LED, a także dodatkowe nastawy konfiguracyjne dla danego modułu wewnętrznego. Oprócz plików konfiguracyjnych modułów wewnętrznych, jednostka centralna zawiera rejestry danych, które dotyczą konfiguracji urządzenia jako całości, np. nastawy do algorytmów, konfiguracja interfejsów komunikacyjnych [1]. Podczas uruchomienia urządzenia, na potrzeby komunikacji międzyprocesowej IPC zostaje przydzielony obszar pamięci współdzielonej. W kolejnym kroku pamięć ta zostaje zainicjowana strukturami danych na podstawie plików konfiguracyjnych odpowiadających jednostce centralnej i wszystkich modułów wewnętrznych, z którymi jednostka się komunikuje. Mechanizm automatycznej konfiguracji polega na wykonaniu przez jednostkę centralną algorytmu wykrywającego poszczególne moduły wewnętrzne przyłączone do określonego interfejsu komunikacyjnego. Struktura pamięci współdzielonej tworzona jest w określonej kolejności i w całości tworzy strukturę rejestrów danych dla całego urządzenia widocznego dla systemów/użytkowników zewnętrznych. Kolejny etap polega na uruchomieniu na każdym interfejsie komunikacyjnym modułów komunikacyjnych odpowiadających za cykliczną transmisję danych.

Urządzenie ma możliwość automatycznej rekonfiguracji pamięci współdzielonej zawierającej strukturę danych poszczególnych modułów wewnętrznych w trakcie działania systemu. Sytuacja taka może wystąpić w momencie przyłączenia lub odłączenia modułu wewnętrznego lub też na żądanie systemu/użytkownika zewnętrznego. Mechanizm ten daje możliwość akwizycji danych od dodatkowych modułów wewnętrznych, bez konieczności wyłączenia urządzenia. Także wymiana jednego z modułów wewnętrznych odbywa się bez zakłócenia cyklicznej wymiany danych jednostki centralnej z pozostałymi modułami wewnętrznymi. Mechanizm automatycznej konfiguracji

oparty jest na istniejącym w jednostce centralnej schemacie konfiguracji każdego modułu wewnętrznego możliwego do przyłączenia do jednostki centralnej. Rozszerzeniem mechanizmu automatycznej konfiguracji jest możliwość zdalnej zmiany schematu konfiguracji dla każdego modułu wewnętrznego. Ma to zastosowanie w przypadku np. wymiany całego modułu wewnętrznego lub jego oprogramowania na nowszą wersję – w przypadku zmiany jego struktury danych. Mechanizm ten jest realizowany za pomocą oprogramowania serwisowego urządzenia. Zmiana konfiguracji struktury danych jednego modułu wewnętrznego pociąga za sobą konieczność rekonfiguracji schematu zawierającego strukturę danych dla całego urządzenia i wymaga restartu oprogramowania jednostki centralnej.

Praktyczne wdrożenie urządzenia kontrolno-pomiarowego o architekturze opartej na modelu rozproszonym zostało zaimplementowane w sterowniku modułowym i przedstawione na fotografii 1.

implementacja mechanizmu wymiany danych i automatycznej konfiguracji

Implementacja opisanego mechanizmu konfiguracji i wymiany danych pomiędzy jednostką centralną i poszczególnymi modułami wewnętrznymi polega na wykonaniu następujących modułów programowych:

- moduł typu master – zaimplementowany w jednostce centralnej, którego zadaniem jest zarządzanie komunikacją z poszczególnymi grupami modułów,
- moduł typu slave – zaimplementowany w każdym module wewnętrznym, którego zadaniem jest odpowiadanie na komunikaty otrzymywane od modułu master z jednostki centralnej,
- moduł inicjalizacji i konfiguracji pamięci współdzielonej – zaimplementowany w jednostce centralnej,

- moduł serwer TCP/IP – zaimplementowany w jednostce centralnej, odpowiedzialny za komunikację urządzenia z systemami zewnętrznymi za pomocą protokołu MODBUS TCP. Istotnym elementem całego systemu jest zastosowanie pamięci współdzielonej, w której przechowywane są wszystkie dane dotyczące urządzenia. Jest to statyczna część systemu, natomiast same mechanizmy zaimplementowane w modułach komunikacyjnych stanowią część dynamiczną systemu. Wymiana danych pomiędzy jednostkami dotyczy pomiarów, stanów, nastaw, konfiguracji i sterowania.

Moduł typu master w sposób cykliczny odpytuje dany moduł o poszczególne zasoby rejestrów, a uzyskane wartości zapisywane są w pamięci współdzielonej urządzenia. Po każdym pytaniu wysyłana jest ramka rozgłoszeniowa zawierająca wartości stanów, wyjść i LED-ów dla poszczególnych modułów. Ramka rozgłoszeniowa zawiera kolejno grupy

rejestrów stanu dla wszystkich podłączonych modułów, a każdy moduł wewnętrzny interpretuje odpowiedni fragment rejestrów ramki rozgłoszeniowej. Częste rozsyłanie komunikatu rozgłoszeniowego przyspiesza propagację sterowań i sygnalizacji w kierunku od jednostki centralnej do modułu wewnętrznego. Oprócz cyklicznej transmisji danych w obrębie urządzenia, zaimplementowano także wymianę danych na żądanie lub też zdarzeniowo. Komunikacja taka jest realizowana poza kolejnością cyklu transmisyjnego i omija wymianę danych poprzez pamięć współdzieloną. Za pomocą tego typu transmisji został zrealizowany mechanizm poleceń sterujących od użytkowników i systemów zewnętrznych [2].

podsumowanie

Przedstawiona koncepcja funkcjonowania mechanizmów wymiany danych w urządzeniu kontrolno-pomiarowym, którego architektura zosta-

ła oparta na modelu rozproszonym platformy sprzętowo-programowej, jest jednym z przykładów rozwiązań odpowiadających kierunkom rozwoju inteligentnych urządzeń z dziedziny elektroniki kontrolno-pomiarowej.

Kolejnym etapem rozwoju tego typu urządzeń mogłaby być wirtualizacja jednostki centralnej, jako niezależnego sprzętowo oprogramowania zaimplementowanego w przestrzeni wirtualnej. Natomiast obecne moduły wewnętrzne funkcjonowałyby jako niezależne sprzętowo, samodzielne inteligentne sensory o określonej funkcjonalności, których dane pozyskiwane z otoczenia mogłyby być transmitowane do więcej niż jednej jednostki centralnej. Oczywiście rozwiązania takie obarczone są pewnymi wymaganiami, którym należy spełnić, aby system taki pracował prawidłowo. Jednakże zastosowanie takiej strategii zarządzania funkcjonalnością urządzenia likwiduje pewne ograniczenia wynikające z rozwiązań sprzętowych.

literatura

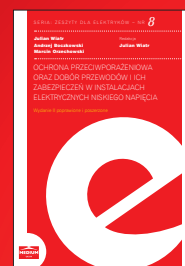
1. K. Makowiecki, Analiza systemu nastaw algorytmów w mikroprocesorowym urządzeniu kontrolno-sterującym, „Elektronika” 7/2011.
2. K. Makowiecki, System sterowania urządzeniem z wykorzystaniem protokołu Modbus RTU, „Wiadomości Elektrotechniczne” 11/2013.
3. K. Makowiecki, K. Broda, A. Kółtun, SEM – uniwersalny sterownik do sieci Smart Grid, „Urządzenia dla energetyki” 6/2015.

abstract

Mechanisms of automatic identification, configuration, and data exchange between internal modules of intelligent control and measurement device
In the paper the conception of measurement and control device for power industry with distributed architecture has been presented. The device consists of a central unit and internal modules with specified functionality. The authors concentrated on the problem of modules identification, data exchange and automatic configuration of the device depending on the number of internal modules connected to the central unit.

reklama

elektro info



Dostępna również jako EBOOK

OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA ORAZ DOBÓR PRZEWODÓW I ICH ZABEZPIECZEŃ W INSTALACJACH ELEKTRYCZNYCH NISKIEGO NAPIĘCIA – ZESZYTY DLA ELEKTRYKÓW – NR 8

~~90 zł~~ **75 zł**



Dostępna również jako EBOOK

PORADNIK PROJEKTANTA ELEKTRYKA, WYDANIE V

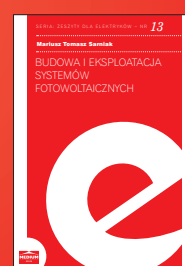
~~189 zł~~ **150 zł**



Dostępna również jako EBOOK

EGZAMIN KWALIFIKACYJNY GRUPA 1 URZĄDZENIA, INSTALACJE I SIECI ELEKTROENERGETYCZNE. KURS PRZYGOTOWAWCZY WYD. 9 UAKTUALNIONE. STAN PRAWNY – KWIECIEŃ 2017 R.

~~60 zł~~ **50 zł**



Dostępna również jako EBOOK

BUDOWA I EKSPLOATACJA SYSTEMÓW FOTOWOLTAICZNYCH – ZESZYTY DLA ELEKTRYKÓW – NR 13

~~47 zł~~ **35 zł**

Zamów na
ksiegarniatechniczna.com.pl

tel. 22 512 60 60
tel. kom. 606 253 160
eib@ksiegarniatechniczna.com.pl

ANIRO Sp. z o.o.

87-100 Toruń, ul. Chrobrego 64 (wjazd od ulicy Polnej)
tel. +48 56 657 63 63
aniro@aniro.pl
www.aniro.pl

ANIRO**Dräger Safety Polska Sp. z o.o.**

40-007 Katowice, ul. Uniwersytecka 18
tel. 32 388 76 64
faks 32 601 26 24
sprzedaz.safety.pl@draeger.com
www.draeger.com

Dräger**Elmark Automatyka Sp. z o.o.**

05-075 Warszawa Wesoła, ul. Niemcewicza 76
tel. 22 773 79 37, 22 778 99 25
faks 22 773 79 36
elmark@elmark.com.pl
www.elmark.com.pl

**ifm electronic Sp. z o.o.**

40-105 Katowice, ul. Węglowa 7
tel. 32 70 56 400
info.pl@ifm.com
www.ifm.com.pl

**Nowimex s.c.**

02-969 Warszawa, ul. Kremowa 65A
tel. 22 816 85 79
faks 22 816 85 34
info@nowimex.com.pl
www.nowimex.com.pl

NOWIMEX®

Tu może znaleźć się Twój wpis w Katalogu firm

Phoenix Contact

51-317 Wrocław, ul. Bierutowska 57-59
Budynek nr 3/A
tel. 71 398 04 10
faks 71 398 04 99
www.phoenixcontact.pl

**SICK Sp. z o.o.**

01-106 Warszawa, ul. Nakielska 3
tel. 22 539 41 00
faks 22 837 43 88
info@sick.pl
www.sick.pl

SICK
Sensor Intelligence.**P.P.H. WObit E.K.J. Ober s.c.**

62-045 Pniewy, Dęboryce 16
tel. 61 22 27 410
faks 61 22 27 439
wobit@wobit.com.pl
www.wobit.com.pl

**PLControl – Automatyka Przemysłowa**

20-337 Lublin, ul. Pogodna 34
tel. 533 30 69 62
info@plcontrol.pl
www.plcontrol.pl

**Redakcja elektro.info**

04-112 Warszawa, ul. Karczewska 18
tel. 22 810 65 61, faks 22 810 27 42
redakcja@elektro.info.pl
www.elektro.info.pl



Tu może znaleźć się Twój wpis w Katalogu firm

elektro
info