

prof. dr inż. TADEUSZ MISSALA

Przemysłowy Instytut Automatyki
i Pomiarów MERA-PIAP

Warszawa

ROBOT IRp-6/60 W ELASTYCZNYM SYSTEMIE PRODUKCYJNYM

W artykule przedstawiono koncepcję budowy układu sterowania robotów IRp. Omówiono zadania realizowane przez układ oraz sprzęt służący do ich wypełniania. Szczególną uwagę zwrócono na możliwość współpracy układu sterowania robota IRp w elastycznym systemie produkcyjnym.

1. Wstęp

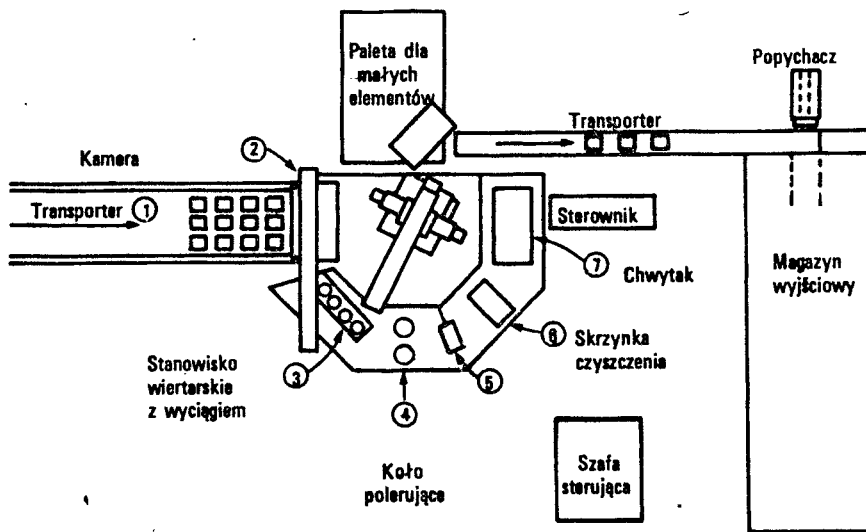
Automatyzacja wytwarzania w przemyśle maszynowym jest obecnie rozwiązywana przez stosowanie elastycznych systemów produkcyjnych, którymi mogą być gniazda obróbcze, linie obróbcze i montażowe, gniazda realizujące obróbkę cieplną, powierzchniową itp. lub nawet całe wydziały produkcyjne. Istotą elastycznych systemów produkcyjnych jest łatwość przechodzenia z wytwarzania jednych elementów do innych w ramach określonej grupy wytworów technologicznie podobnych, co umożliwia zwiększenie wydajności wytwarzania przy produkcji średnioseryjnej do poziomu dotychczas osiąganego jedynie przy produkcji masowej, a zatem i odpowiednie obniżenie kosztów.

Jednym z elementów elastycznych systemów produkcyjnych są gniazda zrobotyzowane, przykład takiego gniazda podano na rys. 1. Robot obsługujący stanowisko pobiera elementy obrabiane z transportera 1 lub palety: ruch transportera jest wymuszany taktami nadawanymi przez robot, który z kolei jest informowany przez kamerę o możliwości pobierania detali z transportera. Po pobraniu elementu do obróbki robot przemieszcza go kolejno przez stanowiska obróbcze 3-7; zakończenie każdej operacji jest sygnalizowane robotowi, który wtedy wykonuje kolejne przemieszczenie. Po zakończeniu ostatniej operacji obróbczej robot umieszcza gotowy element na transporterze wyjściowym, po czym podaje doń sygnał wykonania jednego taktu ruchu, a następnie pobiera kolejny detal z transportera 1.

2. Zadania układu sterowania robota

Jak wynika z podanego opisu, układ sterowania robota powinien realizować cztery grupy zadań:

- I) sterowanie częścią manipulacyjną robota,
- II) współpracę z bezpośrednim otoczeniem tj. z urządzeniami wchodzącymi w skład tego samego stanowiska technologicznego, stanowiącego stację ESP,
- III) przetwarzanie i magazynowanie informacji związanych z jego pracą,
- IV) komunikację z innymi stacjami ESP lub ze sterownikiem nadrzędnym, jeżeli w jednej stacji ESP pracuje kilka robotów; komunikację z innymi stacjami ESP realizuje wówczas sterownik nadrzędny.



Rys. 1. Stawisko zrobotyzowane

Zadanie wymienione w grupie I ma charakter specjalizowany, urządzenia sterujące są dopasowywane do konkretnej części manipulacyjnej, jej napędów i zastosowanych elementów sprzężenia zwrotnego, prędkościowego i położeniowego. Zadania wymienione w grupach II, III i IV mają charakter ogólny i mogą być zrealizowane przez urządzenia cyfrowego mikroprocesorowego systemu automatyki przemysłowej, co daje dużą skalę unifikacji przy produkcji urządzeń elektronicznych. Ten zestaw urządzeń wraz z zasilaczami, konstrukcjami nośnymi (szafa, kasety itp.) oraz sygnalizacyjnymi (przekroczenie temperatury, sygnalizacja pożaru itp.) stanowią „zestaw bazowy układów sterowania”, który może być wspólny dla dużej klasy układów sterowania robotów przemysłowych.

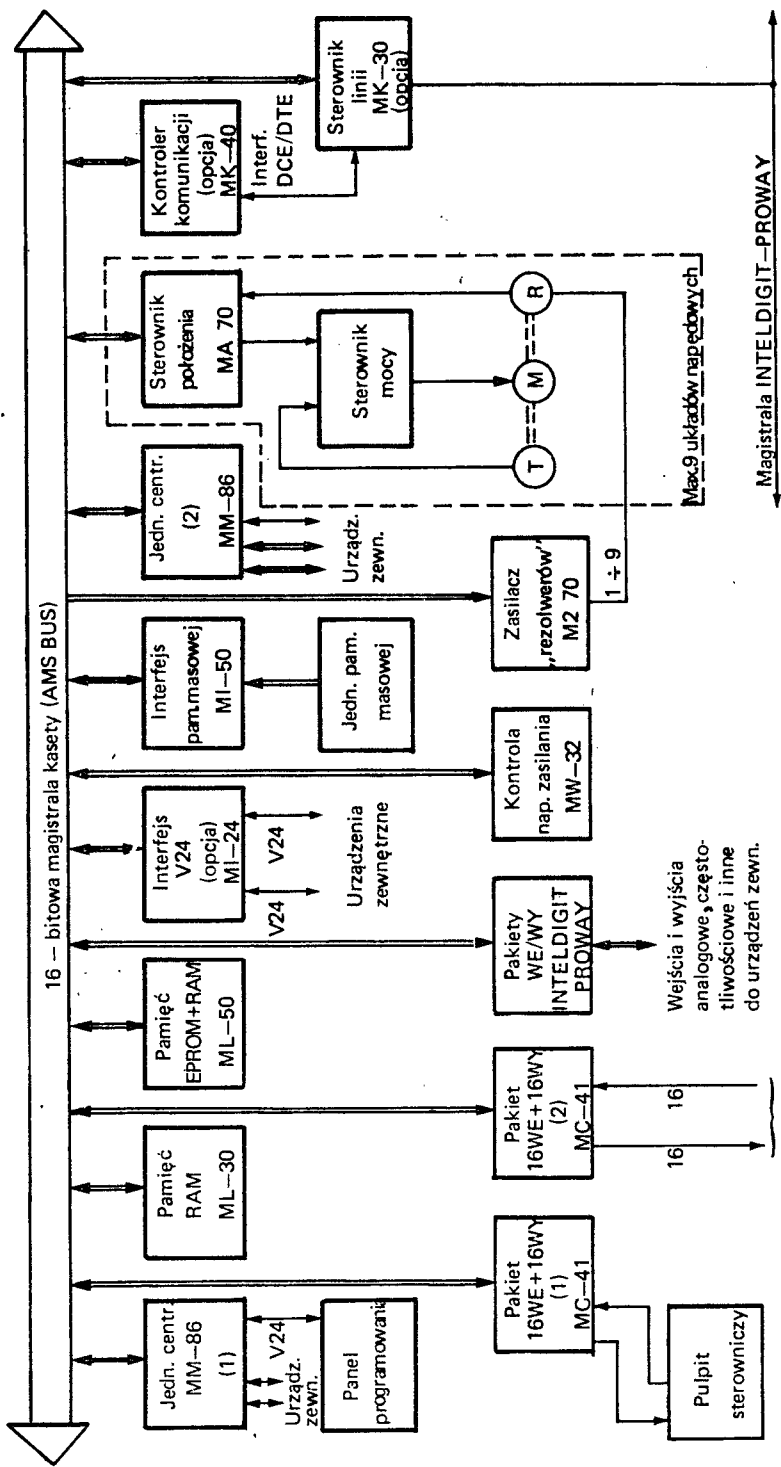
3. Układ sterowania robota IRp-6/60

Przedstawiona zostanie zasada budowy układu sterowania robota IRp-6/60 [1] tak, by zilustrować sposób sprzętowej realizacji poprzednio wymienionych zadań. Schemat blokowy układu pokazano na rys. 2.

3.1. Sterowanie częścią manipulacyjną robota

Zadanie to jest realizowane za pomocą następujących urządzeń wyspecjalizowanych:

- a) Pakietów sterowania osią MA 70, których zadaniem jest przetwarzanie otrzymywanych z jednostek centralnych sygnałów pozycji zadanej i prędkości zadanej oraz sygnału pozycji rzeczywistej otrzymywanego z transformatora położenia kąтового (tpk) na sygnał analogowy wartości zadanej prędkości serwo mechanizmu przekazywany do sterownika mocy.



Rys. 2. Schemat blokowy układu sterowania robotów IRp.

Wejścia i wyjścia dwustanowe do urządzeń zewn.

Wejścia i wyjścia analogowe, częstotliwościowe i inne do urządzeń zewn.

Ponadto pakiet MA 70 generuje sygnały: dojścia osi do pozycji zadanej i przekroczenia dopuszczalnego błędu pozycji w trakcie ruchu.

Pakiety te są urządzeniami wejścia/wyjścia sterowanymi wewnętrznym mikroprocesorem I 8080A i ich główne funkcje są realizowane programowo. Pakiety te komunikują się z jednostkami centralnymi poprzez magistralę kasyety.

- b) Pakiet zasilania transformatorów położenia kąтового MZ 70, którego zadaniem jest generowanie dwóch napięć: sinusoidalnego i kosinusoidalnego, dokładnie przesuniętych w fazie o 90° , dokładnie symetrycznych i o dokładnie jednakowych amplitudach 9V; napięcia te zasilają stojany tpk, pracujących jako przesuwniki fazowe.
- c) Sterowników mocy, będących zespołami regulatorów analogowych prędkości obrotowej i prądu i dostosowanych do zasilania serwonapędów o mocy 167 W i 1000 W.
- d) Panelu programowania, umożliwiającego programowanie robota metodą uczenia, wybór rodzaju realizacji programu (automatyczny lub krokowy) komunikującego się z jednostką centralną przez umieszczony w niej kanał V-24.
- e) Pulpitu sterowniczego umożliwiającego włączanie i wyłączanie robota, sygnalizację stanów awaryjnych, synchronizację robota itp.
- f) Urządzeń pomocniczych, nie zaznaczonych na schemacie blokowym np. zespołu styczników i przekazników, transformatorów zasilających, dławików filtrujących itp.

3.2. Współpraca z bezpośrednim otoczeniem

Zadanie to jest realizowane za pomocą pakietów wejść/wyjść dwustanowych i analogowych, będących urządzeniami systemu automatyki przemysłowej INTELDIGIT-PROWAY [2, 3]. Są to pakiety:

- wejść dwustanowych MC 01,
- wyjść dwustanowych MC 21,
- wejść/wyjść dwustanowych MC 41/42,
- wejść analogowych MA 30.

Pakiety umożliwiają przyjmowanie sygnałów z czujników zewnętrznych i urządzeń współpracujących oraz sterowanie sekwencyjne urządzeniami współpracującymi.

3.3. Przetwarzanie i magazynowanie informacji

Zadanie to jest realizowane za pomocą pakietów systemu INTELDIGIT-PROWAY, a mianowicie:

- a) Dwóch jednostek centralnych 16-bitowych MM 86 [2] bazujących na mikroprocesorze I 8086; opcjonalnie można zastosować dwie jednostki centralne MM 16 [3] bez koprocatora arytmetycznego lub jedną jednostkę MM 16 z koprocessorem arytmetycznym I 8087.
- b) Pakietów rozszerzenia pamięci ML 50 [2] zawierających blok pamięci RAM (8K) i blok pamięci EPROM (32K), opcjonalnie zamiast nich można stosować pakiet pamięci ML 16 [3].
- c) Pakietu interfejsu pamięci kasetowej MI 50 umożliwiającego współpracę z pamięcią kasetową typu PK 1 produkcji zakładu MERAMAT. Przewiduje się przejście na stosowanie pamięci PK 3 tego producenta. Ponadto opcjonalnie przewiduje się stosowanie pakietu MI 80 [3] sprzężenia z dyskami elastycznymi 8" i 5 1/4" oraz pakietu sprzężenia z pamięcią dyskową typu Winchester.
- d) Pakietu kontroli MW 32, realizującego kontrolę zasilania, kontrolę poprawności przesyłania informacji po magistrali kasyety, kontrolę temperatury itp.

- e) Magistrali kasety MF 31 wg BN-84/3105-03 kompatybilnej elektrycznie i logicznie z magistralą MULTIBUS, I-41 i AMS-BUS wg dokumentu IEC 47B (Central Office) 19, zaś konstrukcyjnie odpowiadającej magistrali wg dokumentu IEC 47B (Germany) 5. W zastosowaniu do układu sterowania robota, magistrala ta jest uzupełniona połączeniami niestandardowymi.
- f) Opcjonalnie można zrealizować sprzężenia z monitorową stacją dla programowania robota przez interfejs V-24 umieszczony na pakietach jednostek centralnych lub stosując pakiety interfejsowe MI 24 [2].
- g) Opcjonalnie, gdy układ sterowania robota uległby powiększeniu do takiej liczby pakietów, która nie mieściłaby się w jednej kasecie, możliwe jest zrealizowanie zestawów 2- i 3-kasetowych, przy zastosowaniu sprzączki kaset systemu INTEL DIGIT-PROWAY typu MI 70, MI 71 oraz MH 71 [2].

3.4. Komunikacja z innymi stacjami ESP

Komunikacja ta jest realizowana za pomocą sprzętu i oprogramowania odpowiadającego normom międzynarodowym. W 1984 r. firma amerykańska General Motors wystąpiła z koncepcją stosowania w fabrykach zautomatyzowanych systemu komunikacyjnego MAP (Manufacturing Automation Protocol) [4] bazującego na opracowanym w ISO modelu odniesienia OSI (Open Systems Interconnections) [5]. Koncepcja ta została zaakceptowana przez wszystkich głównych producentów sprzętu automatyki i była prezentowana m.in. na zebraniu Komitetu Technicznego 184 ISO [6], które odbyło się w grudniu 1985 r. w Zurychu. Koncepcję MAP można uznać za przyjętą w skali światowej, została ona również uznana przez Radę Głównych Konstruktorów RWPG d/s Elastycznych Systemów Produkcyjnych.

Model OSI przewiduje 7 warstw wymiany informacji:

- 1 – fizyczna (physical),
- 2 – magistrala (data link),
- 3 – sieć (network),
- 4 – transport danych (transport),
- 5 – seans łączności (session),
- 6 – standaryzacja danych,
- 7 – użytkownika (application).

Protokoły i interfejsy poszczególnych warstw są objęte dokumentami normalizacyjnymi, zestawionymi w tabl. 1 i 2. przy czym podkreślono normy przyjęte przez Autorów MAP wg [6]. Układ sterowania robota powinien być wyposażony w urządzenia realizujące protokoły warstw 1 i 2, tj. działające wg norm ISO DIS 8802/4 oraz DIS 8802/2. Odpowiedniki tych norm zostały opracowane w IEC jako Publikacja 955 PROWAY C [7], którą przyjęto jako podstawę opracowania urządzeń komunikacyjnych w wersji docelowej. Publikacja IEC 955 jest uzgodniona z autorami MAP.

W chwili obecnej, ze względu na ograniczenia elektronicznej bazy elementowej w krajach RWPG, nie jest możliwe efektywne realizowanie protokółów PROWAY C, dlatego też w pierwszym etapie prac zrealizowano protokoły prostsze, wg opracowania IEC PROWAY A [8]. Odpowiedni kontroler komunikacyjny, opracowany w systemie INTEL DIGIT-PROWAY, ma oznaczenie MK 40 i jest przewidziany do stosowania w robocie IRp-6/60 (tab. 1 i 2). Współpracujący z nim sterownik linii MK 30 przetwarza sygnały na sygnały liniowe, szeregowo z modulacją bifazową typu Manchester; modulacja podwójna tj. typu Manchester i częstotliwości z ciągłością fazy, przewidziana w normach PROWAY, będzie realizowana później (też z powodu ograniczeń w bazie elementowej). Wymiana informacji odbywa się po wielodostępnej szeregowej magistrali danych MK-01, będącej kablem koncentrycznym z osprzętem, z szybkością 1 Mbit/s [2]. Magistrala umożliwia dołączenie do 100 stacji ESP.

Tablica 1: Normy dla warstw 1-4

Nr warstwy	Nazwa normy	Organizacja normalizacyjna			
		ISO	IEC	ECMA	GM
4	Protokół transportu danych zorientowany połączeniowo i wykorzystujący obsługę bezpołączeniową	<u>IS8072</u> + <u>DMD1</u> <u>IS8073</u> + <u>DAD1+DAD2</u>	w opracowaniu	72	CLASS IV
	Protokół transportu danych bezpołączeniowy	DP8602	—	—	—
3	Określenie łączeniowej i bezpołączeniowej obsługi sieci	IS/DIS 8348	—	—	—
	Protokół komunikacyjny dla bezpołączeniowej obsługi sieci	<u>DIS8473</u> + <u>DAD1</u>	w opracowaniu	92	zaakceptowany
	Protokół warstwy sieci X 25	DIS8208	—	—	—
	Organizacja wewnętrzna warstwy sieci	DP8648	—	—	—
	Protokół współpracy sieci lokalnych	DP8880/1/2/3	—	—	—
2	Obsługa kanału danych	DP8886	—	—	—
	Logiczne sterowanie magistralą wg IEEE 802/2 Logical Link Control	<u>DIS8802/2</u>	<u>PROWAY C</u>	82	CLASS I
	Sterowanie wysokiego poziomu kanałami danych (HDLC—High—Level Data Link Control)	DIS7776	PROWAY A	—	—
1	Magistrala z dostępem z rywalizacją i wykrywaniem kolizji wg IEEE—802/3 (CSMA/CD—ETHERNET)	DIS8802/3	—	81,80	—
	Magistrala z wędrującym „żetonem” wg IEEE 802/4 (Token Bus)	<u>DIS8802/4</u>	<u>PROWAY C</u>	90	zaakceptowany
	Pierścień z wędrującym „żetonem” wg IEEE 802.5 (Token Ring)	DP8802/5	—	89	—
	Sieć miejska w IEEE 802.6 (MAN—Metropolitan Area Network)	DP8802/6	—	—	—
	Sieć komutacji kanałów wg X.21 X.24, X.27 CCITT	—	—	—	—

3.5. Komunikacja wewnątrz stacji zawierającej kilka robotów.

W przypadku, gdy jedno stanowisko produkcyjne obsługuje kilka robotów, to w zależności od złożoności zadań współpracy możliwe są przypadki, gdy np:

- jeden z robotów pełni funkcję nadrzędną i komunikuje się z innymi przez pakiety we/wy (p. 3.2) lub przez kanały interfejsu V—24, zestawione z pakietów systemu INTEL DIGIT—PROWAY, dwukanałowych MI 24 [2] lub sześciokanałowych MI 06 [3] (robot nadrzędny może również tym samym sposobem współpracować z monitorową stacją operatorską),
- wszystkie roboty są sterowane przez jeden sterownik nadrzędny, a komunikacja odbywa się przez kanały interfejsu V—24, omówione powyżej.

Tablica 2: Normy dla warstw 5-7

Nr warstwy	Nazwa normy	Organizacja normalizacyjna			
		ISO	IEC	ECMA	GM
Poza OSI	Znormalizowany format przesyłek wytwórczych (MMFS) – odp. RS511 wg EIA	<u>DP9506/1-2</u>	–	–	zaakceptowane
7	Przekazywanie, dostęp i sterowanie rejestrami (ETAM)	<u>DP8571</u>	–	85	zaakceptowane
	Elementy wspólne obsługi zadań (CASE)	<u>DP8649/1-3</u> <u>DP8650/1-3</u>	–	–	jądro
	Przekazywanie i manipulacja zadaniami (JTM)	DP8831 DP8832	–	–	–
	Specyfikacja rejestru opisów danych	DIS8211	–	–	–
	Obsługa i protokół terminala wirtualnego	DP9040 DP9041	–	87 88	–
	System manipulowania komunikatami	DP8505 DIS8883	–	–	–
6	Obsługa i protokół standaryzacji danych	DP8822 DP8823		84 86	w opracowaniu; nie przyjęto obecnych norm ISO
	Oznaczenia składni symbolicznej	DIS8824			
	Symbole dla przekazywania tekstu	IS8937	–	–	
	Struktura tekstu	DIS8613	–	–	
5	Obsługa i protokół seansu łączności połączeniowego	<u>IS8326</u> <u>IS8327</u>	–	75	jądro i duplex
	Obsługa bezpołączeniowego seansu łączności wykorzystująca obsługę bezpołączeniową transportu danych	WD/TC 97 SC21/N481	–	–	

Tak zestawiona, kilkorobotowa stacja ESP zostaje wyposażona w jeden zestaw urządzeń komunikacyjnych INTEL DIGIT-PROWAY umieszczonych w układzie sterowania robota nadrzędnego lub w sterowniku nadrzędnym stacji.

3.6. Zestaw bazowy

Urządzenia systemu INTEL DIGIT-PROWAY, omówione w p.3.2-3.5, wraz z zasilaczem systemowym INTEL DIGIT-PROWAY oraz kasetą i szafą, omówione poniżej, stanowią zestaw bazowy układu sterowania robotów przemysłowych, który może być podstawą dla konstruowania różnych układów wyspecjalizowanych. Można dzięki temu uzyskać dużą unifikację zarówno w produkcji jak i serwisie układów sterowania używanych z różnymi częściami manipulacyjnymi.

Zestaw bazowy umożliwia również rozwiązanie sprzężenia zespołu stacji ESP współpracujących przez magistralę PROWAY z komputerem nadrzędnym. Wystarczy komputer ten potraktować jako stację ESP (może to być również stacja rozgałęźna) i wyposażać go w urządzenia komunikacyjne systemu INTEL DIGIT-PROWAY, co umożliwi dołączenie go do magistrali szeregowej tego systemu.

Urządzenia INTEL DIGIT-PROWAY umożliwiają obecnie, przez zastosowanie pakietu MI 05 [2], rozwiązanie tego zadania dla minikomputerów rodziny SM; pakiet ten sprzęga magistralę UMBUS tych minikomputerów z kontrolerami komunikacyjnymi MK-40.

3.7. Konstrukcje mechaniczne

Wszystkie pakiety specjalizowane jak i pakiety systemu INTEL DIGIT-PROWAY są wykonane na płycie o wymiarach (233,4 x 220) mm. Kasety i szafy mają konstrukcje wg PN-84/M-42025, zgodnej z normami RWPG i IEC [2].

4. Zakończenie

Jak wynika z przedstawionych wyżej informacji, sprzęt układu sterowania robotów IRp-6/60 opracowany w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów, a w szczególności jego zestaw bazowy, umożliwia zrealizowanie wszystkich zadań sterowania wymaganych przy pracy robota w elastycznym systemie produkcyjnym. Duża moc obliczeniowa jednostek centralnych i duże zasoby pamięci dają możliwość implementacji złożonego oprogramowania dla obsługi wszystkich wymaganych funkcji.

Literatura

- [1] Dokumentacja techniczno-ruchowa robotów IRp-6/60. Opracowanie MERA-PIAP Nr rej. 5720.
- [2] Missala T.: System INTEL DIGIT-PROWAY. Informacje podstawowe. Biuletyn MERA-PIAP 1985 r. nr 5/112.
- [3] INTEL DIGIT-PROWAY. Katalog wydany przez MERA-ZAP.
- [4] Kafka G.: Lokale Netze in der Realisierung. Elektronik 1985. 11. 24/29.
- [5] ISO/DIS 7498. Information processing systems - Open systems interconnection - Basic reference model.
- [6] ISO/TC 184 N65. Presentation of MAP during plenary meeting - Zurich-Dezember 1985 by PAT.MULVEY.
- [7] IEC Publication 955: Process Data Highway, Type C (PROWAY C) for Distributed Process Control Systems.
- [8] IEC Report XXX: Process Data Highway, Type A and B (PROWAY A and B) for Distributed Process Control Systems.