

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW  
MERA-PIAP  
Al. Jerozolimskie 202 02-222 Warszawa Telefon 23-70-81

Ośrodek Automatykacji Kompleksowej i Systemów Cyfrowych

Pracownia Oprogramowania Cyfrowych Systemów Sterowania

074 Główny wykonawca mgr inż. Wojciech Kozłowski A

Wykonawcy mgr inż. Wojciech Kozłowski

Konsultant

Nr zlecenia UR-02.03.02 OPRACOWANIE ZASTOSOWANIA ROBOTOW IRb-60-Z  
DO ZGRZEWANIA PUNKTOWEGO W GNIAZDACH  
ZAWIERAJACYCH KILKA ROBOTOW  
ZE STEROWANIEM NADRZEDNYM  
etap 1 - założenia

Zleceniodawca problem węzkowy

Pracę rozpoczęto dnia 10.05.84

zakończono dnia 31.03.85.

Kierownik Pracowni

p.o. Z-cy Dyrektora  
d/s Automatyki

Kierownik Ośrodka

*Wojciech Kozłowski*  
mgr inż. W. Kozłowski

*J. Hawryluk*  
mgr inż. J. Hawryluk

dr inż. T. Gałazka

Praca zawiera:

Rozdzielnik - ilość egz:

stron 19

Egz. 1 BOINTE

rysunków

Egz. 2 OAK 4

fotografii

Egz. 3 OAK

tabel

Egz. 4

tablic

Egz. 5

załączników

Egz. 6

Nr rejestr. 5354

4

**Analiza deskrytorowa** ROBOTY + KOMPUTER + STEROWANIE

**Analiza dokumentacyjna** Podano założenia do opracowania zastosowania robotów IRb-60 -Z do zgrzewania punktowego w gniazdach zawierających kilka robotów ze sterowaniem nadrzędnym.

**Tytuły poprzednich sprawozdań**

UKD

SIAP-252/83-6000

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	3
2. Linia montażu nadwozi samochodowych w FSO	4
3. Specyfikacja sygnałów pomiędzy zespołami linii montażowej	7
4. Wnioski z realizacji linii montażowej w FSO	12
5. Wymagania na linię zgrzewania z robotami IRb-60	13
6. Wymagania na sterownik nadrzędny	14
7. Założenia na linię zgrzewania z robotami IRb-60	15
8. Proponowany harmonogram prac	18
9. Zakończenie	19

## 1. Wstęp

Tematem pracy są założenia na zastosowanie robotów IRb-60-Z do zgrzewania punktowego w gniazdach zawierających kilka robotów ze sterowaniem nadrzędnym.

W tym celu zapoznano się z podobnym (prawie identycznym) problemem występującym na linii montażu nadwozi samochodowych w Fabryce Samochodów Osobowych w Warszawie.

W następnym rozdziale opisano linię montażową w FSO, po czym opisano wnioski z pracy tej linii, by na tej podstawie przedstawić założenia na linię zgrzewania z robotami IRb-60.

4

## 2. Linia montażu nadwozi samochodowych w FSO

W 1978 roku Fabryka Samochodów Osobowych w Warszawie zakupiła we włoskiej firmie MST linię montażową obsługiwaną przez roboty Unimate 2000 sterowane przez układ 2 sterowników INDUSTRIAL 35 produkcji Digital Equipment Co. Linia ta wykonuje zgrzewanie elementów nadwozia samochodu "Polonez".

Schemat linii przedstawia rys.1.

Linia ta jest wyposażona w 15 robotów, z których 12 pracuje bezpośrednio, a 3 są w rezerwie.

W przypadku awarii można zastąpić pracę robota uszkodzonego przez inny jednak w ograniczonym zakresie. Ograniczenia te wynikają z narzuconej technologią kolejności operacji, miejscem i sposobem zamocowania robota i kształtem kleszczy zgrzewających.

Każdy robot posiada swój pulpit sterowniczy umożliwiający zaprogramowanie i kontrolę pracy robota. Robot może posiadać 4 programy, a jest wykorzystywany tylko 1 albo 2 w kilku robotach (samochód "Polonez" posiada 2 wersje nadwozia). Do robota można dołączyć pamięć kasetową w celu przegrania programu do/z robota (jest to w zasadzie wykorzystywane do nagrania programu po konserwacji robota).

Robot połączony jest 8 grupami sygnałów ze sterownikiem INDUSTRIAL 35. Łącze (interface) redukuje napięcie 110V używane w robocie na napięcie 5V używane w sterowniku. Sterownik INDUSTRIAL pełni nadzór nad pracą robota oraz przekazuje sygnały z czujników na linii montażowej, do zgrzewarki - polecenia zgrzewania, sygnały informacyjne do/z pulpitu sterowania linii oraz nadzoruje układy zabezpieczające środowisko pracy (m.in. zabezpieczające człowieka przed robotem).

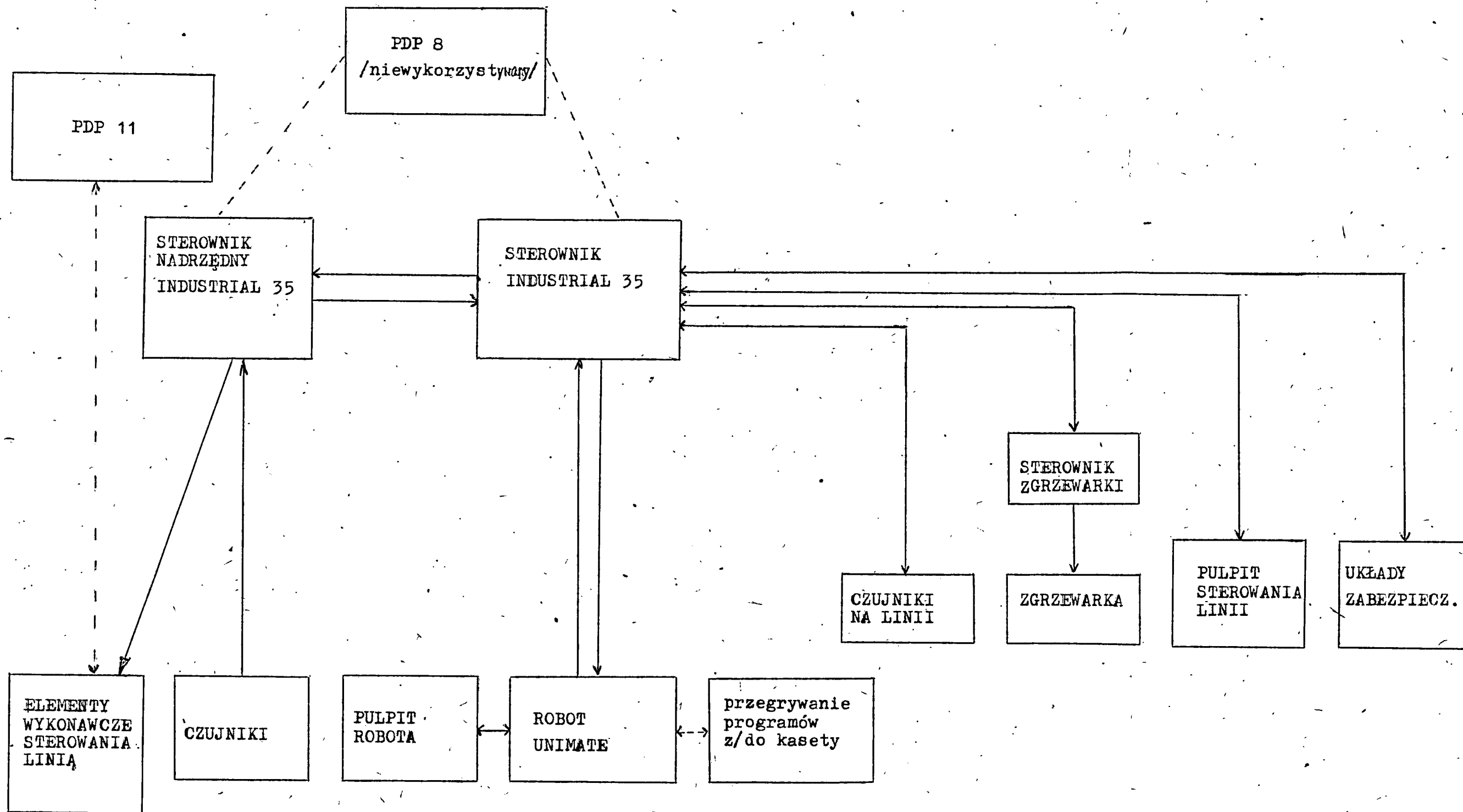
Spośród sygnałów łączących sterownik z <sup>robotem</sup> robotem 6 grup sygnałów 16-bitowych określa położenie robota, ~~w przestrzeni~~, natomiast 2 grupy sygnałów służą dla informacji dodatkowych.

Sterownik INDUSTRIAL wysyła do robota sygnały sterujące m.in. START ROBOTA, STOP ROBOTA, WYBOR PROGRAMU; natomiast robot potwierdza wykonanie poleceń sterownika sygnałami GOTOWOSC PRACY, KONIEC PRACY, a także zgłasza GOTOWOSC ZGRZEWANIA. Sterownik podaje do ~~robotu i zgrzewarki~~ <sup>(elementów wykonawczych)</sup> informacje o czasie i prądzie zgrzewania. Zakończenie sekwencji zgrzewania jest <sup>(sygnalizowane)</sup> sygnałem KONIEC ZGRZEWANIA podanym ze sterownika <sup>(sterownika INDUSTRIAL)</sup> ~~do robota~~, po czym robot przechodzi do następnego kroku.

W robocie istnieją blokady jego pracy, są one podawane z czujników na linii montażowej (np. brak karoserii w przewidzianym położeniu), a także z czujników zabezpieczających człowieka (np. otwarcie bramki wejścia w pobliże robota).

Praca linii jest następująca - sygnał STARTu i STOPu jest podawany ze sterownika INDUSTRIAL. Podczas <sup>(trwania)</sup> STOPu następuje sygnał START, <sup>(który)</sup> zostaje wydany po zgłoszeniu z czujnika na linii o wykonaniu przesunięcia, a także innych sygnałów zgłaszających gotowość. Po STARTcie następuje pełne wykonanie programu zgrzewania. Zakończenie zgrzewania robot sygnalizuje poprzez KONIEC.

Oba sterowniki INDUSTRIAL mogą być kontrolowane przez nadrzędny komputer PDP-8. W praktyce jest on wykorzystywany do testowania układów elektronicznych sterowników, INDUSTRIAL.



rys. 1 Schemat sterowania linią montażu nadwozi samochodu "Polonez"

### 3. Specyfikacja sygnałów pomiędzy zespołami linii montażowej

Układ sterowania zgrzewaniem nadwozi składa się z kilku zespołów sterujących i wykonawczych, pomiędzy którymi jest wiele sygnałów. Ze względu na dużą ilość tych sygnałów zostały one pogrupowane funkcjonalnie. Wyróżniono następujące strumienie sygnałów:

- I. Sterownik nadrzędny → elementy wykonawcze sterowania linią: 192 sygnały
- II. Czujniki linii → sterownik nadrzędny: 384 sygnały
- III. Sterownik podrzędny → roboty: 195 sygnałów
- IV. Robot → sterownik podrzędny: 150 sygnałów
- V. Sterownik podrzędny → elementy linii: 8 sygnałów
- VI. Elementy linii → sterownik podrzędny: 380 sygnałów
- VII. Sterownik nadrzędny → sterownik podrzędny: 5 sygnałów
- VIII. Sterownik podrzędny → sterownik nadrzędny: 5 sygnałów



I. Sterownik nadrzędny INDUSTRIAL → elementy wykonawcze sterowania linią:

z czego:

- 2 x ZASILANIE WYJŚCIOWE sygnalizujące <sup>a</sup>złączenie napięć
  - 2 x PRACA LINII sygnalizujące pracę automatyczną
  - 3 x RODZAJ PRACY sygnalizujące przełączniki rodzaju pracy
- oraz sygnały do końcówek
- 15 x ogólne wł/wył układów
  - 15 x generatory ciśnienia i pomiar temperatury
  - 15 x działanie podestów ruchomych
  - 60 x zaczepy palet i chwytaczy
  - 15 x sygnały testujące
  - 15 x sygnały rodzaju sterowania
  - 15 x kontrola smarowania

II. Czujniki linii → sterownik nadrzędny INDUSTRIAL: 384 sygnały wejściowe z czujników - krańcówek i pulpitu sterowania linią

z czego:

- zabezpieczenie (wtyki bezpieczeństwa i linki bezpieczeństwa)
- praca wszystkich generatorów
- zasilanie pneumatyczne
- praca generatora A
- zatrzymanie generatora A
- przekroczenie temperatury oleju generatora A
- przekroczenie ciśnienia oleju generatora A
- wyłączenie automatyczne generatora A
- 5 x j.w. dla generatora B
- 5 x j.w. dla generatora C
- 4 x działanie podestu ruchomego
- 55 x zaczepy palet (krańcówki sygnalizują czy linia jest w spoczynku)
- 2 x sterowanie ruchów ręcznych

III. Sterownik podrzędny INDUSTRIAL → pojedynczy  
Robot UNIMATE.

niniejsze sygnały występują 15-krotnie t.zn. dla  
każdego robota jest identyczny zestaw sygnałów

- rozpoczęcie programu robota
- zakończenie programu robota
- wywołanie cyklu pracy robota dla karoserii  
3-drzwiowej
- wywołanie cyklu pracy robota dla karoserii  
5-drzwiowej
- zatrzymanie cyklu robota
- sterowanie kleszczy zgrzewania
- 3 x regulacja prądu zgrzewania
- 2 x start zgrzewarki
- zezwolenie na zgrzewanie
- koniec sekwencji zgrzewania

IV. Pojedynczy Robot UNIMATE → sterownik podrzędny  
INDUSTRIAL

niniejsze sygnały występują 15-krotnie t.zn. dla  
każdego robota jest identyczny zestaw sygnałów

- robot w trakcie pracy
  - informacja o zainicjowaniu programu
  - informacja o zamknięciu kleszczy
  - robot uruchomiony
  - cykl startu robota uruchomiony
  - robot w spoczynku
  - OX1
  - OX2
  - OX4
  - OX5
- } sygnały sterujące zewnątrz robota

V. Sterownik podrzędny → elementy linii (zgrzewarka, pulpit sterowania linii, czujniki, układy zabezpieczające): 8 sygnałów

z czego:

- 2 x zasilanie
- stan zagrożenia sygnalizujący możliwość powstania kolizji
- wł/wył układów
- wybór pracy linii
- próba, lamp na pulpicie

VI. Elementy linii (czujniki, zgrzewarka, pulpit sterowania linii, układy zabezpieczające) → sterownik podrzędny INDUSTRIAL: 380 sygnałów

podane niżej sygnały występują 5-krotnie t.zn. dla każdego stanowiska składającego się z 3 robotów jest identyczny zestaw sygnałów

- obecność elementu drzwiowego
- 2 x wyłącznik przepływu chłodzenia tyrystorów
- obecność elementu z karoserii 3-drzwiowej
- obecność elementu z karoserii 5-drzwiowej
- 2 x kasowanie
- zgrzewanie
- paleta na pozycji
- chwytacz palety wprowadzony
- chwytacz palety wycofany

a także podane niżej sygnały z pulpitu sterowania linii występujące 15-krotnie t.zn. dla każdego robota

- robot w pracy
- zainicjowanie programu
- robot w spoczynku

11

oraz ze zgrzewarek (15-krotnie)

- koniec sekwencji zgrzewania
- tyrystory w zwarcu
- brak zapłonu
- przekroczenie czasu zgrzewania

VII. Sterownik nadrzędny INDUSTRIAL → sterownik podrzędny INDUSTRIAL: 5 sygnałów z czego:

- linia palet w spoczynku (zbiorczy sygnał główny)
- sterowanie zamknięciem chwytaczy (zbiorczy sygnał główny)
- cykl automatyczny linii
- sterowanie ruchów pojedynczych
- przerwanie cyklu linii

VIII. Sterownik podrzędny INDUSTRIAL → sterownik nadrzędny INDUSTRIAL: 5 sygnałów z czego:

- praca robota zakończona (sygnał główny) (dot. układów elektrycznych)
- robot w spoczynku (sygnał główny) (dot. układów mechanicznych)
- wszystkie roboty w spoczynku (zbiorczy sygnał główny)
- przerwanie cyklu linii robota
- kasowanie zakończenia pracy

#### 4. Wnioski z realizacji linii montażowej w FSO

Linia montażowa została zaprojektowana i wykonana dla uruchomienia produkcji samochodu "Polonez" wg technologii w dyspozycji ok. 10 lat temu.

Układ sterowania linią jest obsługiwany przez ok. 1300 sygnałów informacyjnych i sterujących. Przedstawiciele FSO, z którymi rozmawiałem są przekonani, że ta liczba sygnałów mogłaby być nieco zmniejszona.

Oprzysiężowanie linii montażowej zostało ustalone na sztywno dla produkowanego samochodu. Przewidziano jedynie 2 drobne różnice w wersji karoserii, natomiast nie przewidziano i nie planuje się innych wersji karoserii, ani też montażu karoserii innych modeli samochodu. Fabryka nie odczuwa ograniczeń wykorzystania linii z tych powodów.

Analiza schematu sterowania i rozdziału zadań pomiędzy robotami i sterownikami INDUSTRIAL wskazuje, że podobny układ byłby możliwy do wykonania mając do dyspozycji roboty IRb z dotychczasowym układem sterowania przy jednoczesnym połączeniu ich z komputerem (jednym lub dwoma) małej lub średniej mocy obliczeniowej. Brak informacji w Instytucie o łączu komputerowym robota IRb i brak możliwości szybkiego ich uzyskania wyklucza jednak przyjęcie takiej koncepcji.

Wykorzystanie dla podłączenia komputera wejść/wyjść dwustanowych robota jest wykluczone ze względu na potrzeby zastosowania tych wejść/wyjść dla sygnałów obiektowych. Próba pośredniego dołączenia tych sygnałów (poprzez komputer) może prowadzić do nieoptymalnego rozwiązania.

Mając do dyspozycji roboty IRb ze sterownikiem INTELDIGIT-PROWAY można znacznie uprościć organizację linii i wykorzystać dużą moc przetwarzającą takiego sterownika.

*komputer  
działają  
niepotrzebnie*

*to nie  
o to  
chodzi!*

## 5. Wymagania na linię zgrzewania z robotami IRb-60

Gniazdo będące częścią linii montażu winno spełniać następujące wymagania:

- gniazdo winno stanowić określoną zamkniętą część procesu technologicznego, ograniczenie to będzie narzucone poprzez technologiczne urządzenia wspomagające
- stanowiska robotów winny być tak zorganizowane by istniała możliwość przerzucania pracy robota, który uległ awarii na robot rezerwowy
- praca poszczególnych robotów nie może doprowadzić do ich wzajemnej kolizji
- gniazdo winno mieć zorganizowane bufory na wejściu i wyjściu uniezależniające je od tempa pracy sąsiednich gniazd
- ilość możliwych operacji zgrzewania wykonywanych w gnieździe winna być ściśle określona
- urządzenia technologiczne wspomagające winny zostać zaprojektowane i wykonane pod kątem sprzężenia ich z robotami i komputerem nadrzędnym t.zn.winny być zaopatrzone w czujniki generujące sygnały i elementy wykonawcze poleceń sterowanych z komputera i sterownika robota.

14

6. Wymagania na sterownik nadrzędny.

Sterownik nadrzędny winien być komputerem (procesorem) zapewniającym obsługę ok. 1000 - 1500 sygnałów wejściowych i wyjściowych pochodzących z linii montażowej, pulpitu sterowniczego, robotów. Takie wymagania spełnia sterownik INTEL DIGIT-PROWAY z procesorem MM80 lub MM86. Kaseca sterownika powinna zawierać pakiety sprzężenia z obiektem, ze względu na dużą ilość sygnałów będzie niezbędne umieszczenie pakietów sprzęgających w kilku kasetach połączonych przedłużaczem magistrali. Duża wydajność procesora przy jednoczesnej powolności procesu technologicznego zapewnia pełną obsługę systemu sterowania.

Na linii montażowej element zgrzewania zmienia się co ok. 1 min i taki jest okres powtarzania cyklu sterowania. Ta ilość informacji oraz odległości pomiędzy sterownikami robotów a sterownikiem nadrzędnym powodują że magistrala PROWAY jest w pełni przydatna.

## 7. Założenia na linię zgrzewania z robotami IRb-60

Zapoznając się z linią montażową MST w FSO, uwagami pracowników obsługujących tę linię, możliwościami robota IRb-60 z układem sterowania INTELDIGIT-PROWAY proponuje się rozwiązanie przedstawione na rys.2.

Rozważane było również zastosowanie robota IRb-60 z dotychczasowym układem sterowania. Robot ten posiada 16 wejść i 16 wyjść dwustanowych, które mogą być programowane z pulpitu. Nie są natomiast znane możliwości połączenia tego robota z komputerem, informacje zawarte w dokumentacji technicznej są tak ogólnikowe, że nie można na ich podstawie zaprojektować połączenia. W MERA-PIAP nie są znane takie połączenia. Teoretycznie można byłoby spróbować dokonać połączenia robota z komputerem oraz robotów pomiędzy sobą za pośrednictwem wejść i wyjść dwustanowych. Próby takie dotychczas nie były robione, nie są znane w MERA-PIAP takie połączenia wykonane gdzie indziej, a bez dokonania takiej próby nie można i nie należy projektować układu połączeń dla linii montażowej. Z tych powodów zastosowanie robotów IRb-60 z dotychczasowym sterowaniem nie jest dalej brane pod uwagę.

Dalsze rozważania dotyczą robota IRb-60 ze sterownikiem INTELDIGIT-PROWAY. Sterownik ten posiada znaczną moc obliczeniową. Do magistrali PROWAY sterownik będzie dołączony za pośrednictwem kontrolera komunikacyjnego MK-40 i sterownika linii MK-30. Do sterownika dołączone są urządzenia towarzyszące robotowi t.j. czujniki i sterownik zgrzewarki.

Linia będzie zawierała kilka lub kilkanaście robotów i wszystkie będą połączone w ten sam sposób.

Jeden ze sterowników (nie będący częścią robota) będzie pełnił funkcję nadrzędną t.zn. będzie koordynował pracę wszystkich robotów oraz będzie sterował linią t.j.

*W jakich celach jest potrzebny interfejs komputerowy?*

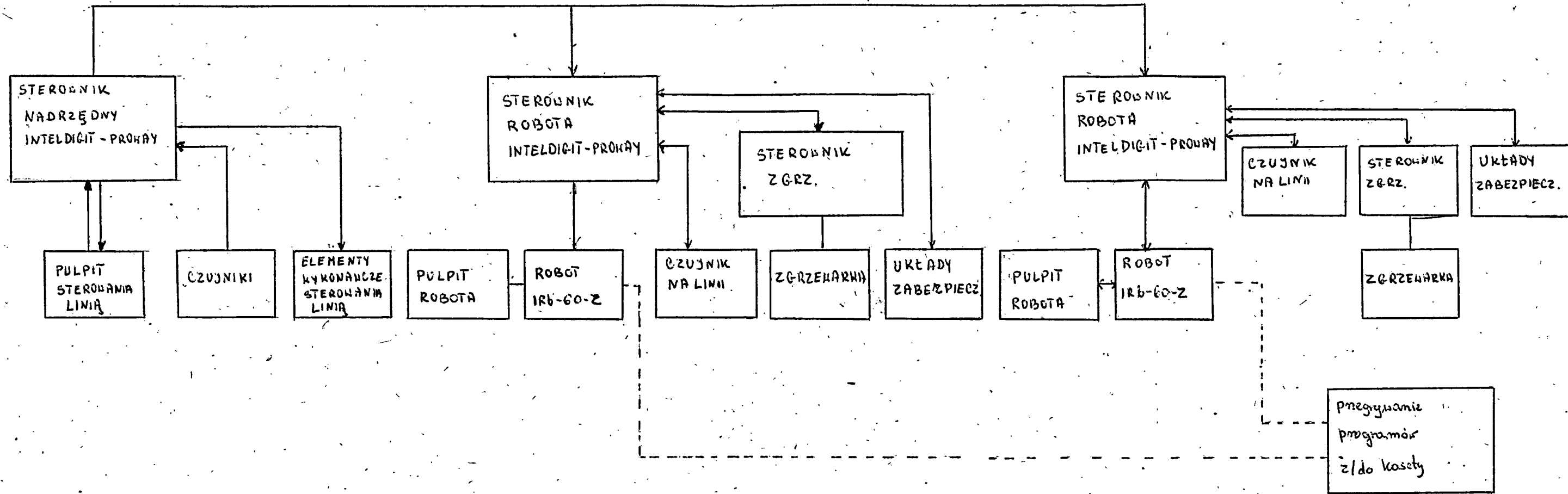
*dlaczego musi być MK-40 MK-30 A 42*



elementami wykonawczymi przesuwu linii montażowej i odbierał informację z czujników kontrolujących wykonanie przesuwu.

Zasada pracy magistrali PROWAY praktycznie ogranicza ilość stacji do 20 sztuk stąd też tylko tyle robotów może być dołączone w ten sposób.

Stacją nadrzędną może być tylko jeden sterownik (nierobotowy) i nie jest celowe przekazywanie tej funkcji innemu sterownikowi robota, pomimo, że PROWAY to dopuszcza. Awaria sterownika nadrzędnego sterującymi elementami wykonawczymi przesuwu linii powoduje, że przesunięcie funkcji tego sterownika jest bezcelowe.



Rys. 2 Projekt konfiguracji linii zgrzewania obsługiwanej przez robot IRb-60-Z.

## 8. Proponowany harmonogram prac.

Niniejsze opracowanie stwierdza, że jest możliwe wykonanie gniazda kilkurobotowego do zgrzewania punktowego na linii montażowej w fabryce samochodów. Jednocześnie stwierdza się, że nie jest możliwe przygotowanie założeń ogólnych bez określenia szczegółowego gniazda.

W celu kontynuowania pracy prowadzącej do zaprojektowania, wykonania i uruchomienia takiego gniazda należy doprowadzić do spotkania z technologami nowoczesnych fabryk samochodów. Na spotkaniu tym winno być ustalone konkretne gniazdo, które uległoby zrobotyzowaniu. Prawdopodobnie żadna z fabryk nie będzie chciała finansować takiej pracy ze względu na jej znaczny koszt, a jednocześnie brak szybkich efektów. Należałoby zatem określić źródło finansowania.

Po określeniu gniazda i sposobu finansowania należy powołać zespół złożony z technologa-specjalisty, eksploatacji takiego gniazda, projektanta urządzeń technologicznych tego gniazda, automatyka-specjalisty zastosowań robotów, automatyka-specjalisty sterowania komputerowego. Zespół taki winien mieć dokładne rozpoznanie co do możliwych współczesnych rozwiązań. Prawdopodobnie nie znajdą się specjaliści, którzy dokładnie zapoznali się z projektem, uruchamianiem i eksploatacją takiego gniazda. Prowadzenie tej pracy bez zapoznania się z aktualnymi osiągnięciami w tej dziedzinie w przodujących fabrykach może prowadzić do rozwiązań nie najbardziej optymalnych.

Zespół taki w przeciągu ok. 1-2 lat powinien przygotować koncepcję, a nawet projekt wstępny gniazda, na podstawie którego przystąpiono do projektu szczegółowego i wykonania wszystkich elementów gniazda.

9. Zakończenie.

Niniejsze założenia powstały przy braku dokładnego określenia zasad współpracy robotów i procesorów. Wynika stąd brak doświadczeń z prób takiej współpracy. Podczas realizacji tej pracy należy liczyć się z wieloma niespodziewanymi trudnościami i koniecznością korekcji harmonogramu i kosztów.