

Marek Pachuta, Marek Petz  
Jerzy Smoderek

Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Warszawa.

IRb-60Z - WERSJA ROBOTA DO ZGRZEWANIA PUNKTOWEGO

**Streszczenie.** W artykule omówiono robot przemysłowy IRb-60 przystosowany do zgrzewania punktowego. Charakteryzuje się on małą dużą ruchliwością, szybkością działania oraz możliwością unikania, tzw. stopu awaryjnego. Uzyskano to przez modyfikację układu sterowania oraz części manipulacyjnej.

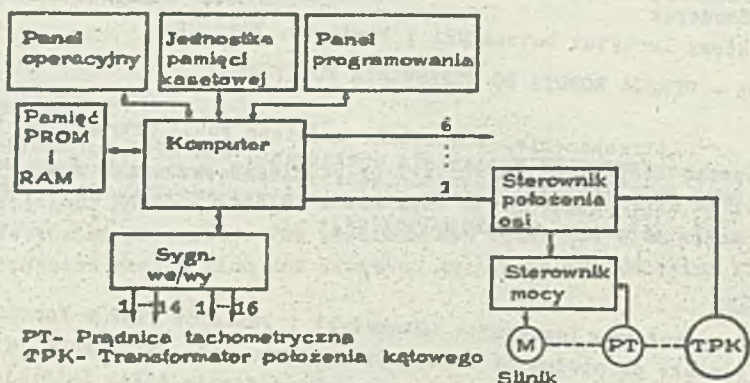
## 1. Wstęp

W Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów PIAP w Warszawie wdrożone zostały do produkcji roboty przemysłowe IRb. Wykonywane są one na podstawie zakupionej licencji w szwedzkiej firmie ASEA. Istnieją dwa typy robotów IRb różniące się udźwigiem: IRb-6 o udźwigu 6 kg oraz IRb-60 o udźwigu 60 kg. Sterowanie tych robotów jest typu PTP, tzn. ich praca polega na dochodzeniu części manipulacyjnej do kolejnych uprzednio zaprogramowanych punktów. Programowany jest w ten sposób ruch, który w pracy automatycznej odtworzony jest z dużą dokładnością. Roboty przemysłowe IRb znajdują zastosowanie przy obsłudze urządzeń, spawaniu, układaniu detali na palecie, prostych czynnościach obróbowych /np. gradowanie/ itp, tzn. tam, gdzie wymagana jest manipulacja detalem lub narzędziem. Oprócz robotów IRb w wykonaniu standardowym wykonuje się także modyfikacje, do których należy, tzw. robot adaptacyjny, którego układ sterowania umożliwia przyjmowanie sygnałów z zewnętrznych czujników. Sygnały te mają wpływ na realizację programu, ruchy i prędkość robota. Do modyfikacji należy też robot IRb-60Z, przeznaczony do zgrzewania punktowego, który opracowywany jest obecnie w PIAP i stanowi temat niniejszego artykułu.

## 2. Budowa i sterowanie ruchami robota w wykonaniu standardowym

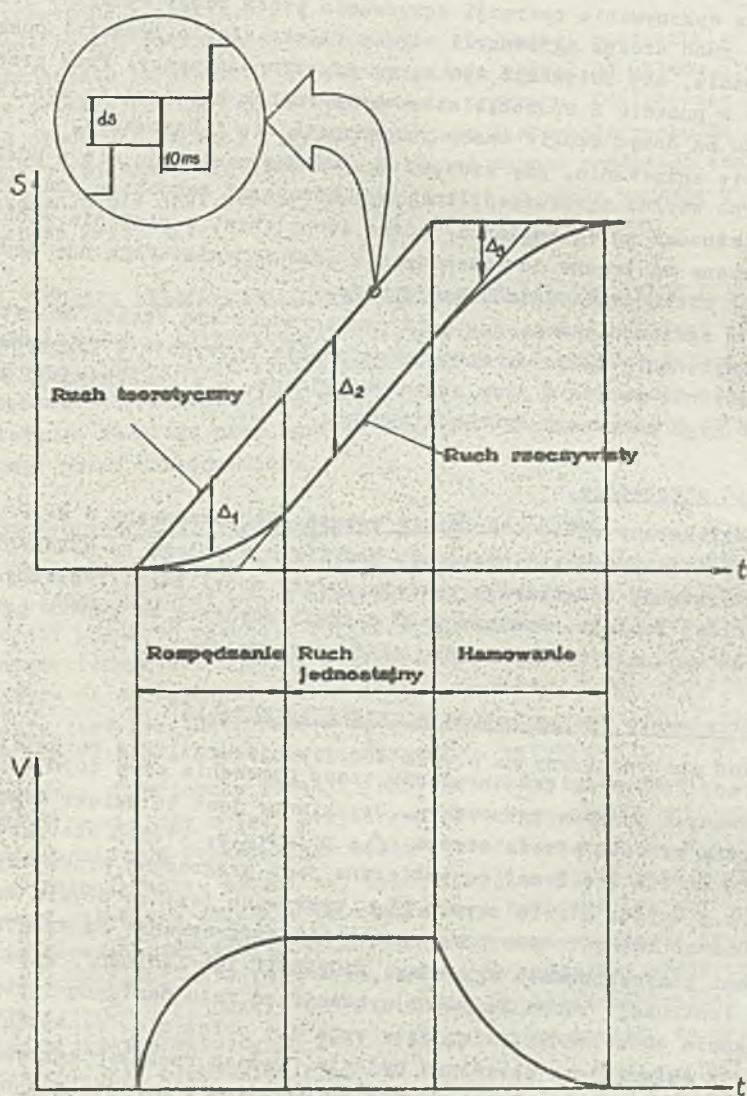
Robot IRb składa się z elektronicznego układu sterowania i części manipulacyjnej o 5 lub 6 stopniach swobody. Wszystkie jego ruchy napędzane są silnikami prądu stałego. Jako mierniki położenia wykorzystane zostały w nim transformatory położenia kątowego - resolvery /rys. 1/. Mierzona jest także prędkość rzeczywista ruchów poszczególnych osi. Miernikiem prędkości jest prądnica tachometryczna. Układ sterowania, umieszczony w oddzielnej szafie, jest układem mikrokomputerowym. Sprzężenie między komputerem a serwosystemem stanowią sterowniki położenia osi. Zadaniem tego modułu jest przeprowadzenie dokładnego przetwarzania cyfrowo/analogowego żądanego położenia osi robota, określonego przez komputer, porównanie tego położenia z rzeczywistym położeniem osi robota oraz wytworzenie

nie na podstawie różnicy tych położenia sygnału zadanej prędkości dla serwo-mechanizmu.



Rys.1. Układ sterowania robotów IRb -schemat ogólny

Zasada pozycjonowania, tj. ruchu ramienia robota do nowego punktu, jest następująca. Podczas wykonywania instrukcji pozycjonowania komputer aktualnia co 10ms żądane położenie osi, wysyłając słowo ds określające przyrost ruchu/rys.2/. Rośnie przy tym różnica między tym położeniem a położeniem rzeczywistym mierzonym przez resolver. Różnica ta przetworzona jest na analogowy sygnał błędny będący prędkością zadaną dla sterowników mocy. Robot porusza się nadążając za żądanym położeniem. Błąd położenia  $\Delta$ , który ustala się po pewnym czasie, jest tym większy im większa jest żądana prędkość ruchu. Po zakończeniu wykonywania instrukcji pozycjonowania przez komputer robot porusza się jeszcze przez pewien czas, aż błąd położenia  $\Delta$  zostanie skasowany. Czas ten jest czasem hamowania. Jeśli wykonywane jest pozycjonowanie dokładne /instrukcja DOKŁADNIE/, to następna instrukcja może być wykonana, gdy wartość błędny  $\Delta$  znajdzie się w strefie zerowej, co wykrywane jest na płycie sterownika położenia. Przy pozycjonowaniu zgrubnym /instrukcje ZGRUBNIE lub LINIOWO/ komputer nie oczekuje na potwierdzenie o dojsciu do strefy zerowej, lecz przechodzi do wykonywania następnej instrukcji. Ze względu na to, że jako mierników położenia użyto resolverów mierzących położenie w sposób przyrostowy, konieczne jest synchronizowanie robota, tj. ustalenie położenia zerowego robota. Dokonuje się tego przy włączaniu robota. W przypadku, gdy błąd  $\Delta$  przekroczy określoną wartość, robot zostaje rozsynchronizowany i należy go ponownie synchronizować. Ma to miejsce, np. przy napotkaniu przeszkody przez część manipulacyjną. Rozsynchronizowanie robota występuje też przy przełączeniu robota w stan stopu awaryjnego.



Rys. 2. Pozycjonowanie robota IRb w wykonaniu standardowym.

### 3. Robot do zgrzewania IRb-60Z

Roboty przemysłowe znalazły na świecie największe zastosowanie przy zgrzewaniu. Pojawiają się tu następujące problemy użycia robotów:

- a/ podczas wykonywania operacji zgrzewania przez robot wymagany jest szybki ruch szczęk zgrzewarki między blisko siebie leżącymi punktami zgrzewania, aby zwiększyć tym samym efektywność pracy. Przy przedstawionym w punkcie 2 sposobie sterowania ruchem nie jest to możliwe ze względu na dosyć długie czasy rozpędzania się i hamowania,
- b/ w czasie zgrzewania, gdy szczęki zgrzewarki zaciskają się w punktach leżących wzdłuż zgrzewanej linii, np. karoserii samochodu, mających /w zależności od egzemplarza/ różne odchylenia, w ramieniu robota wytwarzane są trudne do przewidzenia przeciążenia. Mogą one doprowadzić do uszkodzenia układu napędowego.
- c/ podczas zgrzewania może nastąpić przyzgrzanie się szczęk do detalu. Próba wykonania ruchu do następnego punktu spowoduje w tym wypadku przełączenie robota w stan stopu awaryjnego, a w konsekwencji konieczność jego ponownego synchronizowania.

#### 3.1. Układ sterowania

Zmodyfikowany układ sterowania robota IRb opracowany w PIAP uwzględniła wymienione powyżej 3 problemy. Modyfikacja polega na włączeniu do układu sterowania dodatkowego pakietu /płyty modyfikacji/realizującego opisane niżej funkcje, dodaniu diod sygnalizacyjnych na panelu programowania oraz zmianach w okablowaniu szafy sterowniczej.

##### 3.1.1. Sterowanie ruchem robota w czasie zgrzewania

Układ elektroniczny na płycie modyfikacji umożliwia bardziej efektywną pracę robota dzięki skróceniu czasu hamowania przy dojściu do zaprogramowanych punktów zgrzewania. Uzyskiwane jest to dzięki temu, że wprowadzona została strefa zerowa  $\Delta_0$  położenia, której szerokość wynosi  $8 \pm 10$  mm lub  $1 \pm 2$  mm, co wybierane jest programowo przez użytkownika jednym z wyjść. Strefa zerowa  $\Delta_0$  wykrywana jest na płycie modyfikacji. Ponieważ ruchy robota przy zgrzewaniu programowane są wyłącznie instrukcjami pozycjonowania zgrubnego /ZGRUBNIE lub LINIOWO/, więc po wykonaniu instrukcji ruchu komputer wykonuje od razu następną instrukcję, bez czekania aż zostanie osiągnięte wymagane położenie. Jest nią zawsze instrukcja załączająca określone wyjście, będąca rozkazem zgrzewania. Program oczekuje następnie na sygnał informujący o zakończeniu zgrzewania /instrukcja CZEKANIE WARUNKOWE/.

W momencie, gdy robot znajdzie się w strefie zerowej  $\Delta_0$  /rys. 3/, na płycie modyfikacji generowane są dwa sygnały:

- sygnał blokujący prędkość zadaną idącą ze sterownika położenia do sterownika mocy /zamiast tego sygnału do sterownika mocy podane jest 0V/. Powoduje to gwałtowne zahamowanie robota, bez dojścia jednakże do zaprogramowanego punktu,
- sygnał będący rozkazem do zaciśnięcia się szczęk zgrzewarki.

Po zakończeniu zgrzewania zgrzewarka podaje sygnał do układu sterowania robota pozwalający na dalsze wykonywanie programu. Odblokowany zostaje sygnał prędkości zadanej i wykonywana jest instrukcja ruchu do następnego punktu /zwiększa się błąd  $\Delta$ /. Ponieważ sygnał prędkości zadanej po odblokowaniu nie jest zerowy, następuje więc o wiele szybsze rozpędzanie się robota /rys. 3/.

### 3.1.2. Ochrona układów napędowych przed przeciążaniem przy zgrzewaniu.

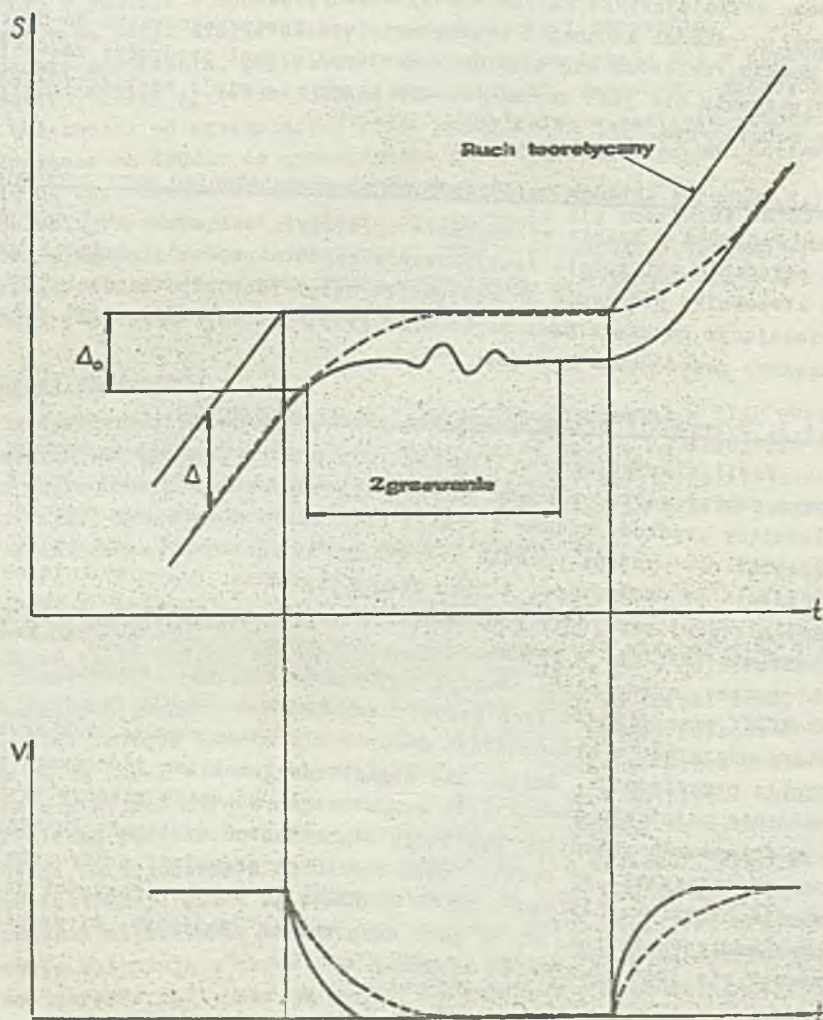
Ponieważ w czasie wykonywania zgrzewania odłączono jest sprzężenie od położenia osi robota /zablokowanie sygnału prędkości zadanej idącego od sterownika położenia do sterownika mocy/ robot "poddaje się" siłom działającym na niego przy zgrzewaniu /rys. 3/. Zabezpiecza to układy napędowe przed uszkodzeniem.

### 3.1.3. Wykrywanie przyzgrzania się szczęk zgrzewarki.

Jeśli którykolwiek z silników jest przeciążony, co wykrywane jest przez pomiar wartości prądu zadanego na płycie modyfikacji, wtedy sygnał blokujący prędkość zadaną i rozkaz zgrzewania nie są generowane. Takie przeciążenie wystąpi podczas przyzgrzania się szczęk, gdy nastąpi próba przejścia do następnego, blisko leżącego punktu. Drugą reakcją na przeciążenie jest przejście robota w tzw. stan stopu systemu. W stanie tym, który nie istnieje w robocie standardowym, wykonywany program zostaje zatrzymany, ograniczone zostają prądy silników, zaświecec się lampka STOP AWARYJNY oraz diody w tych przyświekach RUCHU na panelu programowania, które odpowiadają przeciążonym osiom i kierunkom ruchów, w których nastąpiło przeciążenie. Dzięki tej sygnalizacji możliwe jest szybkie doprowadzenie położenia zadanego do wymuszonego położenia rzeczywistego, tj. wyeliminowanie przyczyny powstania stanu "stopu systemu". Po oderwaniu szczęk zgrzewarki od detalu można wrócić do normalnej pracy przez wcisnięcie przycisku KASOWANIE STOPU AWARYJNEGO, bez konieczności ponownego synchronizowania robota, co jest dużą zaletą zwalczającą, że przyzgrzanie szczęk nie jest zjawiskiem rzadkim.

----- Ruch robota standardowego IRb-60

\_\_\_\_\_ Ruch robota IRb-60Z



Rys. 3. Pozycjonowanie robota IRb-60Z podczas zgrzewania.

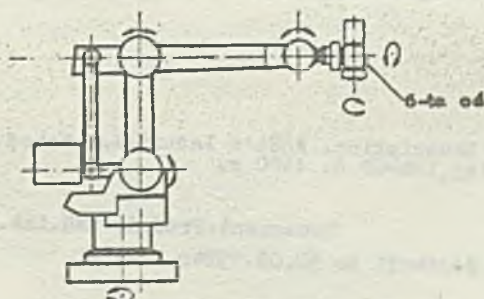
Jeśli dwa punkty zgrzewania oddalone są od siebie, lub ma być wykonany większy ruch po ostatnim punkcie zgrzewania, istnieje ryzyko, że w przypadku przyzgrzania się szczęki nastąpi zadziałanie stopu awaryjnego, spowodowane powstaniem zbyt dużego błędu między położeniem zadanim a rzeczywistym. Aby tego uniknąć, należy zaprogramować tzw. punkt fikcyjny leżący niedaleko ostatniego punktu zgrzewania. Sprawdzenie, czy nie nastąpiło w nim przyzgrzanie, odbywa się w wyżej opisany sposób, z tym, że sygnał do zgrzewarki zostaje w tym przypadku zablokowany przez programowe włączenie jednego z wyjść układu sterowania.

#### 3.1.4. Stan "stopu systemu":

Stan "stopu systemu" w robocie IRb-60Z, czyli awaryjne zatrzymanie robota, może wystąpić nie tylko podczas zgrzewania, ale i podczas zwykłego ruchu robota. Ma to miejsce, gdy wystąpi przeciążenie któregośkolwiek z silników przez czas dłuższy niż 3,5s. Krótkie przeciążenia są dopuszczalne i występują zwłaszcza przy użyciu robota do prac z obróbką mechaniczną, np. gradowanie, szlifowanie, innym źródłem wystąpienia stanu "stopu systemu" może być zewnętrzny czujnik przeciążenia mechanicznego. Sygnał z czujnika prowadzony jest do płyty modyfikacji i powoduje bezwzględne zadziałanie.

#### 3.2. Część manipulacyjna robota IRb-60Z.

W części manipulacyjnej robota wprowadzona szereg zmian umożliwiających łatwiejsze manipulowanie zgrzewadłem oraz zabezpieczających robot przed możliwym przyzgrzaniem się elektrod. Robot został uzupełniony o, tzw. szóstą oś, czyli dodatkową jednostkę napędową, zamocowaną na przegubie końca ramienia /rys. 4/. W napędach osi przegubu zastosowano dodatkowe



Rys. 4. Robot IRb-60 - 6-osiowy.

luzowniki elektromagnetyczne, niezbędne dla utrzymania /obciążonego szóstą osią i zgrzewadłem/ ramienia robota w aktualnej pozycji, w chwili wyłączenia zasilania silników. W celu odciążenia mechanizmu napędu ramienia zastosowano dodatkową sprężynę odciążającą, umocowaną do końca ramienia pionowego. Jako zabezpieczenie przed przeciążeniem mechanicznym, wywołanym, np. przyzgrzaniem się elektrod zgrzewadła do blachy, napęd ruchu przychyłowego przegubu został wyposażony w specjalne sprzęgło mechaniczne. Wystąpienie przeciążenia powyżej nastawionej wartości spowoduje zadziałanie mikroprzełącznika włączanego w obwód "stopu systemu". Jako alternatywa ww. rozwiązania możliwe jest elastyczne zawieszenie zgrzewadła i wyposażenie go w przełączniki wykrywające ugięcie się zawieszenia, a więc pełniące funkcję sygnalizatorów przyzgrzania się elektrod.

#### 4. Zakończenie.

Robot IRb-60Z przewidziany do zgrzewania punktowego może zostać zastosowany do zgrzewania blach o skomplikowanym usytuowaniu zgrzein, czyli wszędzie tam, gdzie zastosowanie prostych automatów zgrzewalniczych jest trudne i nieopłacalne. Dotyczy to głównie przemysłu motoryzacyjnego, w którym na świecie, roboty przemysłowe stosuje się już szeroko do zgrzewania karoserii samochodowych.

Prosta obsługa oraz możliwość zaprogramowania skomplikowanej trajektorii ruchu przez robot IRb-60Z, zapewnia elastyczność w stosowaniu go do różnych prac zgrzewalniczych. Czynnikiem, który zapewnia opłacalność jest możliwość uzyskania dużych szybkości poruszania się, nawet jeśli zgrzewane punkty leżą blisko siebie, przy jednoczesnym spełnieniu wymogów dokładności i powtarzalności zgrzein. Również brak konieczności żmudnego, powtórnego synchronizowania robota po awaryjnym zatrzymaniu jego pracy jest zaletą opisaną wcześniej modyfikacji układu sterowania. Wersja robota do zgrzewania rozszerza możliwości ofertowe robotów z rodziny IRb.

#### LITERATURA

- [1] Technical Description. ASSA's Industrial Robot System for Spot Welding, IRb-60 S. 1980 r.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Antoni Woźniak

Wpłynęło do Redakcji do 30.03.1984r.



## IRb - 60Z. РОБОТ ДЛЯ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ

## Резюме

В статье обсуждается промышленный робот типа IRb-60Z, приспособленный к точечной сварке. Самые главные черты устройства это: большая маневренность, большая рабочая скорость и возможность избежания аварийной задержки. Эти свойства были получены благодаря изменению управляемой системы и некоторых механических частей.

## IRb-60Z. ROBOT FOR SPOT WELDING

## Summary

The industrial robot IRb-60 applied for spot welding is described. This robot is characterized by following features: a big possibility of manipulations, high working speed, possibility to avoid emergency stop. They have been obtained by modification of the control system and some mechanical parts of robot.