



Politechnika Wrocławska



WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY

INSTYTUT MASZYN, NAPĘDÓW I POMIARÓW  
ELEKTRYCZNYCH

# Laboratorium Napędu robotów

INS 1

*Robot typu SCARA - RP-1AH*

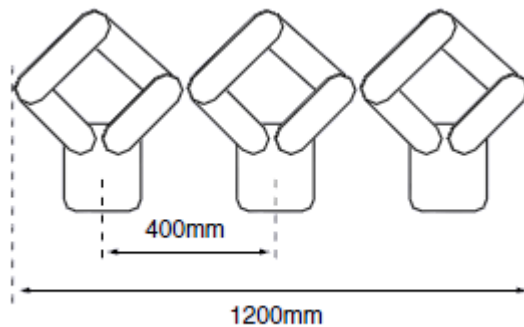
## 1 Charakterystyka robota RP – 1AH.



Rys. 1.1. Robot RP – 1AH

Roboty z podwójnym ramieniem SCARA serii RP (rys. 1.1) to systemy o wysokiej wydajności, stworzone specjalnie do wykonywania mikromanipulacji. Roboty te są wiodące na rynku pod względem dokładności, prędkości i kompaktowości. Idealne zakresy zastosowania kompaktowych urządzeń czteroosiowych to przykładowo produkcja zegarków, telefonów komórkowych i aparatów słuchowych, lutowanie mikro elementów itd. Przykład zastosowania robota w cyklu produkcyjnym został przedstawiony na rys. 1.3. Ciekawe jest to że cała linia produkcyjna wykorzystuje jedynie jeden typ robota. RP-1AH doskonale sprawdza się wszędzie tam, gdzie przestrzeń kolizyjna robota musi być minimalna i gdzie szczególny nacisk kładziony jest na szybkość działania i precyzję. Robot ten może zostać ustawiony na obszarze o wymiarach 200x160mm, wysokością 230 mm, posiada zasięg 236mm, a dokładność pozycjonowania wynosi 0,005mm. Jest to bez wątpienia osiągnięcie, które oferują do tej pory tylko roboty Mitsubishi Electric. Przykładowo, umieszcza on obiekt na powierzchni 150mm x 150mm z tolerancją powtarzalności 0,005 mm, a cykl od ujęcia do umieszczenia obiektu wykonuje jedynie w czasie 0,28 s. Oznacza to, iż RP-1AH wykona trzy kompletne cykle w ciągu jednej sekundy, obracając osią "Z" z prędkością 3000 ° stopni na sekundę (tabela 2.1 zawiera pozostałe parametry robota RP-1AH). Robot z tak niewielkimi wymiarami podstawy i piórkową wagą 10 kg, pracujący jak „koń”, jest idealnym rozwiązaniem do umieszczeniu go wewnątrz innej maszyny, lub w razie zapotrzebowania umieszczenie kilku robotów serii RP w niedużych odległościach między sobą jak można zaobserwować na rys. 1.2. Na przestrzeni 120 mm zostały zainstalowane trzy roboty. Skutkuje to znacznym zaoszczędzeniem miejsca. Roboty te są bez porównania bardziej

elastyczne niż tradycyjne manipulatory, dzięki czemu ich stosowanie znacznie zwiększa efektywność produkcji.



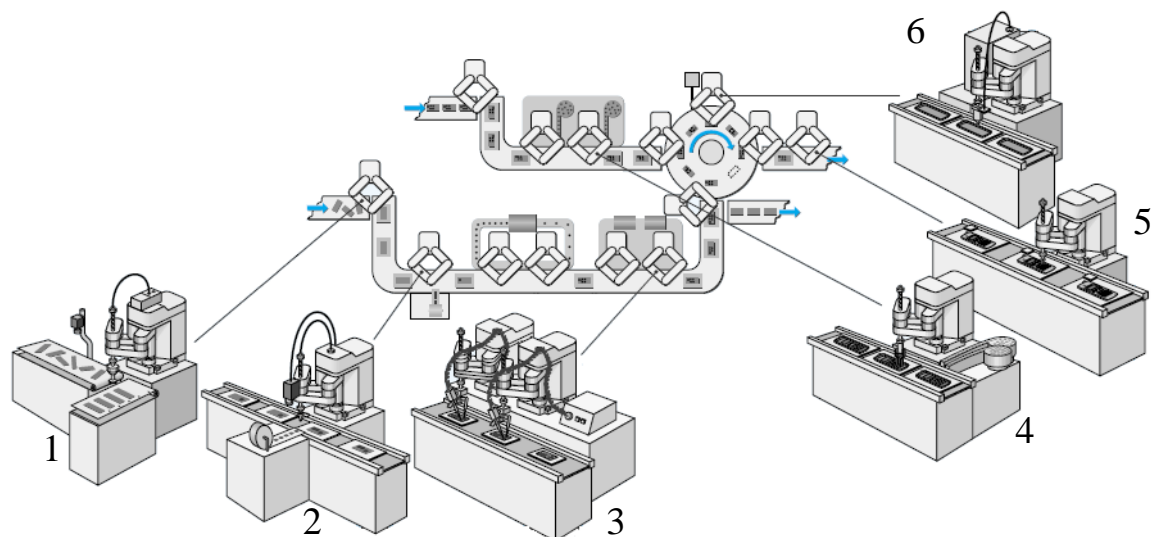
Rys. 1.2. Praca trzech robotów RP-1AH

Nowoczesny, wielozadaniowy system operacyjny robota pozwala na równoczesne wypełnianie wielu różnych funkcji, komunikując się z otaczającymi go urządzeniami peryferyjnymi w trakcie wykonywania swoich czynności. Mózgiem robota RP-1AH jest nowy kontroler CR z 64 - bitowym procesorem typu RISC, dostarczającym wysokiej mocy obliczeniowej, wymaganej przez ten wyjątkowo precyzyjny system sterowania.

Robot ten wyposażony jest w cztery serwonapędy prądu przemiennego o mocy 100W. Pozycje ustalane są za pomocą wbudowanych enkoderów.

Serwonapęd – bezszczotkowy napęd z silnikami synchronicznymi z magnesami trwałymi, umożliwia sterowanie prędkością, momentem i położeniem.

Kompaktowe wymiary oraz duża elastyczność budowy (konfiguracja efektora w dół i do góry) tego typu robotów umożliwiają ich zastosowanie zarówno jako roboty wykonujące indywidualnie zadania na taśmie produkcyjnej jak również mogą być umieszczone wewnątrz innej maszyny.

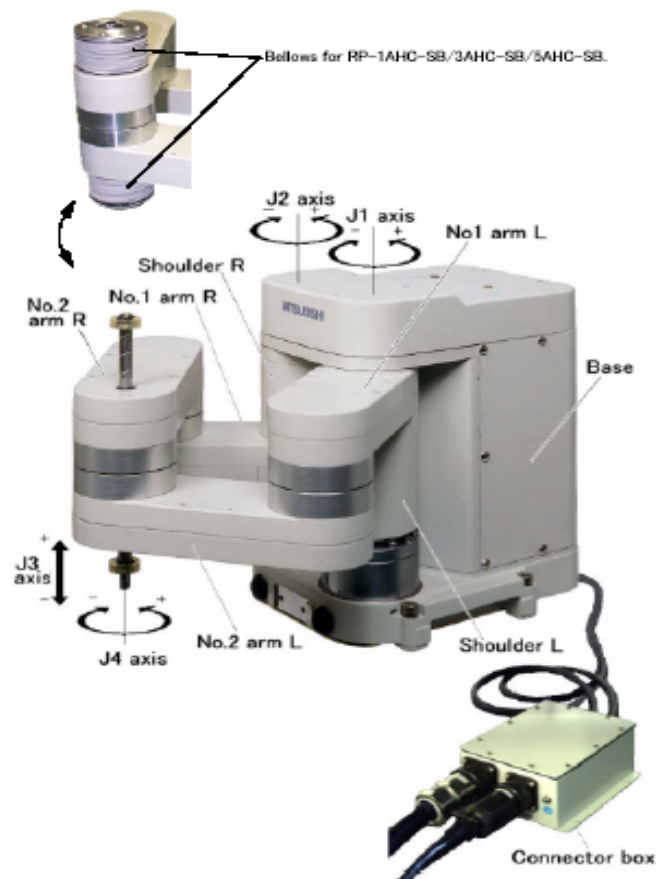


1 – pozycjonowanie części; 2 – montowanie części; 3 – lutowanie zamontowanych części;  
4, 5 – montowanie; 6 – uszczelnianie

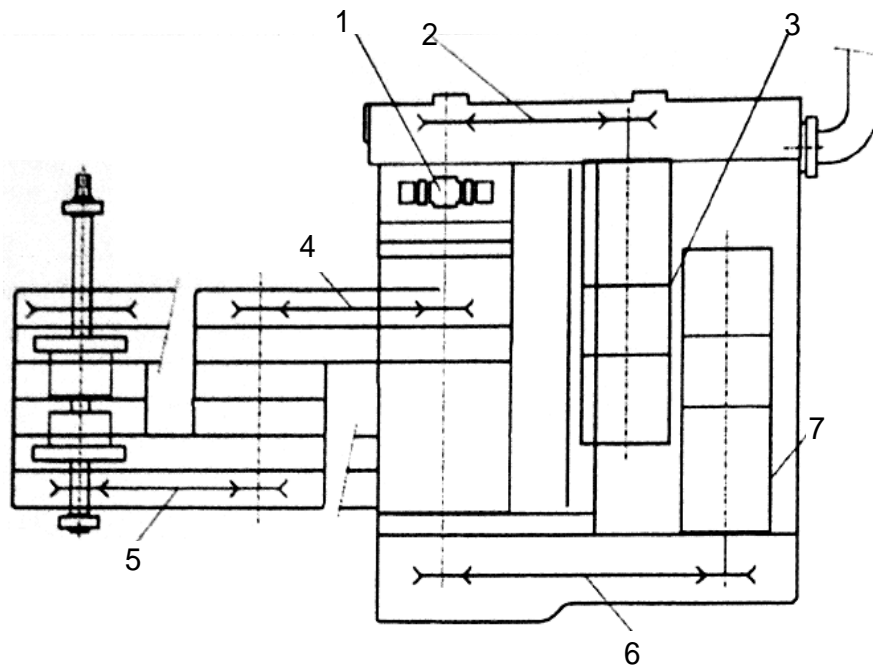
Rys. 1.3. Przykład zastosowania robota RP – 1AH do montażu kalkulatorów

## 2 Budowa i właściwości robota RP – 1AH.

Ogólny widok robota przedstawiono na rys. 2.1, na którym oznaczone są osie oraz opisane są składowe elementy robota. Baza robota jest nieruchoma. Ramię robota składa się z kilku części „ramion”, dzięki takiemu rozwiązaniu dane położenie można uzyskać tylko w jeden sposób co zwiększa jego precyzję i stabilność. Wewnątrz bazy znajdują się cztery serwonapędy, po jednym dla każdej z osi. Natomiast zarówno w bazie jak i w ramionach znajdują się pasy synchronizujące oraz przekładnie redukcyjne pokazane na rys. 2.2, rys. 2.3 i rys. 2.4. Tabela 2.1 przedstawia dane techniczne robota RP-1AH.

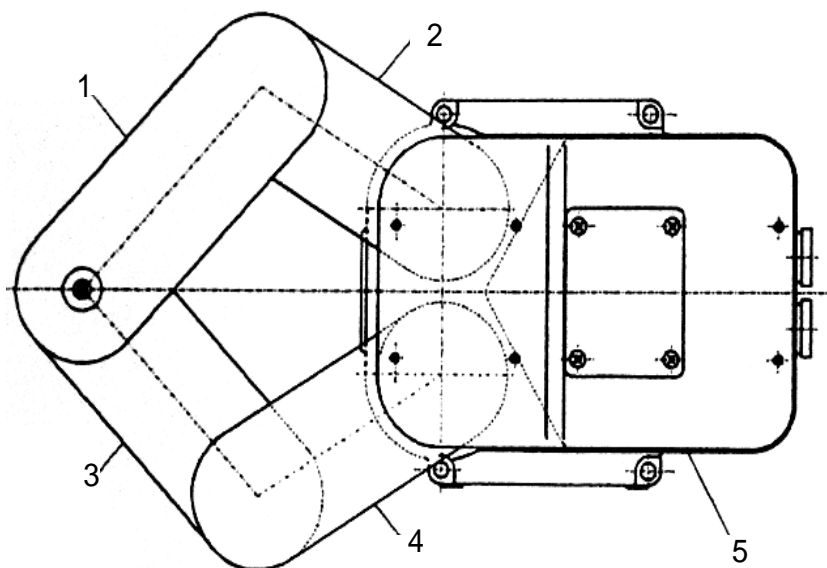


Rys. 2.1. Ogólna budowa robota RP - 1AH firmy Mitsubishi.



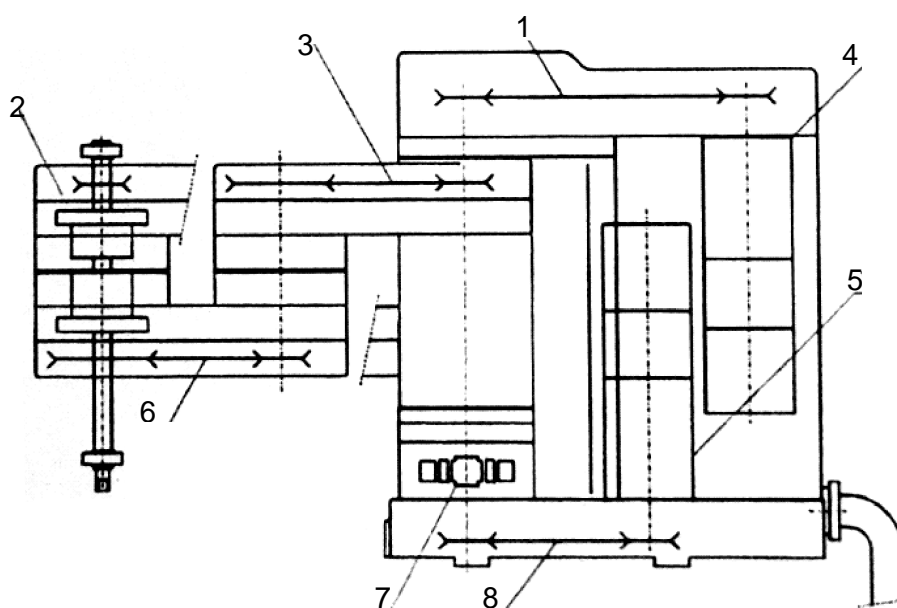
Rys. 2.2. Rzut z prawego boku.

1 – przekładnia redukcyjna osi J2; 2 – pas synchronizujący osi J2; 3 – serwonapęd napędzający oś J2; 4 – drugi pas synchronizujący osi J3; 5 – trzeci pas synchronizujący osi J3; 6 – pierwszy pas synchronizujący osi J3; 7 – serwonapęd napędzający oś J3.



Rys. 2.3. Rzut z góry.

1 – ramie prawe nr 2; 2 – ramie prawe nr 1; 3 – ramię lewe nr 2; 4 – ramię lewe nr 1; 5 – baza robota.



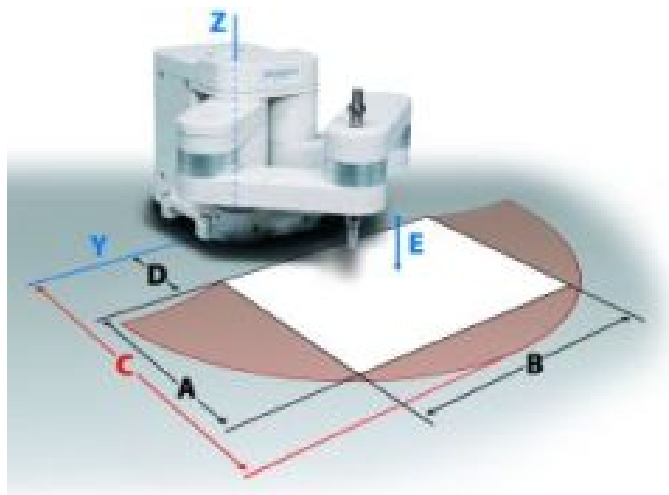
Rys. 2.4. Rzut z lewego boku.

1 – pierwszy pas synchronizujący osi J4; 2 – przekładnia kulowa do zamiany ruchu obrotowego na postępowy osi J3; 3 – drugi pas synchronizujący osi J4; 4 - serwonapęd napędzający oś J4; 5 - serwonapęd napędzający oś J1; 6 – trzeci pas synchronizujący osi J4; 7 – przekładnia reducyjna osi J1; 8 – pas synchronizujący osi J1.

Tabela 2.1. Dane techniczne robota RP-1AH firmy Mitsubishi.

Parametry		Wartości
Liczba stopni swobody		4
Rodzaj napędu		AC servo
Detekcja pozycji		Enkoder absolutny
Maksymalne obciążenie		1 [kg]
Długości ramion		100 + 140 [mm]
Dopuszczalne limity	Powierzchnia robocza X,Y	150x105 [mm]
	Wysokość osi Z	30 [mm]
	Obrót końcówki	$\pm 200$ [ $^{\circ}$ ]
Maksymalna prędkość napędów	W osiach X,Y	480 [ $^{\circ}$ /s]
	W osi Z	800 [mm/s]
	Obrót końcówki	3000 [ $^{\circ}$ /s]
Czas cyklu		0.28 [s]
Powtarzalna dokładność pozycjonowania	W osi X,Y	$\pm 0.005$ [mm]
	W osi Z	$\pm 0.01$ [mm]
	Obrót końcówki	$\pm 0.02$ [ $^{\circ}$ ]
Dopuszczalny moment obrotowy		$0.3 \times 10^{-3}$ [kg*m <sup>2</sup> ]
Dopuszczalny zakres temperaturowy		0 – 40 [ $^{\circ}$ C]
Waga		12 [kg]
Dodatkowe wyposażenie		8 wejść i 8 wyjść cyfrowych do sterowania różnymi urządzeniami

Analizując powyższe dane techniczne można stwierdzić, że jest to typowy przykład robota przemysłowego drugiej generacji wyposażonego w czujniki umożliwiające kontakt z otoczeniem. Jego mała przestrzeń robocza rys. 2.5 (gdzie: A x B – 105x150mm; C – 234mm ; D – 95mm; E – 30mm), a przy tym bardzo duża dokładność, determinuje procesy przemysłowe do jakich może on być przeznaczony. Powinny to być zadania wymagające dużej precyzji jak na przykład: montaż elementów na płytkach elektronicznych, wypalanie płytek, czy procesy skrawania.



Rys. 2.5. Przestrzeń robocza robota RP-1AH.

### 3 Właściwości kontrolera CR1-571, czyli sterowanie robotem RP-1AH.

Roboty firmy Mitsubishi z rodziny RP jak i RV (roboty ramieniowe) sterowane są poprzez 64 bitowe CPU, który w trybie wielozadaniowym może wykonywać do 32 zadań jednocześnie. Kontroler stanowi najważniejszą część robota, jest niejako jego „mózgiem”. To za pośrednictwem kontrolera zadajemy parametry i możemy odczytać aktualne położenie. Sterownik zapewnia obsługę robota z ręcznego panelu sterowniczego i pozwala na pośrednią komunikację z operatorem. Tabela 3.1 zawiera parametry kontrolera CR1-571. Kontroler robota może być wyposażony w dodatkowe karty rozszerzeń, dzięki którym możliwe jest zwiększenie obszaru zastosowania robota.

Z danych technicznych wynika, iż robot jest wyposażony w wysokiej klasy kontroler. Zastosowany w nim procesor sygnałowy pozwala na dokładne pozycjonowanie, a system RISC umożliwił skrócenie wykonywania każdej z funkcji do jednego cyklu. Oczywiście nie jest to struktura zamknięta, można ją rozbudowywać, dodając odpowiednie karty rozszerzające o obsługę Ethernetu czy dodatkowych wejść – wyjść cyfrowych.

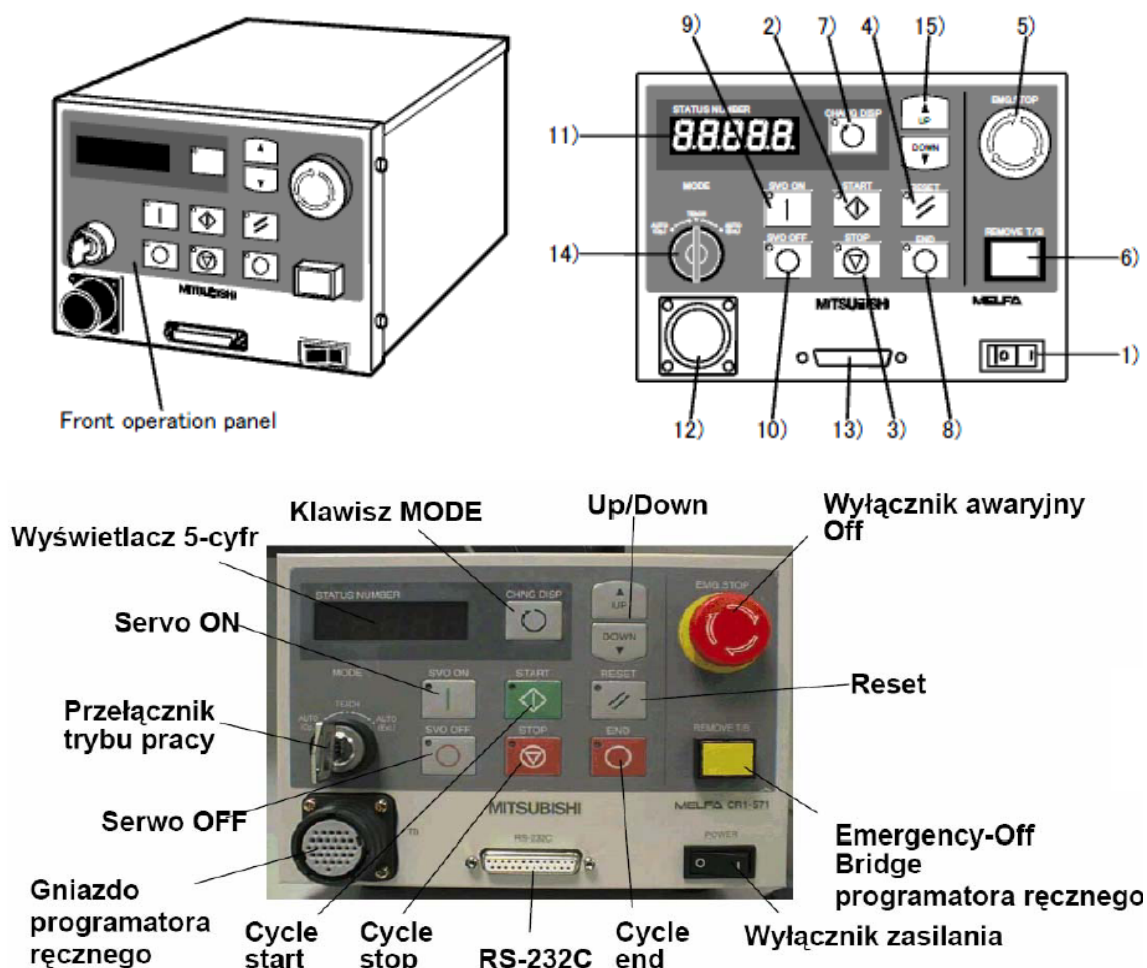
Standardowe funkcje sterowników robotów:

- łatwe do nauczenia polecenia sterujące,
- interpolacja 3D cyrkularna, osiowa i linearna,
- technologia podprogramu,
- zintegrowane funkcje paletyzacji,
- obróbka przerw,
- tracking (śledzenie taśmy),
- łatwe włączanie dowolnych systemów kamer,



- funkcja compliance control,
- zintegrowane funkcje matematyczne,
- system operacyjny Multitasking.

Na rys. 3.1 pokazano jednostkę sterującą CR1 -571 wraz z opisem jej panelu.



Rys. 3.1. Kontroler CR1-571

- 1) **POWER**, włącza zasilanie jednostki sterującej.
- 2) **START**, uruchamia program i umożliwia ponowny powrót do pracy robota, jeśli wcześniej zatrzymaliśmy go przyciskiem stop.
- 3) **STOP**, powoduje zatrzymanie robota, serwomechanizm nie wyłącza się.
- 4) **RESET**, naciśnięcie powoduje resetowanie wykonywanego programu oraz służy do kasowania komunikatu o wykrytym błędzie.
- 5) **EMG STOP** zatrzymuje robot w awaryjnych stanach. Powoduje wyłączenie serwomechanizmu.

- 6) **REMOVE T/B** Jest używany do łączenia i rozłączania T/B.
- 7) **CHANG DISP**, umożliwia przechodzenie między opcjami wyświetlanymi przez wyświetlacz
- 8) **END**, powoduje zatrzymanie programu w ostatniej linii albo po stwierdzeniu końca.
- 9) **SVO ON**, przycisk włączania serwomechanizmu.  
np. Nazwa Programu - Prędkość wykonywania programu.
- 10) **SVO OFF**, powoduje wyłączenie serwomechanizmu.
- 11) **STATUS NUMBER**, Status błędu.
- 12) Złącze szeregowo RS-232C, umożliwia połączenie jednostki sterującej z PC.
- 13) Złącze ręcznego panelu programowania.
- 14) Przełącznik trybu pracy  
**AUTO (OP.)** – tylko operacje z kontrolera są ważne, operacje w tym trybie z zewnętrznymi urządzeniami nie są możliwe.  
**TEACH** – operacje od panelu sterowania są ważne.  
**AUTO (Ext.)** - tylko operacje z zewnętrznego urządzenia są ważne.
- 15) **UP/DAWN**, umożliwia zmianę wyświetlanego przez wyświetlacz programu bądź prędkości wykonywanego programu.

Sterownik ten należy do nowej generacji NARC. Dzięki temu, jeden sterownik umożliwia sterowanie różnymi modelami robotów Mitsubishi.

Sterownik CR-1 może być włączony do sieci 230V / 50Hz bez żadnych ograniczeń. Połączony jest z manipulatorem za pomocą dwóch przewodów: przewodu sterującego oraz zasilającego.

Tabela 3.1. Dane techniczne kontrolera CR1-571.

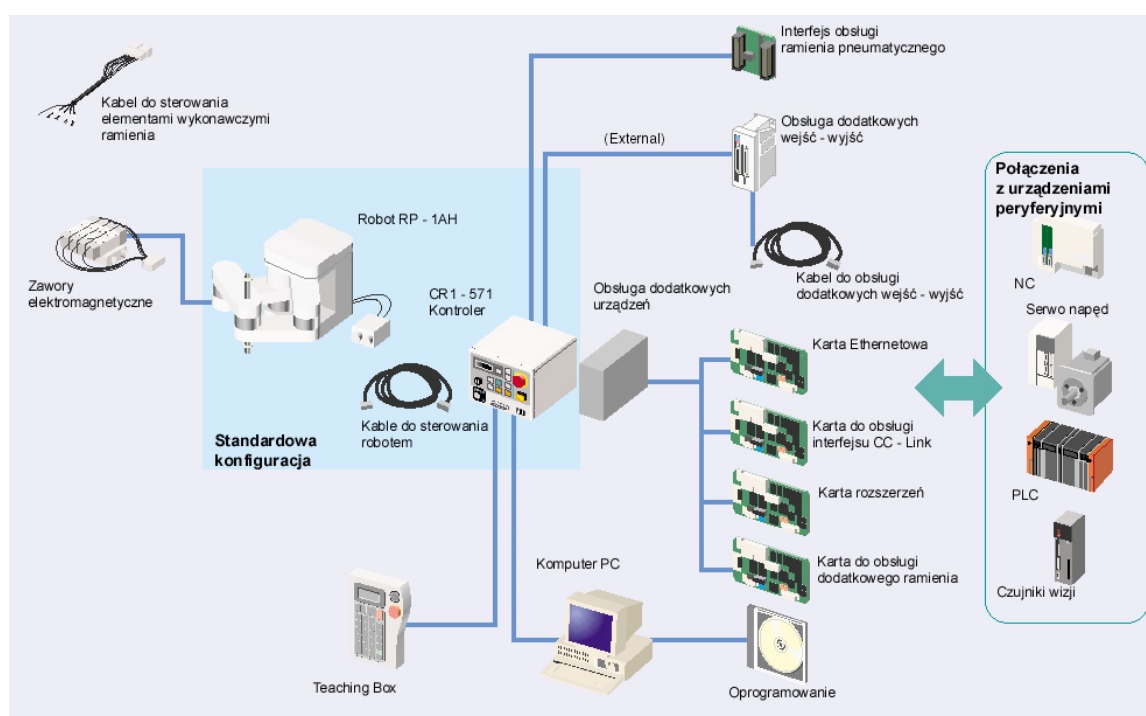
Parametry		Wartości – opis parametru
Sterowanie trajektorią		PTP, CP
Liczba sterowanych osi		4
Procesor		RISC/DSP
Ważniejsze funkcje		Interpolacja pośrednia i bezpośrednia, interpolacja trójwymiarowa, paletyzacja, skoki warunkowe, podprogramy, multi-tasking, optymalna kontrola prędkości, optymalna kontrola zakresów, optymalne połączenia sieciowe, itd.
Język programowania		MELFA – BASCI IV
Metody uczenia się pozycji		Ucząca, MDI
Zakres pamięci	Pozycje uczące	2500
	Liczba kroków	5000
	Liczba programów	88
Wyjścia zewnętrzne	Główne I/O	16/16 (opcjonalnie 240/240)
	Specjalne wyjście	Ulokowane w głównych (jest wyprowadzony punkt „STOP”)
	W korpusie robota I/O	8/8
	Wypadkowe wyjście stopu	1
Interfejsy	RS – 232C	1 (komunikacja z PC)
	RS – 422	1 (tylko dla teaching box)
	Specjalny slot do ramienia	1 (służy do sterowania ramieniem pneumatycznym, lub elektrycznym)
	Robot I/O	1 (służy do komunikacji z robotem)
Dopuszczalny zakres temperaturowy		0 – 40 [°C]
Zasilanie elektryczne	Napięcia zasilające	207 – 253 V /50 Hz
	Moc pobierana z sieci	0.7 kW
Wymiary		212 x 290 x 151 [mm]
Waga		8 [kg]

Kontroler wraz z robotem, dodatkowymi urządzeniami, komputerem PC, okablowaniem i oprogramowaniem stanowi całościowy system (rys. 3.2), który pozwala na wykonywanie odpowiednich zadań, narzuconych przez technologa i programistę. Cała ta struktura charakteryzuje się uniwersalnością, umożliwiającą dostosowanie się do szerokiej gamy procesów przemysłowych oraz do współpracy z wieloma dodatkowymi urządzeniami.

Interfejs RS-232 oraz standardowe 16 wejść i 16 wyjść cyfrowych pozwalają na swobodną komunikację robota z innymi urządzeniami, sensorami itp.

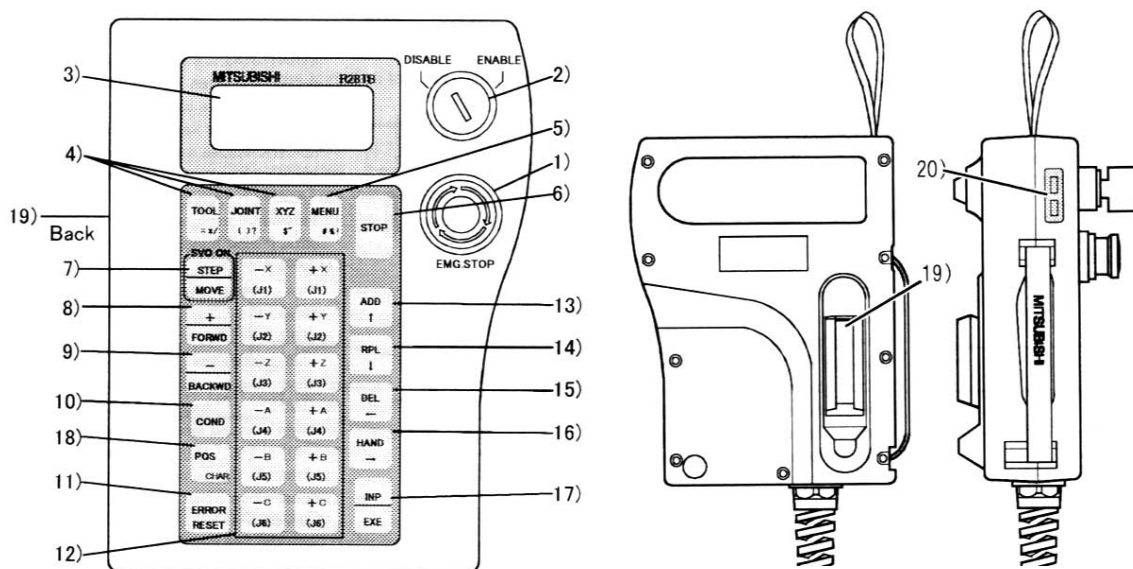
Istnieje możliwość zintegrowania kontrolera z siecią Ethernet poprzez zastosowanie dodatkowego modułu obsługującego protokół TCP/IP.

Inne zalety robota to możliwość integracji z siecią CC-link oraz Profibus.



Rys. 3.2. Kompleksowa konfiguracja robota, wraz z obsługą dodatkowych urządzeń.

Do sterowania robotami prócz komputerów klasy PC z odpowiednim oprogramowaniem używa się paneli uczących. Bardzo często ma miejsce sytuacja gdy robot nie ma dostępu do komputera, a istnieje konieczność załadowania nowego oprogramowania do sterownika bądź np. korekta aktualnego, wówczas funkcję komputera może przejąć z powodzeniem panel sterujący. Na rys. 3.3 przedstawiono panel sterujący wykorzystywany w laboratorium oraz opis jego podstawowych funkcji.



Rys. 3.3. Panel sterujący

- 1) **EMG.STOP**, przyciśnięcie powoduje nagłe wyłączenie serwomechanizmu. Włączenie ponowne serwomechanizmu jest możliwe po przekręceniu przycisku zgodnie ze wskazówkami zegara.
- 2) **DISABLE/ENABLE**, włącza i wyłącza możliwość sterowania robotem za pomocą panelu sterowania. Przełącznik ten jest bardzo ważny należy zwrócić na niego uwagę gdyż nieumiejętne korzystanie powoduje blokadę całego robota.
- 3) Wyświetlacz ułatwiający sterowanie oraz kontrolowanie robota.
- 4) Umożliwiają sterowanie robotem w układach współrzędnych związanych z narzędziem, współrzędnych osiowych oraz współrzędnych globalnych. Można też dzięki tym przyciskom odczytać dokładne bieżące położenie części roboczej robota.
- 5) **MENU**, przycisk ten pokazuje ekran menu.
- 6) **STOP** ten przycisk działa podobnie jak przycisk stop na jednostce sterującej, powoduje zatrzymanie wykonywania programu i pracy robota, pomimo że przełącznik na panelu sterowania jest w pozycji **DISABLE**.
- 7) **STEP/MOVE**, sterowanie ręczne robotem jest możliwe dzięki trzymaniu tego przycisku oraz przycisku znajdującego się w odwrotnej stronie panelu sterującego i wybraniu odpowiedniego przycisku operacyjnego.
- 8) **+FORWD**, przycisk ten jak również 9) **-BACKWD** umożliwiają przemieszczanie się między liniami programu jak również między poszczególnymi punktami pośrednimi w programie.

- 10) **COND** służy do edytowania programu, do wprowadzania punktów pośrednich przy pisaniu programu.
- 11) **ERROR RESET**, służy do resetowania programu oraz do kasowania komunikatu o wykrytym błędzie.
- 12) Przyciski operacyjne, służą do sterowania ręcznego w różnych układach współrzędnych jak również do pisania programów, ponieważ po tym przyciskami kryją się zarówno liczby jak i litery. Wprowadzenie litery jest możliwe z wcześniejszym przytrzymaniem przycisku 18.
- 13) **ADD**, przycisk, dzięki któremu możemy wprowadzać punkty pośrednie, jeśli przytrzymamy go razem z przyciskiem 18.
- 14) **RPL**, przycisk umożliwia korektę danych
- 15) **DEL**, umożliwia kasowanie wprowadzonych liter bądź też znaków oraz kasowanie całych linijek programu.
- 16) **HAND**, umożliwia zamykanie i otwieranie chwytaka robota, jeśli naciśniemy jednocześnie [-C(J6)] lub [+C(J6)] z przyciskiem wyżej wymienionym.
- 17) **INP/EXE**, powoduje wprowadzenie pisanych linii programu do pamięci jednostki sterującej.
- 18) **POS CHAR**, zmiana klawiatury pomiędzy liczbami a znakami alfanumerycznymi
- 19) **Deadman Switch**, przycisk bezpieczeństwa, całkowite puszczenie lub ściśnięcie z dużą siłą powoduje zatrzymanie serwomechanizmów. Trzymanie przycisku w pozycji środkowej umożliwia sterowanie robotem.
- 20) Regulacja kontrastu

## **Literatura:**

Opracowanie zostało przygotowane w oparciu o poniższą literaturę:

1. Waldemar Kanior, „Zastosowanie robota typu SCARA do automatyzacji wybranych procesów technologicznych”, Praca magisterska, Wrocław 2006;
2. Kamil Florków, „Zastosowanie robotów przemysłowych firmy MITSUBISHI do automatyzacji wybranych procesów przemysłowych”, Praca magisterska, Wrocław 2010;
3. <http://www.telemanipulators.com/>
4. Mitsubishi Industrial Robot – RP-1AH/3AH/5AH Series – Instruction Manual, 2000
5. Mitsubishi Industrial Robot – CR1 Controller – Instruction Manual, 2000