

Obsługa i programowanie robota FANUC LR Mate 200iC/200iD*

Katarzyna Zadarnowska Jacek Jagodziński Arkadiusz Mielczarek

1 Zasady bezpieczeństwa

Strefa robocza manipulatora oddzielona jest od pozostałej części laboratorium barierkami. W trakcie pracy robota, ze względów bezpieczeństwa, nie wolno przebywać w strefie działania robota. W przypadku konieczności natychmiastowego zatrzymania manipulatora należy wcisnąć przycisk „STOP awaryjny” znajdujący się na panelu operatora (rys. 1 przycisk oznaczony 3) lub na panelu sterowania (rys. 3). Chwytnik manipulatora zasilany jest sprężonym powietrzem. Sprężarkę uruchamia i wyłącza prowadzący. W przypadku zauważenia nieszczelności w przewodach pneumatycznych, należy oddalić się od manipulatora na bezpieczną odległość i poinformować prowadzącego.

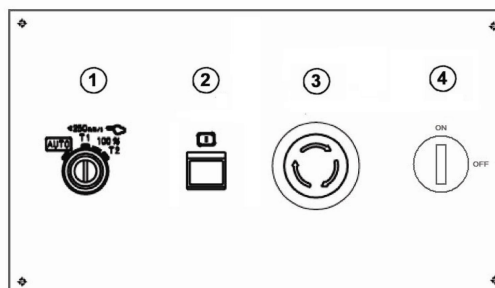
2 Opis stanowiska laboratoryjnego

Stanowisko laboratoryjne składa się z szafy sterowniczej wyposażonej w panel operatorski, manipulatora LR Mate 200iC (LR Mate 200iD) (FANUC), panelu sterującego (iPendant) i sprężarki[†].

2.1 Szafa sterownicza – kontroler

System sterowania zapewnia kontroler R-30iA Mate (R-30iB Mate), który jest najważniejszym elementem systemu. Dzięki niemu następuje wymiana informacji pomiędzy programatorem a zespołem wykonawczym – manipulatorem. Kontroler robota zawiera jednostkę zasilającą, układ komunikacji z użytkownikiem (panel operatora na kontrolerze i panel sterujący – ręczny programator), układ kontroli ruchu, układy pamięci oraz układy wejścia/wyjścia.

Jednostka centralna steruje serwowzmacniaczami, które kontrolują osie robota, wliczając osie dodatkowe, poprzez główną płytę drukowaną z CPU. Układ pamięci może zapisać program oraz dane wprowadzone przez użytkownika do pamięci C-MOS RAM na płycie głównej. Układ wejścia/wyjścia (WE/WY) kontrolera komunikuje się z jednostkami zewnętrznymi otrzymując i wysyłając sygnały przez łączeniowy kabel WE/WY oraz zewnętrzny kabel połączeniowy. Do sterowania jednostką wykorzystuje się panel sterujący iPendant. Panel operatora (rys. 1) jest wyposażony w przyciski, przełączniki i gniazda. Stosowany jest podczas produkcji, gdy robota zaprogramowano, a panel sterowania jest odłączony od kontrolera. Przyciski na panelu operatora mogą być używane do awaryjnego zatrzymania (rys. 1 nr 3) oraz uruchamiania programu (rys. 1 nr 2). Przed rozpoczęciem ćwiczenia należy upewnić się, czy przełącznik trójpołożeniowy (rys. 1 nr 1) jest ustawiony w trybie: T1 (< 250 [mm/s]). Tryb ten jest przeznaczony do edycji programów, służy do bezpiecznego zapamiętywania pozycji pracy robota oraz sprawdzania toru ruchu robota na małej prędkości. Pozostałe tryby: AUTO – jest przeznaczony do pracy w czasie produkcji, natomiast



Rysunek 1: Panel operatora (schemat):
1 przełącznik trój-położeniowy, 2 Przycisk startu, 3 Przycisk zatrzymania awaryjnego, 4 Włącznik kontrolera

*Różnice pomiędzy modelami zostały zaznaczone w tekście za pomocą nawiasów lub przypisów.

[†]Dotyczy tylko LR Mate 200iC.

tryb T2 (100%) – do pracy przy pełnej prędkości.

2.2 Manipulator[‡]

Manipulator LR Mate 200iC (FANUC) to mini-robot przemysłowy, którego głównymi zastosowaniami są: przenoszenie i usuwanie materiałów, podnoszenie i pakowanie (paletyzacja), montaż, mycie, dozowanie oraz pobieranie próbek. Manipulator składa się z 6 stopni swobody, a dopuszczalne obciążenie to 5 [kg]. Robot zapewnia powtarzalność ruchów z dokładnością ± 0.02 [mm], przy maksymalnym obciążeniu i prędkościach (przegub 1: 350 [°/s]). Schemat manipulatora wraz z oznaczeniami poszczególnych osi prezentuje rys. 2. Przedstawiona pozycja robota jest pozycją bazową, w której wartości kątów wszystkich przegubów są równe zero. Zakresy ruchu poszczególnych kątów są następujące:

$J1 \in [-170^\circ, +170^\circ]([-177^\circ, +177^\circ])$,

$J2 \in [-60^\circ, +140^\circ]([-66.3^\circ, +144^\circ])$,

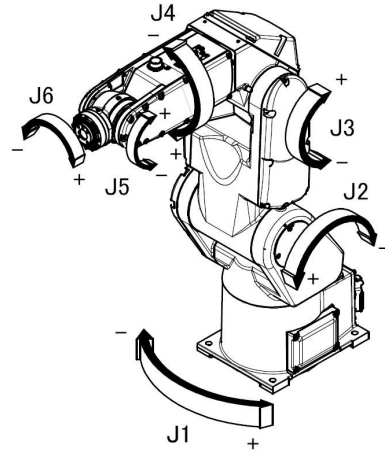
$J3 \in [-72^\circ, +185^\circ]([-77^\circ, +190^\circ])$,

$J4 \in [-190^\circ, +190^\circ]([-190^\circ, +190^\circ])$,

$J5 \in [-120^\circ, +120^\circ]([-124^\circ, +124^\circ])$,

$J6 \in [-360^\circ, +360^\circ]([-360^\circ, +360^\circ])$

(w nawiasach podano fizyczne ograniczenia). Manipulator wyposażony jest w dwustanowy chwytak[§], o stanach otwarty i zamknięty.



Rysunek 2: Manipulator LR Mate 200iC z oznaczeniami osi

2.3 Panel sterujący – iPendant

iPendant jest ręcznym programatorem służącym do poruszania manipulatorem (sterowanie ręczne) oraz wprowadzania i testowania programów. Panel posiada duży, kolorowy wyświetlacz ciekłokrystaliczny oraz klawiaturę. Znajdują się na nim także klawisze specjalne (rys. 3) przycisk STOPu awaryjnego, włącznik oraz, z tyłu, przyciski DEADMAN (czuwaka) – jeden z tych przycisków należy nieustannie lekko naciskać podczas pracy z robotem. Przegląd klawiszy powiązanych z menu, został zaprezentowany w tab. 1, klawisze edycji zamieszczono w tab. 2.

3 Sterowanie w trybie ręcznym

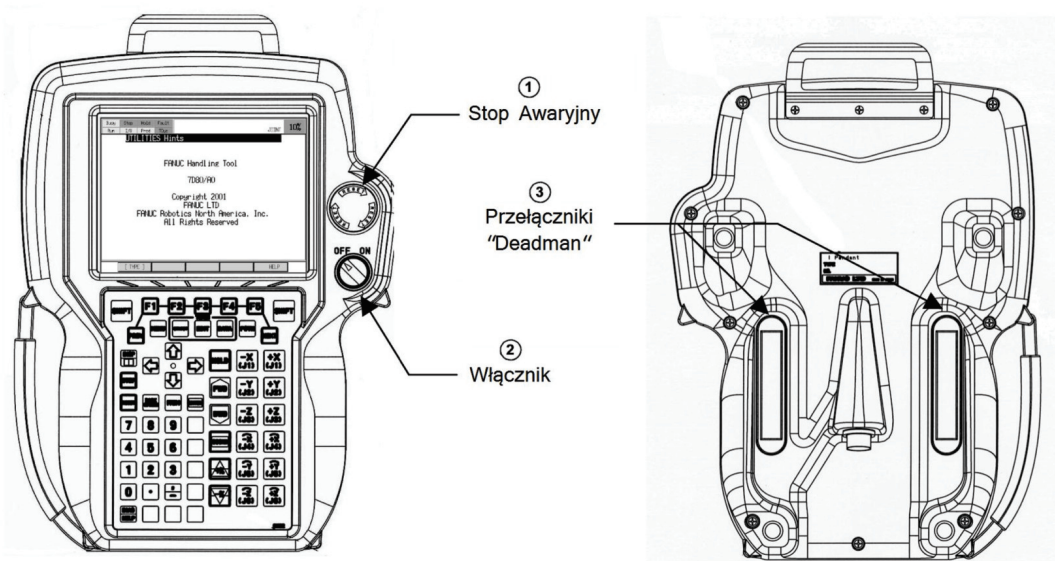
Przed uruchomieniem robota należy dopilnować, by nikt nie znajdował się wewnątrz ogrodzonej strefy bezpieczeństwa.

3.1 Okno stanu

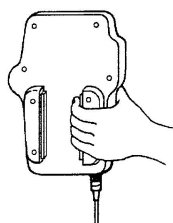
Okno w górnej części ekranu iPendant nazywane jest oknem stanu (rys. 5). Funkcją okna jest wyświetlanie niezbędnych informacji dotyczących robota. Znajduje się tu osiem podświetlanych pól, wizualizujących informacje o alarmach oraz wartość współczynnika prędkości. Opis wskaźników stanów został przedstawiony w tab. 3. Każde pole jest włączone, gdy wyświetlane jest razem z ikoną, lub wyłączone, gdy wyświetlana jest bez ikony.

[‡]Dane techniczne zawarte w rozdziale dotyczą tylko LR Mate 200iC. LR Mate 200iD ma jedynie identyczną strukturę kinematyczną.

[§]Dotyczy tylko LR Mate 200iC.



Rysunek 3: Panel operatora – iPendant



Rysunek 4: Sposób trzymania czuwaka DEADMAN







Busy	Step	Hold	Fault	TEST LINE 0 JOINT	10%
Run	I/O	Prod	TCyc		

Rysunek 5: Okno stanu

3.2 Uruchamianie robota

Należy trzymać panel sterowania w dłoniach i przytrzymywać przycisk DEADMAN przez cały czas pracy z robotem (rys. 4). DEADMAN jest przyciskiem trójpozycyjnym, który należy ustawić w pozycji środkowej. Uruchamiając robota, należy ustawić wyłącznik zasilania kontrolera w pozycji ON (rys. 1 nr 4), włączyć zasilanie panelu iPendant (rys. 3 nr 2); Ekran na panelu programowania wyświetli się po kilku sekundach. Wyłączyć STOPY awaryjne w kontrolerze rys. 1 nr 3 oraz w panelu sterowania rys. 3 nr 1. W przypadku zwolnienia przycisku DEADMAN następuje wyświetlenie komunikatu: „Deadman switch released” i natychmiastowe zatrzymanie manipulatora. Kasując błąd należy ponownie nacisnąć DEADMAN oraz klawisz RESET.

















W przypadku wystąpienia innych błędów należy sprawdzić ich kody w dodatku C pozycji [2] i postępować zgodnie z zaleceniami. Do poruszania manipulatorem wykorzystujemy przyciski opisane w tab. 4. Do zmiany układu współrzędnych wykorzystujemy przycisk COORD. Podczas ruchu krokowego w układzie współrzędnych JOINT, robot przemieszcza się niezależnie wzdłuż każdej z osi zgodnie z układem współrzędnych połączeniowych (rys. 2). W ruchu krokowym w układzie współrzędnych kartezjańskich, środkowy punkt narzędzia robota przemieszcza się zgodnie z osiami układu współrzędnych użytkownika (USER) lub układem współrzędnych połączeniowych (JGFRM). Podczas ruchu krokowego narzędzia (TOOL),

Klawisz	Funkcja
	Klawisze funkcyjne (F) wybierają menu funkcyjne znajdujące się w ostatniej linii ekranu.
	Klawisz NEXT przełącza menu klawisza funkcyjnego (F) na następną stronę.
	Klawisz MENUS, wyświetla „menu ekranu”. Klawisz FCTN wyświetla „menu funkcyjne”.
	Klawisz SELECT wyświetla ekran wyboru programu. Klawisz EDIT wyświetla ekran edycji programu. Klawisz DATA wyświetla ekran danych programu.
	Klawisz zmienia ekran docelowy operacji. Jego wciśnięcie wraz z klawiszem SHIFT, dzieli ekran (ekran pojedynczy, ekrany podwójne, ekrany potrójne, lub ekran stanu/pojedynczy).
	Jednokrotne wciśnięcie klawisza powoduje przejście na ekran podpowiedzi, wciśnięcie wraz z klawiszem SHIFT – przejście na ekran alarmu.


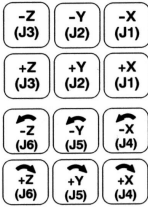


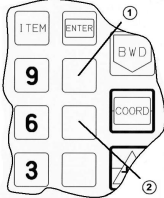
Tablica 1: Klawisze powiązane z menu

Klawisz	Funkcja
	Klawisz PREV przywraca ostatni stan. W niektórych przypadkach ekran może nie powrócić do poprzedniego statusu.
	Klawisz ENTER służy do wprowadzania danych lub wyboru menu.
	Klawisz BACK SPACE kasuje znak lub cyfrę znajdującą się tuż przed kursorem.
	Klawisz ITEM przesuwa kursor do linii, gdzie wyróżniona jest liczba.
	Klawisze służą do przemieszczania kursora. Kursor jest podświetloną częścią, która może przesuwać się po ekranie panelu. Część ta staje się przedmiotem danej operacji (wejście lub zmiany wartości).

Tablica 2: Klawisze powiązane z edycją

pole		Opis
wył.	włącz.	
		Robot pracuje (wykonany jest program; drukarka lub stacja dyskierek są zajęte).
		Robot pracuje w trybie krokowym.
		Przycisk HOLD jest przytrzymany (także sygnał HOLD na wejściu).
		Wystąpienie alarmu.
		Wykonywany jest program.
		Próbne wskaźniki dla narzędzia manipulacji.
		
		

Tablica 3: Opis wskaźników okna stanu.

	<p>Klawisz SHIFT jest używany do wykonania przesuwu krokowego robota, wprowadzenia danych zawierających pozycję oraz uruchomienia programu. Prawy i lewy klawisz SHIFT są funkcjonalnie identyczne.</p>
	<p>Klawisze przesuwu są aktywne, gdy trzymany jest przycisk SHIFT. Używane są one do ruchu krokowego.</p>
	<p>Klawisz COORD wybiera układ współrzędnych przesuwu ręcznego. Dostępne układy to: JOINT, JGFRM, WORLD, TOOL, USER. Naciśnięcie COORD wraz z SHIFT, przywołuje menu przesuwu krokowego umożliwiając zmianę współrzędnych.</p>
	<p>Klawisz ustawia prędkość przesuwu (prędkości: VFINE, FINE, 1%, 5%, 50%, 100%).</p>
	<p>Klawisze zaprogramowane do sterowania chwytakiem. Klawisz oznaczony 1 otwiera chwytak, a 2 zamyka.</p>

Tablica 4: Klawisze powiązane z pracą w trybie ręcznym

środkowy punkt narzędzia robota przemieszcza się zgodnie z osiami X, Y, Z w układzie współrzędnych narzędzia. Początkowe operacje powinny być wykonywane z małą prędkością, następnie sukcesywnie zwiększając.

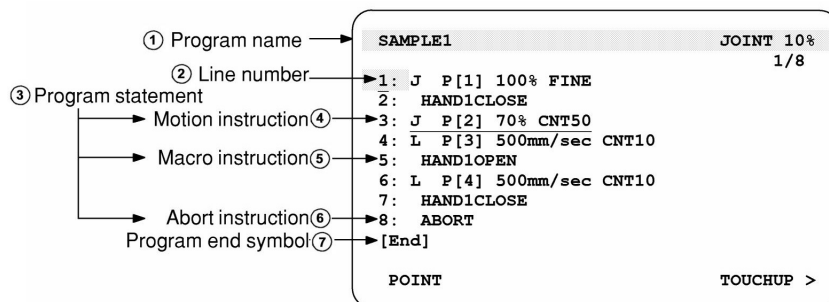
W celu przemieszczenia manipulatora przytrzymujemy przycisk DEADMAN, SHIFT oraz odpowiedni klawisz przesuwu. Umieszczenie zaprogramowanych przycisków otwarcia i zamknięcia chwytaka zawiera tab. 4.

4 Podstawy programowania

Program składa się z instrukcji ruchu, instrukcji wejścia/wyjścia, instrukcji obsługi rejestrów oraz rozkazów rozgałęzienia. Każda instrukcja posiada numer porządkowy (rys. 6). Zadanie realizowane jest poprzez sekwencyjne wykonywanie instrukcji. Do tworzenia lub edycji programu używa się programatora ręcznego.

4.1 Definiowanie układu współrzędnych użytkownika (USER FRAME)

Układ współrzędnych użytkownika (USER FRAME) jest układem względem którego są zapamiętywane punkty w programie. Domyślnie każdy USER FRAME jest tożsamy z układem zewnętrznym WORLD FRAME (USER FRAME 0 jest zawsze identyczny z WORLD FRAME). Zdefiniowanie własnego USER FRAME pozwala na pisanie bardziej "lokalnego" programu i napisany program może być wykonywany



Rysunek 6: Ekran edycji programu. Objaśnienie: 1. nazwa programu; 2. numer linii; 3. instrukcja programu; 4. instrukcja ruchu; 5. makroinstrukcja; 6. instrukcja przerywania; 7. symbol końcowy programu

w kilku miejscach w przestrzeni roboczej (np. na trzech identycznych stołach otaczających robota) bez potrzeby modyfikacji programu, a jedynie po zmianie USER FRAME. Co zwiększa odporność programu na reorganizację otoczenia robota. Aby zdefiniować USER FRAME, należy wybrać MENU, następnie SETUP (6) i FRAMES (4) oraz wybrać klawisz F3 [OTHER] i pozycję User Frame. Nacisnąć klawisz F2 [DETAIL], następnie F3 [METHOD] i zaznaczyć opcję Three Point. Każdy z trzech punktów zapisuje się za pomocą SHIFT + F5 [RECORD].

Metoda trzech punktów wymaga od użytkownika określenia trzech charakterystycznych punktów definiowanego układu współrzędnych: pierwszym jest początek układu, kolejnym – punkt na dodatniej półosi X, ostatni ma leżeć na dodatniej ze względu na Y półpłaszczyźnie XY definiowanego układu.

4.2 Tworzenie programu

4.2.1 Rejestracja oraz wprowadzanie informacji o programie

- Wcisnij przycisk MENUS w celu wyświetlenia menu ekranu.
- Wybierz SELECT. Możliwe jest także wyświetlenie ekranu wyboru programu poprzez naciśnięcie klawisza SELECT.
- Naciśnij klawisz F2 [CREATE], pojawi się ekran rejestracji programu.
- Przy pomocy kursorów wybierz metodę wprowadzenia nazwy programu (słowa lub znaki alfanumeryczne).
- Wprowadź nazwę naciskając klawisze funkcyjne odpowiadające znakom w nazwie programu. Nazwa programu musi zawierać do ośmiu znaków alfanumerycznych. Przy pomocy klawiszy funkcyjnych, poprzez kilkukrotne naciskanie klawisza odpowiadającego wyświetlanemu znakowi, wyświetlany znak pojawia się w polu nazwy programu, np. w przypadku wprowadzenia litery P należy nacisnąć klawisz funkcyjny F4 czterokrotnie. Naciśnij klawisz NEXT, aby przesunąć kursor do znaku znajdującego się na prawo od pozycji kursora. Powtarzaj procedurę do momentu wprowadzenia pełnej nazwy programu. Nazwa programu nie może zawierać znaków "@" i "*" oraz nie może zaczynać się cyfrą.
- Po wprowadzeniu nazwy naciśnij klawisz ENTER.
- Aby edytować zarejestrowany program naciśnij klawisz F3 (EDIT) lub ENTER. Pojawi się ekran edycji zarejestrowanego programu.
- Aby wprowadzić informacje o programie naciśnij klawisz F2 [DETAIL] (lub klawisz ENTER). Pojawi się ekran informacyjny programu. Można określić takie elementy informacji o programie jak nazwa programu, podtyp, komentarz, maska podgrupy, ochrona przed zapisem, deaktywacja przebrań (rys. 7).

```

Program detail                                JOINT 30 %
                                           1/6
Creation Date:                             10-MAR-1998
Modification Date:                         11-MAR-1998
Copy Source:                               [*****]
Positions: FALSE Size:                     312 Byte
 1 Program name:                           [SAMPLE3 ]
 2 Sub Type:                               [ Process]
 3 Comment:                                 [SAMPLE PROGRAM 3]
 4 Group Mask:                             [1,*,*,*,*]
 5 Write protect:                          [ OFF]
 6 Ignore pause:                           [ OFF]

      END  PREV  NEXT

```

Rysunek 7: Ekran informacyjny programu

- Po wprowadzeniu informacji o programie, naciśnij klawisz F1 (END). Pojawi się ekran edycji zarejestrowanego programu.

4.2.2 Określanie USER FRAME oraz TOOL FRAME programu

Dobłą praktyką jest określenie na początku programu w jakim układzie współrzędnych porusza się robot. Dotyczy to zarówno definicji środka narzędzia (TCP) efektora (TOOL) jak i układu współrzędnych użytkownika związanego np. ze stołem roboczym (USER FRAME). Jawne określenie używanych układów na początku programu zwiększa bezpieczeństwo oraz niezawodność. Uzyskujemy pewność, że punkty zapamiętane w pewnym układzie współrzędnych będą wykonywane w tym układzie. Aby określić USER FRAME oraz TOOL FRAME, używane w programie należy wybrać F1 [INST], następnie pozycję Offset/Frames i na końcu UFRAME_NUM=... lub UTOOL_NUM=... przypisując tym zmiennym numery odpowiednich układów współrzędnych.

4.2.3 Modyfikowanie i zapamiętywanie standardowych instrukcji ruchu

Pojedyncza instrukcja ruchu wyznacza ruch robota lub przemieszczanie środkowego punktu narzędzia (TCP) z obecnej pozycji do zadanej pozycji wewnątrz przestrzeni roboczej z określoną prędkością przesuwu i o określonym sposobie ruchu. Jeden z trzech rodzajów ruchu – ruch liniowy, ruch po łuku, ruch liniowy w przestrzeni konfiguracyjnej - może być wybrany do pracy robota. Gdy wybrany jest ruch w przestrzeni konfiguracyjnej odbywa się on liniowo w tej przestrzeni, co bardzo rzadko przekłada się na ruch liniowy w przestrzeni zewnętrznej. Kiedy wybrany jest ruch po linii prostej, narzędzie porusza się wzdłuż linii prostej pomiędzy dwoma wybranymi punktami. Kiedy wybrany jest ruch po łuku, narzędzie porusza się po łuku łączącym trzy wyznaczone punkty.

Ścieżka pozycjonowania może być wybrana zgodnie z jedną dostępną opcji: Fine lub Cnt.

- Przy włączonym programatorze ręcznym i wybranym ekranie edycji programu naciśnij klawisz F1 [POINT]. Pojawi się menu standardowych instrukcji ruchu (rys. 8). Za pomocą strzałek przejdź do wybranej instrukcji i zatwierdź wybór klawiszem ENTER.

```

POINT
  F1

```

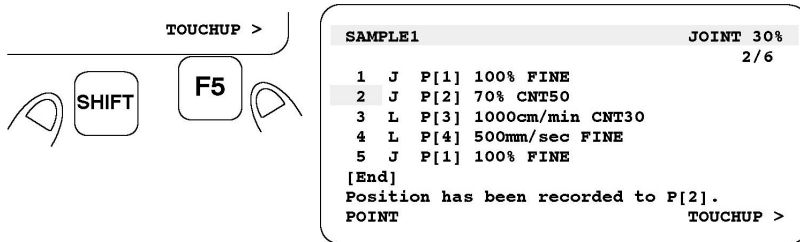
```

Joint default menu                            JOINT 30%
1 J P[ ] 100% FINE
2 J P[ ] 100% CNT100
3 L P[ ] 1000cm/min FINE
4 L P[ ] 1000cm/min CNT100
SAMPLE3
                                           1/1
[End]
ED_DEF                                TOUCHUP >

```

Rysunek 8: Menu standardowych instrukcji ruchu

- W celu zapamiętania określonej pozycji robota: przesuń kursor do numeru instrukcji, wykonaj ruch krokowy robota (kombinacja klawiszy DEADMAN+SHIFT+klawisz ruchu krokowego), zapamiętaj wybraną pozycję wciskając jednocześnie klawisze SHIFT i F5 [TOUCHUP] (rys. 9).



Rysunek 9: Zapamiętywanie instrukcji ruchu

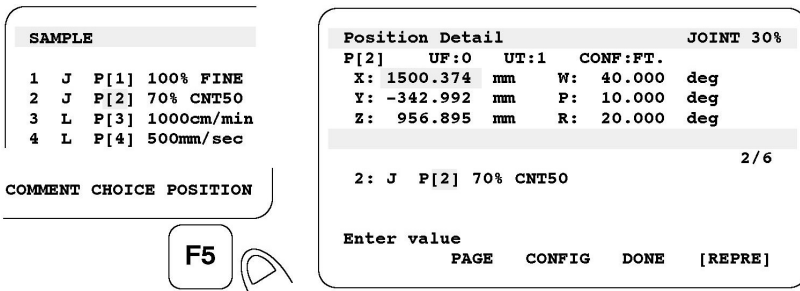
- W celu zmiany pozostałych elementów instrukcji ruchu: przesuń kursor do elementu instrukcji, która będzie zmieniana (typ ruchu, prędkość przesuwu, typ pozycjonowania lub dodatkowa instrukcja ruchu), wybierz klawisz numeryczny i klawisz funkcyjny w celu poprawienia elementu instrukcji. Jeżeli wyświetlane jest [CHOICE] w polu nazwy klawisza F4, naciśnij klawisz F4. Z podmenu zostaną wybrane inne opcje instrukcji.

Wybór instrukcji, warunkowych, wywołań podprogramów, paletyzacji itp. można dokonać po wybraniu F1 [INST].

4.2.4 Dodatkowe uwagi

Aby wyświetlić informacje danych pozycji, przesuń kursor do odpowiedniej zmiennej pozycji, a następnie naciśnij klawisz F5 (POSITION). Zostanie wyświetlony ekran informujący o danych pozycji (rys. 10). Aby zmienić pozycje, przesuń kursor do współrzędnych dla każdej osi i wprowadź nową wartość.

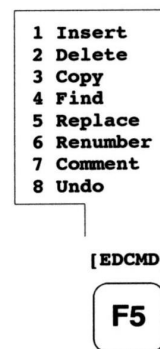
Edytor programu wyposażony jest ponadto w instrukcje ułatwiające edycję programu. Aby wykorzy-



Rysunek 10: Ekran informujący o danych pozycji

stać instrukcję edycji należy nacisnąć klawisz F5 (EDCMD) w celu wyświetlenia menu instrukcji edycji programu, a następnie wybrać z menu odpowiednią instrukcję (rys. 11).

W celu natychmiastowego zatrzymania robota, należy nacisnąć przycisk awaryjnego zatrzymania na panelu operatora lub panelu programowania. Chcąc ponownie uruchomić program, należy wyeliminować przyczynę awaryjnego zatrzymania (na przykład, poprawić program). Obrócić przycisk awaryjnego zatrzymania zgodnie z ruchem wskazówek zegara, w celu odblokowania. Nacisnąć przycisk RESET na ręcznym programatorze (lub na panelu operatora). Z ekranu panelu programowania zniknie wtedy komunikat alarmowy, a lampka FAULT wyłączy się.

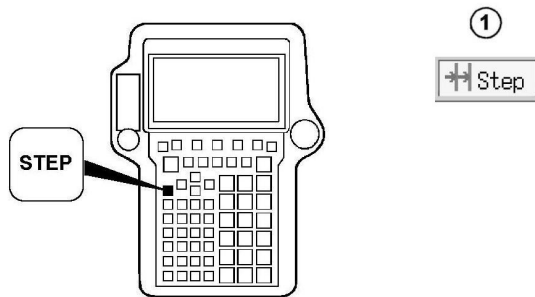


Aby stopniowo zmniejszać prędkość robota, aż do zatrzymania, należy nacisnąć przycisk HOLD na ręcznym programatorze lub na panelu operatora. Do zwolnienia stanu zatrzymania, należy ponownie uruchomić program.

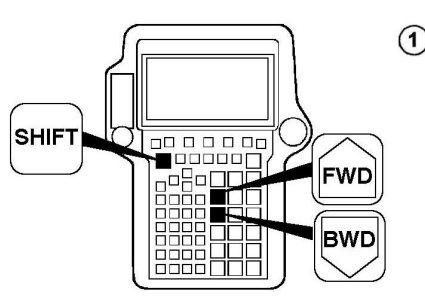
Menu ze standardowymi funkcjami ruchu zostało pokazane na rys. 8. Aby je wyświetlić wystarczy otworzyć okno edycji programu (EDIT) nacisnąc POINT (F1). Lista funkcji zaprezentowana w oknie jest tylko jedną z możliwych. Do edycji menu służy ED_DEF (F1), następnie podświetlając element instrukcji (typ ruchu, szybkość przesuwu, typ pozycjonowania, lub dodatkowa instrukcja ruchu), można go zmienić na dowolny inny przyciskiem CHOICE (F4). Po zakończeniu edycji nacisnąć DONE (F5).

4.3 Uruchamianie programu

- Nacisnąć przycisk SELECT. Wyświetlony zostanie ekran wyboru programu.
- Wybrać program do przetestowania i nacisnąć przycisk ENTER. Wyświetlony zostanie ekran edycji programu.
- Należy ustawić tryb działania krokowego lub ciągłego. Aby określić tryb pracy krokowej, należy nacisnąć przycisk STEP na panelu programowania (rys. 12). Gdy włączony jest tryb pracy krokowej, świeci się dioda LED STEP na panelu programowania. Działanie krokowe może być wykonane na dwa sposoby: wykonanie progresywne i wykonanie wsteczne (rys. 13). W celu przejścia z trybu krokowego w tryb ciągły, należy ponownie nacisnąć przycisk STEP. Dioda LED STEP jest wyłączona, gdy wybrano działanie ciągłe.
- Przesunąć kursor do linii rozpoczęcia programu.
- Wybrać kombinację klawiszy: DEADMAN + SHIFT + przyciski FWD lub BWD (BWD tylko w trybie pracy krokowej) (rys. 13).



Rysunek 12: Klawisz STEP



Rysunek 13: Uruchamianie programu

4.4 Chwyta¹

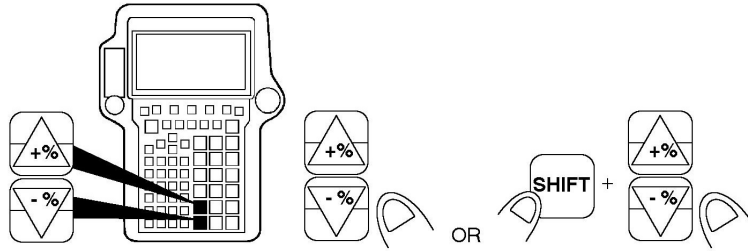
Chcąc zaprogramować ruch chwyta, należy wykorzystać makra: OPEN i CLOSE. W tym celu należy wybrać F1 [INST] -> CALL -> CALL program -> F2 [MACRO] -> CLOSE/OPEN.

UWAGA:

Robot porusza się zgodnie z zapisanymi w programie instrukcjami ruchu. W trakcie odtwarzania programu możliwe jest ręczne sterowanie prędkością przesuwu (rys. 14). Operator powinien sprawdzić, czy w obszarze roboczym nie ma osób oraz zbędnego sprzętu oraz czy wszystkie części ogrodzenia ochronnego są kompletne. W przeciwnym razie robot może spowodować obrażenia lub uszkodzić sprzęt. Jeżeli nastąpi

¹Dotyczy tylko LR Mate 200iC

potrzeba zatrzymania programu przed jego zakończeniem, operator powinien zwolnić przycisk SHIFT lub przycisk DEADMAN lub nacisnąć HOLD lub przycisk awaryjnego zatrzymania STOP AWARYJNY.



Rysunek 14: Klavisze sterowania ręcznego

5 Programowanie

Podstawowe informacje dotyczące wybranych rejestrów oraz podstawowych instrukcji ruchu zebrano poniżej.

5.1 Rejestry

R[i]

Rejestr R[i] jest zmienną służącą do przechowywania liczby całkowitej lub ułamka. Dostępnych jest dwieście rejestrów. Do wyświetlania i ustawiania wartości rejestrów służy ekran rejestrów. Możliwa jest modyfikacja rejestrów z poziomu programu wykorzystując instrukcje przypisania.

- R[i] = (wartość), umieszcza wartość w określonym rejestrze, gdzie wartość może być stałą CONSTANT bądź innym rejestrze.
- R[i] = (wartość) (operator) (wartość), umieszcza wynik działania w określonym rejestrze. Są dostępne następujące operatory: + suma, - różnica, * iloczyn, / iloraz, MOD dzielenie modulo 2 (wartość po przecinku), DIV część całkowitą ilorazu dwóch argumentów. Przykład użycia:

$$R[i] = (x - (x + y))/y$$

W jednym przypisaniu dopuszcza się instrukcję z czterema operatorami.

PR[i]

Rejestr pozycji jest zmienną przechowującą dane pozycji (x,y,z,w,p,r). Do wyświetlania i ustawiania wartości rejestrów służy ekran rejestrów ([DATA] → TYPE → PR). Dostępne operacje to:

- PR[i] = (wartość), umieszcza wartość w określonym rejestrze, gdzie wartość może być pozycją robota P[i] bądź innym rejestrze PR[i].
- PR[i] = (wartość) (operator) (wartość), umieszcza wynik działania w określonym rejestrze, (operatory: + suma, - różnica).
- PR[i,j] = (wartość), umożliwia modyfikację j-tej pozycji rejestru i (j = 1 → x, j = 2 → y, j = 3 → z, j = 4 → w, j = 5 → p, j = 6 → r). Wartość to R[i] lub CONSTANT.

UWAGA:

Rejestry PR[i], w odróżnieniu od punktów zapamiętanych w programie, nie przechowują informacji o tym w jakim USER FRAME i TOOL FRAME działają. Może to powodować zachowanie robota niezgodne z oczekiwaniami w przypadku wywołania programu z innymi UFRAME i/lub TOOLFRAME niż te w których punkty były przypisywane.

DO[i], RO[i], DI[i], RI[i]

Cyfrowe sygnały wejściowe (input) robota (DI), (RI) oraz cyfrowe sygnały wyjściowe (output) robota (DO), (RO) są sterowane przez użytkownika. Instrukcja R[i] = RI[i] zapamiętuje stan cyfrowego sygnału wejścia (ON=1/OFF=0) w określonym rejestrze. Instrukcja RO[i] = ON/OFF przełącza określony cyfrowy sygnał wyjściowy pomiędzy stanem aktywnym i nieaktywnym. Instrukcja RO[i] = PULSE, (time), co pewien czas, zmienia na przeciwny określonego stan wyjścia cyfrowego (powoduje powstanie sygnału prostokątnego). Czas trwania impulsu jest określony w \$DEFPULSE (jednostka 0.1 [s].) przyjmuje wartości z zakresu od 0.1 [s]. do 25.5 [s].

AR[i]

Dowolny podprogram można wywołać za pomocą funkcji CALL z argumentami: CALL PROG(wartość, wartość, ...). W podprogramie dostęp do argumentów odbywa się przez rejestr argumentów AR[i]. Pierwszy argument odnosi się do AR[1], drugi do AR[2] itd.

LPOS

LPOS jest zmienną z której można odczytać aktualną pozycję robota w aktualnie używanym układzie współrzędnych. Zwykle używana jest do zapisywania bieżącej pozycji w rejestrze pozycyjnym PR[i] lub do zerowania rejestru (jako PR[i]=LPOS-LPOS).

5.2 Podstawowe instrukcje

MOVE

Instrukcje ruchu powodują przemieszczenie narzędzia robota do określonego punktu znajdującego się wewnątrz przestrzeni roboczej, z określoną prędkość przesuwu oraz zgodnie z określonym sposobem ruchu. Następujące elementy muszą być określone w instrukcjach ruchu. Format instrukcji ruchu: (format ruchu) (dane pozycji) (prędkość przesuwu) (dokładność) (dodatkowe instrukcje ruchu)

- Format ruchu: określa sposób sterowania torem ruchu do określonej pozycji: ruch w przestrzeni konfiguracyjnej (J), ruch liniowy (uwzględniający obrót)(L), ruch po łuku (C).
- Dane pozycji: zapamiętuje pozycję jaką robot ma osiągnąć (rejestry P[i], PR[i]). Możliwe jest dodanie komentarza obok numeru zapamiętanego punktu (do 16 znaków) P[i:komentarz].
- Szybkość przesuwu: określa prędkość przesuwu robota (wartość lub za pomocą rejestru).
- Ścieżka pozycyjna: określa, czy pozycjonować robota w określonym punkcie (FINE, CNT0 – CNT100).
- Dodatkowe instrukcje ruchu: określa wykonywanie dodatkowych instrukcji, podczas przemieszczania robota (np. OFFSET).

Przykłady:

```
1: J P[1] 50% FINE
2: C P[2] P[3] 500 mm/sec CNT30
3: L P[4:MÓJ PUNKT] R[2]% FINE
```

OFFSET

Instrukcja OFFSET zmienia informacje o zaprogramowanej pozycji dla danej pozycji poprzez sumowanie współczynnika kompensacji, określonego w rejestrze pozycji PR[i], a następnie przesuwa robota do skorygowanej pozycji. OFFSET zadaje się w instrukcji ruchu w polu dodatkowe instrukcje ruchu:

```
1: J P[1] 50% FINE Offset,PR[i]
```

Warunki kompensacji, mogą być określone w instrukcji OFFSET CONDITION. Instrukcja OFFSET CONDITION musi być określona przed wykonaniem instrukcji OFFSET. Określony warunek kompensacji jest dostępny do zakończenia wykonywania programu, lub wykonania następnej instrukcji OFFSET CONDITION:

```
1: OFFSET CONDITION PR[2]
2: J P[1] 50% FINE Offset
3: J P[2] 50% FINE Offset
```

JMP i LBL

Instrukcja skoku JMP LBL[i] przenosi wykonywanie programu do określonej etykiety, a etykieta LBL[i] jest używana do określenia w programie miejsca wykonywania przeskoku.

CALL

Instrukcja CALL (program) powoduje przejście sterowania programem do pierwszej linii innego programu (podprogramu) w celu jego wykonania. Jeżeli zostanie wykonana instrukcja kończąca działanie podprogramu, sterownie wraca do instrukcji umieszczonej zaraz po instrukcji wywołania umieszczonej w programie wywołującym (program główny).

IF

Instrukcja warunkowa porównania:

IF (zmienna) (operator) (wartość) (zadanie).

Warunkowa instrukcja porównuje wartości sygnału wejścia/wyjścia z inną wartością. Jeżeli porównanie wypadnie pomyślnie, następuje wykonanie określonego zadania. Zmienna to wartość rejestru; dostępne operatory: =, <, >, <=, >=, <>; wartość: rejestr lub CONSTANT; zadanie: instrukcja skoku lub wywołanie podprogramu.

SELECT

Instrukcja warunkowa wyboru:

SELECT R[1] = (wartość) (zadanie) = (wartość) (zadanie) = (wartość) (zadanie) ELSE (zadanie).

Instrukcja wyboru składa się z szeregu instrukcji porównujących wartości rejestrów. Instrukcja wyboru porównuje wartości rejestru z jedną lub wieloma wartościami, a następnie wybiera warunek, który został spełniony. Zadanie oznacza funkcję skoku do etykiety (JMP LBL[i]) lub wywołanie podprogramu (CALL PROG). Jeżeli wartość określonego rejestru pasuje do jednej z wartości, wykonywana zostaje instrukcja zadanie. Jeżeli wartość określonego rejestru nie pasuje do żadnej wartości, wykonywane jest zadanie powiązane z instrukcją ELSE.

WAIT

WAIT (wartość)

Instrukcja oczekiwania określająca czas, na jaki wstrzymane jest wykonanie programu (wyrażony w sekundach).

Rysunki zamieszczone w niniejszej instrukcji zaczerpnięto z pozycji [2, 3, 4].

Literatura

- [1] K. Tchoń, A. Mazur, I. Duleba, R. Hossa, R. Muszyński: Manipulatory i roboty mobilne: modele, planowanie ruchu, sterowanie, Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa, 2000.
- [2] FANUC Robotics seria R-30iA Manipulator, Podręcznik Operatora, B-82594PL-2/01, 2007.
- [3] FANUC Robot LR Mate 200iC, Mechanical Unit, Maintenance Manual, B-82585EN/02.
- [4] FANUC Robot LR Mate 200iC, FANUC Robot ARC Mate 50iC, Mechanical Unit, Operator's Manual, B-82584EN/06.