

Obsługa i programowanie robota FANUC (R-30iA)

Jacek Jagodziński Katarzyna Zadarnowska

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 (rysunek 1 przycisk oznaczony 3) lub na panelu sterowania (rysunek 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.

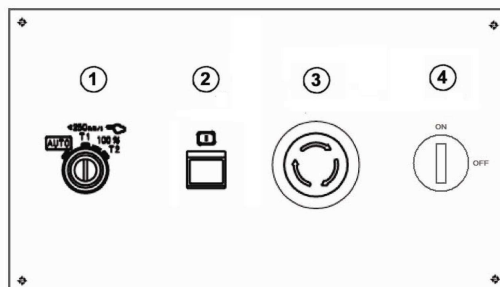
2 Opis stanowiska laboratoryjnego

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

2.1 Szafa sterownicza – kontroler

System sterowania zapewnia kontroler R-30iA Mate. Jest najważniejszym elementem całego systemu – zarządzającym całością, 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 sterująca 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 CMOS RAM na głównej płycie procesora. 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. Stosuje się go podczas produkcji, gdy robot został już zaprogramowany, 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 trój-położeniowy (rys. 1 nr 1) jest ustawiony w trybie: T1 ($< 250mm/s$). 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 tryb T2 (100%) do pracy przy pełnej prędkości.



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

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 $5kg$. Robot zapewnia powtarzalność ruchów z dokładnością $\pm 0.02mm$, przy maksymalnym obciążeniu i prędkościach (przegub 1: $350deg/s$). Schemat manipulatora wraz z oznaczeniami poszczególnych osi prezentuje rysunek 2. Przedstawiona pozycja robota jest pozycją startową, w której wartości kątów wszystkich przegubów są równe zero. Zakresy ruchu poszczególnych kątów są następujące:

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

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

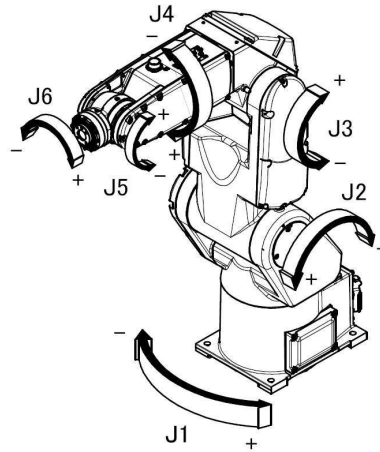
$J3 \in [-72^\circ(-77^\circ), +185^\circ(+190^\circ)]$,

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

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

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

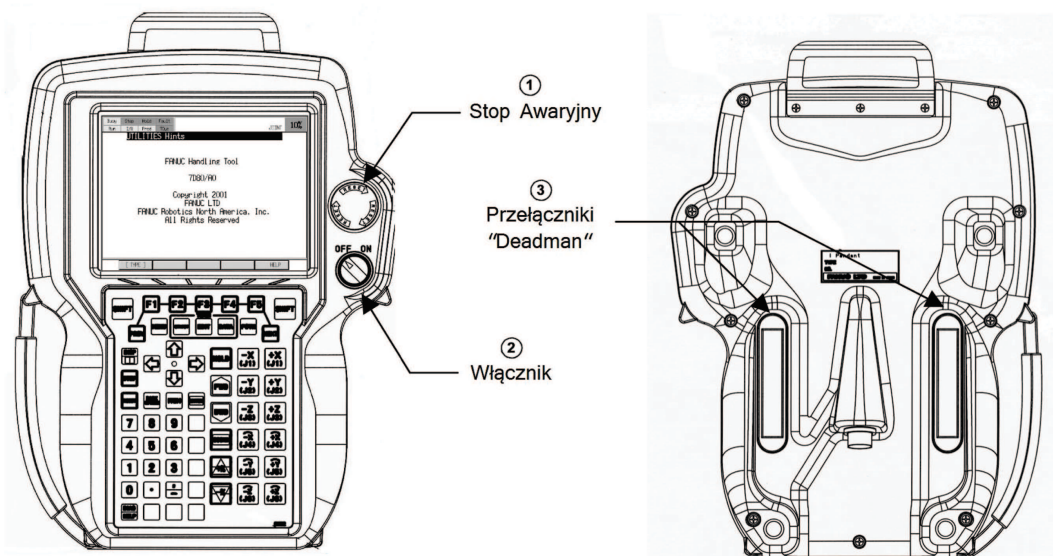
(w nawiasach podano fizyczne ograniczenia). Manipulator wyposażony jest w dwustanowy chwytak, możliwe stany to chwytak w pozycji otwartej i zamkniętej.



Rysunek 2: Manipulator R-30iA 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 cały czas przytrzymywać podczas pracy z robotem. Przegląd klawiszy powiązanych z menu, został zaprezentowany w tabelicy 1, klawisze dotyczące edycji umieszczono w tabelicy 2.



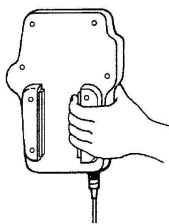
Rysunek 3: Panel operatora – iPendant

Klawisz	Funkcja
F1 F2 F3 F4 F5	Klawisze funkcyjne (F) wybierają menu funkcyjne znajdujące się w ostatniej linii ekranu.
NEXT	Klawisz NEXT przełącza menu klawisza funkcyjnego (F) na następną stronę.
MENUS FCTN	Klawisz MENUS, wyświetla „menu ekranu”. Klawisz FCTN wyświetla „menu funkcyjne”.
SELECT EDIT DATA	Klawisz SELECT wyświetla ekran wyboru programu. Klawisz EDIT wyświetla ekran edycji programu. Klawisz DATA wyświetla ekran danych programu.
DISP	Klawisz zmienia ekran docelowy operacji. Wciśnięcie tego klawisza wraz z klawiszem SHIFT dzieli ekran (ekran pojedynczy, ekrany podwójne, ekrany potrójne, lub ekran stanu/pojedynczy).
DIAG HELP	Przyciśnięcie tego klawisza raz przechodzi na ekran podpowiedzi. Przyciśnięcie tego klawisza razem z SHIFT powoduje przejście na ekran alarmu.

Tablica 1: Klawisze powiązane z menu.

Klawisz	Funkcja
PREV	Klawisz PREV przywraca ostatni stan. W niektórych przypadkach ekran może nie powrócić do poprzedniego statusu.
ENTER	Klawisz ENTER służy do wprowadzania cyfr lub wyboru menu.
BACK SPACE	Klawisz BACK SPACE kasuje znak lub cyfrę znajdującą się tuż przed kursorem.
ITEM	Klawisz ITEM przesuwa kursor do linii, gdzie wyróżniona jest liczba.
← ↑ → ↓	Klawisze kursorów 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.



Rysunek 4: Sposób trzymania czuwaka DEADMEN.

3 Sterowanie w trybie ręcznym

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

3.1 Okno stanu

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

Rysunek 5: 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 programowych diod, część informacyjna, w której między innymi wyświetlane są alarmy oraz wartość współczynnika prędkości. Opis wskaźników stanów został przedstawiony w tabeli 3. Każda dioda programowa jest włączona, kiedy wyświetlana jest razem z ikoną, lub wyłączona, kiedy wyświetlana jest bez ikony.

znacznik		Opis
wył.	włącz.	
		Wskazuje, że robot pracuje (wykonany jest program; drukarka lub stacja dyskietek są zajęte).
		Wskazuje, że robot pracuje w trybie krokowym.
		Wskazuje, że przycisk HOLD jest przytrzymany (także sygnał HOLD na wejściu).
		Wskazuje wystąpienie alarmu.
		Wskazuje, że wykonywany jest program.
		Próbne wskaźniki dla narzędzia manipulacji.

Tablica 3: Opis wskaźników z okna stanu.

	Klawisz SHIFT jest używany do wykonania przesuwu krokowego robota, wprowadzenia danych zawierających pozycję oraz uruchomienia programu. Prawy i lewy klawisz SHIFT posiada te same funkcje.
	Klawisze przesuwu funkcjonują dopóki trzymany jest przycisk SHIFT. Używane są one do ruchu krokowego.
	Klawisz COORD wybiera układ współrzędnych przesuwu ręcznego. Dostępne układy to: JOINT, JGFRM, World frame, TOOL, USER. Naciśnięcie COORD wraz z SHIFT, przywołuje menu przesuwu krokowego umożliwiając zmianę współrzędnych.
	Klawisz ustawia ogólną prędkość przesuwu (prędkości: VFINE, FINE, 1%, 5%, 50%, 100%).
	Klawisze zaprogramowane do sterowania chwytakiem. Klawisz oznaczony 1 otwiera chwytak, a 2 zamyka.

Tablica 4: Klawisze powiązane z pracą w trybie ręcznym.

3.2 Uruchamianie robota

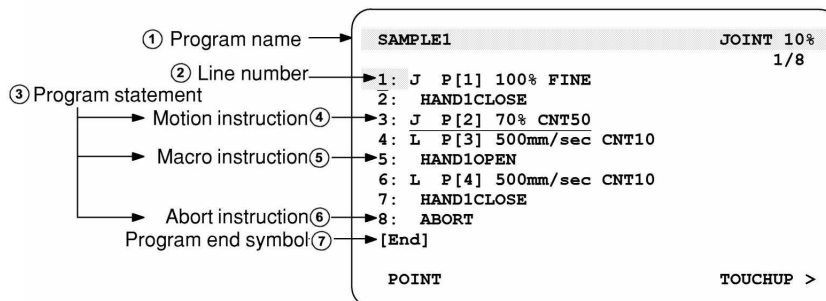
Należy trzymać panel sterowania w dłoniach i przytrzymywać przycisk DEADMAN przez cały czas pracy z robotem (rys. 4). DEADMAN jest przyciskiem trójpozycyjnym, należy ustawić go w pozycji środkowej. Żeby uruchomić robota, należy ustawić wyłącznik zasilania w kontrolerze w pozycji ON (rys. 1 nr 4). Włączyć 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 puszczenia przycisku DEADMAN następuje wyświetlenie komunikatu: „Deadman switch released”. Błąd powoduje natychmiastowe zatrzymanie manipulatora, aby go wyłączyć należy ponownie nacisnąć DEADMAN oraz nacisnąć 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 tabeli 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). Podczas ruchu krokowego 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), środkowy punkt narzędzia robota przemieszcza się zgodnie z osiami X, Y, Z w układzie współrzędnych narzędzia zdefiniowanym przez przeguby robota. Pierwsze operacje powinny być wykonywane na małej prędkości. Następnie, prędkość może być stopniowo zwiększana.

W celu przemieszczenia manipulatora przytrzymujemy przycisk DEADMAN, SHIFT oraz odpowiedni klawisz przesuwu. Umieszczenie zaprogramowanych przycisków powodujących otwarcie i zamknięcie chwytaka pokazuje tabela 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 osiągnięte jest poprzez sekwencyjne wykonywanie instrukcji. Do tworzenia lub korekcji programu używa się programatora ręcznego.



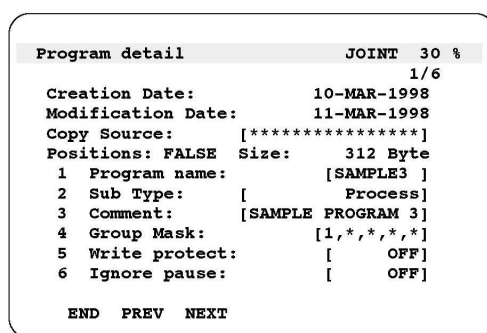
Rysunek 6: Ekran edycji programu. Objasnienie: 1. nazwa programu; 2. numer linii; 3. instrukcja programu; 4. instrukcja ruchu; 5. makroinstrukcja; 6. instrukcja przerwania; 7. symbol koncowy programu

4.1 Tworzenie programu

4.1.1 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 składać się z od jednego do ośmiu znaków alfanumerycznych. Przy pomocy klawiszy funkcyjnych poprzez parokrotne 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 tego gdzie znajduje się kursor. Powtórz procedurę aż 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 przezwiań (rys. 7).



Rysunek 7: Ekran informacyjny programu

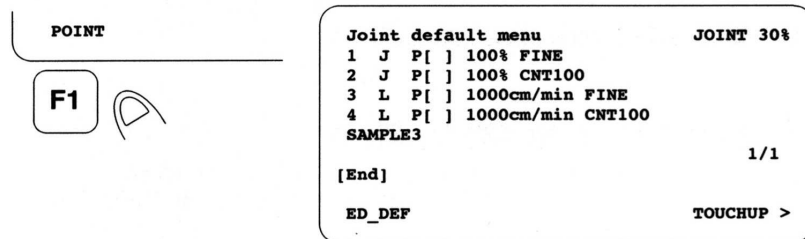
- Po wprowadzeniu informacji o programie, naciśnij klawisz F1 (END). Pojawi się ekran edycji zarejestrowanego programu.

4.1.2 Modyfikowanie i zapamiętywanie standardowych instrukcji ruchu

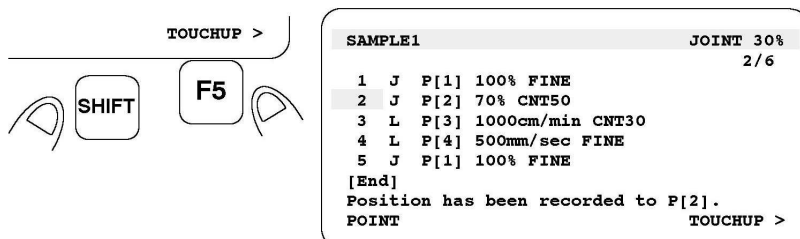
Pojedyncza instrukcja ruchu wyznacza ruch robota lub przemieszczanie środkowego punktu narzędzia (TCP) z obecnej pozycji do zadanej pozycji wewnątrz przestrzeni roboczej z określoną szybkością przesuwu i o określonym sposobie ruchu. Jeden z trzech rodzajów ruchu – ruch liniowy, ruch po okręgu, ruch pojedynczej osi - może być wybrany do pracy robota. Kiedy wybrany jest ruch pojedynczej osi, narzędzie przemieszczane jest dowolnie pomiędzy dwoma punktami. Kiedy wybrany jest ruch po linii prostej, narzędzie porusza się wzdłuż linii prostej pomiędzy dwoma wybranymi punktami. Kiedy wybrany jest ruch po okręgu, narzędzie porusza się po łuku łączącym trzy wyznaczone punkty. Ścieżka pozycjonowania może być wybrana zgodnie z jedną z dwóch dostępnych 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 swój wybór klawiszem ENTER.
- W celu zapamiętania określonej pozycji robota: przesuń kursor do numeru instrukcji, wykonaj ruch krokowy robota (kombinacja klawiszy DEADMEN+SHIFT+klawisz ruchu krokowego), zapamiętaj wybraną pozycję wciskając jednocześnie klawisze SHIFT i F5 [TOUCHUP] (rys. 9).
- W celu zmiany pozostałych elementów instrukcji ruchu: przesuń kursor do elementu instrukcji, która będzie zmieniana (typ ruchu, szybkość przesuwu, typ pozycjonowania lub dodatkowa instrukcja ruchu) i 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].



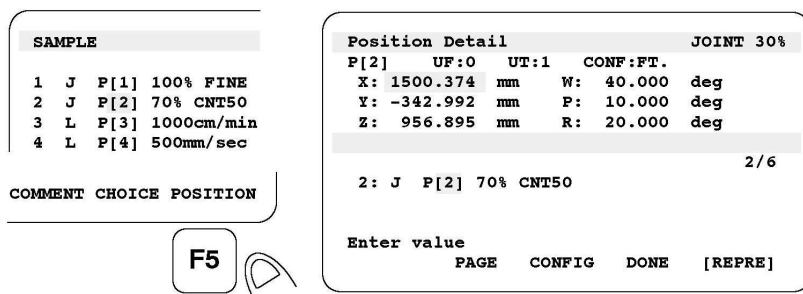
Rysunek 8: Menu standardowych instrukcji ruchu



Rysunek 9: Zapamiętywanie instrukcji ruchu

4.1.3 Dodatkowe uwagi

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

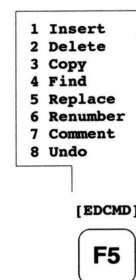


Rysunek 10: Ekran informujący o danych pozycji

Edytor programu wyposażony jest ponadto w instrukcje ułatwiające edycję programu. Aby wykorzystać 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 zwolnić robota powoli aż do zatrzymania, należy nacisnąć przycisk HOLD na ręcznym programatorze lub na panelu operatora. Aby zwolnić stan zatrzymania, należy ponownie uruchomić program.

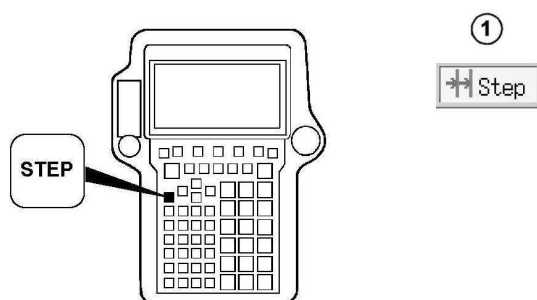


Rysunek 11: Instrukcje edycji programu

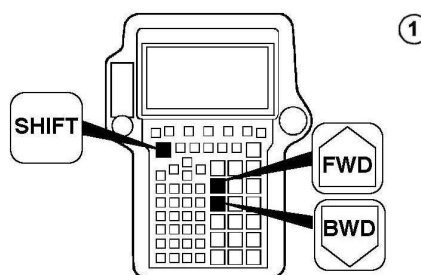
Menu ze standardowymi funkcjami ruchu zostało pokazane na rysunku 8. Aby je wyświetlić wystarczy otworzyć okno edycji programu (EDIT) nacisnąc POINT (F1). Lista funkcji zaprezentowana w oknie jest tylko jedną z możliwych. Do edycji menu służy ED_DEF (F1), następnie podświetlając element instrukcji (typ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

4.2 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: DEADMEN + SHIFT + przyciski FWD lub BWD (BWD tylko w trybie pracy krokowej) (rys. 13).



Rysunek 12: Klawisz STEP



Rysunek 13: Uruchamianie programu

UWAGA:

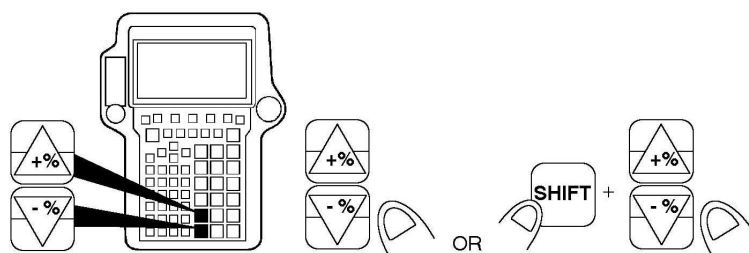
Robot porusza się zgodnie z zapisanymi w programie instrukcjami ruchu. W trakcie odtwarzania programu możliwe jest ręczne sterowanie szybkością przesuwu (rys. 14). Operator powinien sprawdzić, czy w obszarze roboczym nie ma żadnych osób oraz żadnego zbędnego sprzętu oraz czy wszystkie części ogrodzenia ochronnego są całe. W przeciwnym razie można spowodować obrażenia lub uszkodzić sprzęt. Jeżeli nastąpi potrzeba zatrzymania programu przed jego zakończeniem, to operator powinien zwolnić przycisk SHIFT lub przycisk DEADMEN lub nacisnąć HOLD lub przycisk awaryjnego zatrzymania STOP AWARYJNY.

4.3 Chwyதாக

Chcąc zaprogramować ruch chwytaka, należy wykorzystać MACRA: OPEN i CLOSE. W tym celu należy wybrać F1 [INST] → CALL → CALL program → F2 [MACRO] → CLOSE/OPEN.

5 Programowanie

Podstawowe informacje dotyczące wybranych rejestrów oraz podstawowych instrukcji ruchu zostały zebrane poniżej.



Rysunek 14: Klawisze sterowania ręcznego

5.1 Rejestry

5.1.1 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 rejestrem.
- 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 ($R[i] = (x - (x \text{ MOD } y)) / y$). W jednym przypisaniu dopuszcza się instrukcję z czterema operatorami.

5.1.2 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 rejestrem 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 ($j = 1 \rightarrow x, j = 2 \rightarrow y, j = 3 \rightarrow z, j = 4 \rightarrow w, j = 5 \rightarrow p, j = 6 \rightarrow r$). Wartość to R[i] lub CONSTANT.

5.1.3 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 \$DEFPPULSE (jednostka 0.1sek.) przyjmuje wartości z zakresu od 0.1sek. do 25.5sek.

5.1.4 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.

5.2 Podstawowe instrukcje

5.2.1 MOVE

Instrukcje ruchu powodują przemieszczenie narzędzia robota do określonego punktu znajdującego się wewnątrz przestrzeni roboczej, z określoną szybkością przesuwu oraz zgodnie z określonym sposobem ruchu. Następujące elementy muszą być określone w instrukcjach ruchu. Format instrukcji ruchu jest następujący:

(format ruchu) (dane pozycji) (szybkość przesuwu) (dokładność) (dodatkowe instrukcje ruchu)

- Format ruchu: Określa sposób sterowania torem ruchu do określonej pozycji: ruch pojedynczych osi (J), ruch liniowy (uwzględniający obrót)(L), trajektoria kołowa (C).
- Dane pozycji: Zapamiętuje pozycję, jaką robot ma osiągnąć (rejstry P[i], PR[i]). Możliwe jest dodanie komentarza obok numeru zapamiętanego punktu (do 16 znaków) P[i]:komentarz].
- Szybkość przesuwu: Określa szybkość 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

5.2.2 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 następnego instrukcji OFFSET CONDITION:

1: OFFSET CONDITION PR[2]

2: J P[1] 50% FINE Offset

3: J P[2] 50% FINE Offset

5.2.3 JMP i LBL

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

5.2.4 CALL

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

5.2.5 IF

Instrukcja warunkowa porównania:

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

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

5.2.6 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.

5.2.7 WAIT

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

6 Uwagi końcowe

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

Literatura

- [1] K. Tchoń, A. Mazur, I. Dulęba, 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.