

Wojciech SZYNKIEWICZ
Instytut Automatyki Politechniki Warszawskiej
W a r s z a w a

OPIS FUNKCJONALNY STANOWISKA DO TESTOWANIA ROBOTÓW

1. Wstęp

Zaprojektowane i wykonane w Instytucie Automatyki PW stanowisko pomiarowe do robotów IRp-6 umożliwiło przeprowadzenie szeregu prac badawczych. Jedną z nich było stworzenie stanowiska kontroli i pomiarów parametrów pracy robotów przemysłowych. Podstawowym celem budowy stanowiska było usprawnienie i automatyzacja procesu testowania, któremu poddawany jest każdy egzemplarz robota przed oddaniem do eksploatacji.

W niniejszej pracy przedstawiono opis funkcjonalny programu obsługującego stanowisko do testowania robotów przemysłowych. Pakiet oprogramowania TEST_IRp umożliwia kompleksową obsługę stanowiska, zapewniając efektywne wykorzystanie jego możliwości sprzętowych (m.in. maksymalnej częstotliwości próbkowania sygnałów, dokładności pomiarów).

Podstawową funkcją stanowiska jest możliwość dynamicznych pomiarów położenia, prędkości kątowych oraz prądów silników napędowych każdej osi robota. Pomiaru wykonywane są w czasie rzeczywistym z częstotliwością próbkowania, która zapewnia dokładną rejestrację trajektorii ruchu oraz wielkości sterujących dla wszystkich osi.

Stanowisko kontroli i pomiarów, wraz z odpowiednim oprogramowaniem, może znaleźć różnorodne zastosowania w praktyce¹⁾. Umożliwia przyspieszenie i automatyzację procesu testowania manipulatorów robotów. Część testów, które przechodzi każdy egzemplarz robota, może być wykonana znacznie efektywniej w porównaniu z dotychczas stosowaną metodą. Wynika to zarówno z możliwości sprzętowych, jak też odpowiedniego oprogramowania stanowiska. W porównaniu z tradycyjnym (ręcznym) sposobem wykonywania testów omawiana metoda ma następujące zalety:

- Testy wykonywane są znacznie szybciej (z przeprowadzonych porównań wynika, że całkowity czas wykonania testów jest ponad 3-krotnie krótszy).

¹⁾ Stanowisko jest wykorzystywane w Zakładach Automatyki Przemysłowej w Ostrowiu Wielkopolskim przy testowaniu robotów IRp-6

- Większa jest dokładność pomiarów oraz powtarzalność testów dla różnych egzemplarzy manipulatorów.
- Wyniki mogą być przedstawione graficznie w postaci wykresów natychmiast po zakończeniu pomiarów.
- Automatycznie tworzone jest sprawozdanie z wykonanych badań, które może być bezpośrednio wykorzystane jako część dokumentacji robota.
- Poza inicjacją procesu pomiarowego nie jest konieczna obecność operatora przy wykonywaniu testów.

Struktura oraz sposób organizacji programu zapewniają, że posługiwanie się nim jest łatwe i nie wymaga od użytkownika wcześniejszego przygotowania. Umożliwia to szybkie i sprawne przeprowadzenie wymaganych testów robota za pomocą stanowiska kontroli i pomiarów. Rola operatora sprowadza się do wyboru i uruchomienia odpowiedniej funkcji programu TEST_IRp w celu zrealizowania określonych pomiarów i testów. Konieczne jest jedynie zainicjowanie procesu pomiarowego. Pomiary i dalsze przetwarzanie oraz analiza zmierzonych wielkości wykonywane są automatycznie. Istnieje możliwość obserwacji na bieżąco wykonywanych badań i weryfikacji wyników. Możliwe jest ponadto przerwanie procesu pomiarowego i powtórzenie wybranych testów w dowolnej chwili.

Ze względu na praktyczne wykorzystanie stanowiska w warunkach przemysłowych, powinno ono spełniać dwa podstawowe wymagania:

- niezawodność działania oraz
- prostoty obsługi.

Spełnienie pierwszego z nich uwarunkowane jest zarówno niezawodnością sprzętu, jak też oprogramowania; spełnienie drugiego w decydującym stopniu zależy od możliwości programu obsługi stanowiska.

Do poprawnego działania programu obsługi stanowiska potrzebny jest mikrokomputer kompatybilny z IBM PC/AT, z kartą graficzną typu Hercules, jedna stacja dysków elastycznych (360 KB lub 1.2 MB), drukarka, ploter oraz stanowisko pomiarowe. Pożądana jest też dostępność dysku twardego (przy zapisie dużej ilości wyników w postaci liczbowej).

2. OPIS METOD POMIAROWYCH

W układzie pomiarowym wykorzystywane są zainstalowane w robocie czujniki pomiarowe. Do pomiaru położenia kąтового wałów silników służą rezolwery, które umożliwiają pomiar przyrostu położenia w ramach jednego obrotu wału. Układ pomiaru położenia jest układem cyfrowym. Bieżące położenie osi (mierzone względem położenia "synchronizacji", które jest przyjmowane jako położenie zerowe)

zapamiętywane jest w rejestrach położenia stanowiska pomiarowego. Wartość położenia przechowywana jest w postaci 16-bitowego słowa. Starszy bajt zawiera aktualną liczbę wykonanych pełnych obrotów wału silnika. Młodszy bajt zawiera liczbę przyrostów elementarnych robota (jeden przyrost robota odpowiada 1/256 pełnego obrotu wału silnika). Dokładność pomiaru zależy od rozdzielczości rezolwera (w przypadku rezolwerów zainstalowanych w robocie IRp-6, rozdzielczość jest równa 1/1024 pełnego obrotu). Maksymalna częstotliwość próbkowania sygnału wynosi 2 kHz (czyli minimalny okres próbkowania $T_{min} = 0.5 ms$). W zależności od potrzeb okres próbkowania może być krotnością okresu minimalnego.

Przy pomiarze prędkości czujnikami pomiarowymi są prądnice tachometryczne. Napięcie mierzone na zaciskach prądnicy jest wprost proporcjonalne do prędkości obrotowej wału silnika. Wyznaczenie dokładnej wartości współczynnika proporcjonalności określane jest mianem "kalibracji" prądnic tachometrycznych. Jest to jedna z funkcji omawianego programu (opcja Calib). Sygnał analogowy w postaci napięcia prądnicy przetwarzany jest na postać cyfrową. Rozdzielczość przetwornika analogowo-cyfrowego a/c wynosi 10 bitów.

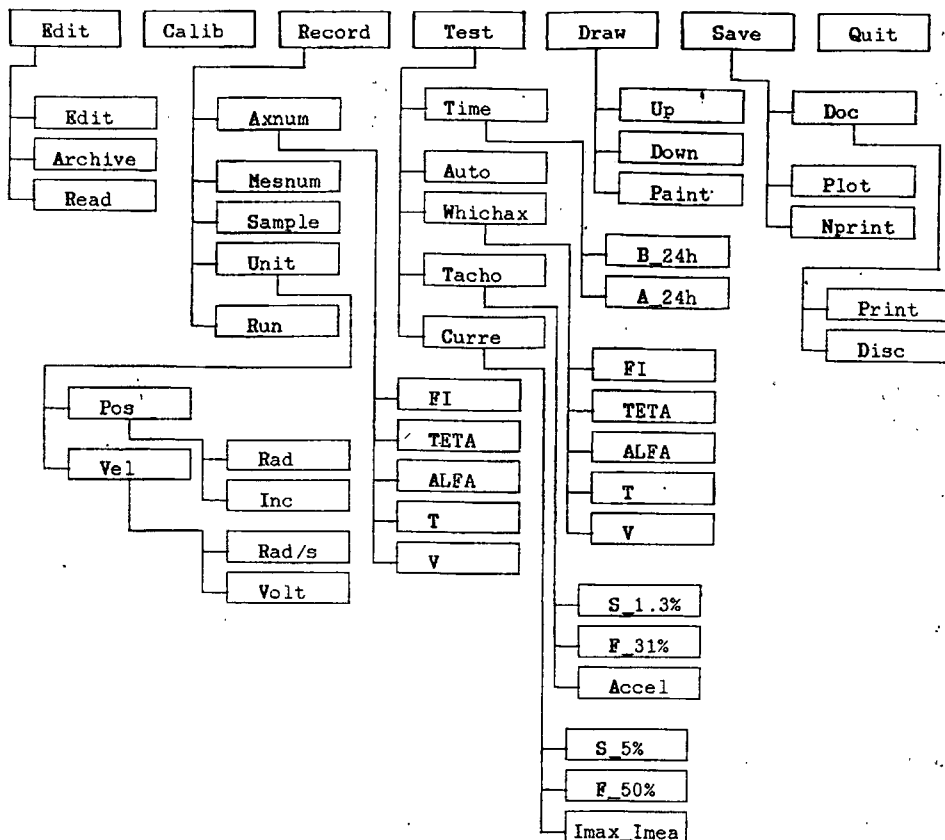
Pomiaru prądów wirników silników dokonuje się w sposób pośredni, poprzez pomiar spadku napięcia na oporniku pomiarowym R_p , włączonym szeregowo w obwód wirnika silnika napędowego. Podobnie jak w przypadku prędkości, sygnał analogowy przekształcany jest na sygnał cyfrowy w 10-bitowym przetworniku a/c.

Ze względu na stosunkowo dużą częstotliwość próbkowania oraz czas przetwarzania sygnałów w przetwornikach a/c, zmierzone wielkości zapisywane są jedynie do pamięci. Dalsze przetwarzanie i analiza wykonywane są off-line po zakończeniu pomiarów. Rodzaj wykonywanych obliczeń zależy m.in. od wybranej opcji programu. Przy określaniu parametrów pracy robota zmierzone przebiegi poddawane są wstępnej filtracji i wygładzaniu. Następnie wyznaczane są wartości odpowiednich parametrów (opcja Test).

3. STRUKTURA PROGRAMU OBSŁUGI

Program główny o nazwie TEST_IRp oraz większość procedur napisane zostały w Pascalu. Ze względu na wykorzystanie procedur graficznych oraz pewnych funkcji pomocniczych z biblioteki Turbo-Pascala, program kompilowany jest kompilatorem TURBO-PASCAL wersja 5.0 lub wyższa na mikrokomputerze kompatybilnym z IBM PC/AT. Procedury obsługujące pracę stanowiska w czasie rzeczywistym napisane zostały (ze względu na wymogi czasowe) w asemblerze mikroprocesora Intel-80286. Są to procedury związane bezpośrednio z obsługą procesu pomiarowego (inicjalizacją przetworników, sprawdzaniem gotowości, odczytem i zapisem zmierzonych wielkości).

Oprogramowanie ma strukturę modułową. Program główny działa w trybie menu, wywołanie określonej funkcji polega na wyborze odpowiedniej opcji. Struktura menu przedstawiona została na rys. 1. Menu składa się z kilku poziomów i ma strukturę drzewa. Na kolejnych poziomach można wybrać jedną z kilku opcji. Na poziomie ostatnim, najniższym (może być on różny dla poszczególnych gałęzi drzewa) wybór określonej opcji powoduje wykonanie odpowiedniej funkcji programu obsługi. Komunikacja z użytkownikiem odbywa się poprzez system okienek.



Rys 1. Struktura menu programu TEST_IRp

W programie głównym wywoływane są m.in. procedury sterowania pomiarami, przetwarzania danych pomiarowych, wizualizacji i archiwizacji wyników. Powyższe procedury stanowią oddzielne moduły programu. Jednym z wstępnych założeń przyjętych przy tworzeniu programu była minimalizacja wzajemnych odwołań pomiędzy modułami. Najczęściej wykorzystywane dane (stałe i zmienne globalne) zade-

klarowane zostały w jednym module inicjującym o nazwie INIT. W pozostałych modułach znajdują się odwołania do modułu INIT. Takie podejście pozwala na modyfikację wybranych modułów lub dodawanie nowych, bez konieczności wprowadzania zmian w pozostałych. Wszystkie istotne wielkości wejściowe, będące parametrami określonych funkcji programu (np.: numery mierzonych osi, częstotliwość próbkowania, liczba pomiarów itp.), mogą być zmieniane w trakcie wykonywania programu poprzez wybranie odpowiednich opcji w menu.

O łatwości korzystania z programu obsługi stanowiska świadczyć może sposób poruszania się po menu i wybór opcji (czyli wykonanie dowolnej funkcji programu). Do tego celu wystarczy korzystanie zaledwie z kilku²⁾ przycisków:

- ← — ruch w lewo,
- — ruch w prawo,
- ↑ — ruch w górę,
- ↓ — ruch w dół,

Home — pierwsza pozycja w danym menu,

End — ostatnia pozycja w danym menu.

Po wybraniu żądanej opcji można przejść na kolejny, niższy poziom menu. W rezultacie wyświetlane jest odpowiednie submenu lub realizowana wybrana funkcja, jeśli znajdujemy się na najniższym (w danej gałęzi) poziomie menu. Wyjście z bieżącego menu następuje po wciśnięciu przycisku ESC. Kolejne przyciśnięcia ESC powodują przejście na wyższy poziom, aż do głównego menu.

3.1. Opis funkcji programu TEST_IRp

Program TEST_IRp steruje przebiegiem procesu kontroli i pomiarów parametrów pracy robota przemysłowego. Musi więc spełniać kilka podstawowych funkcji (realizowanych po wybraniu stosownej opcji w menu), a mianowicie:

1. Wprowadzenie parametrów wejściowych, identyfikujących badany egzemplarz robota — opcja Edit.

Są to m.in. numery fabryczne robota, numery pakietów i silników, wyniki oględzin itp. Po wybraniu powyższej opcji otrzymujemy na ekranie odpowiednie submenu. Na tym poziomie możliwy jest wybór jednej z poniższych opcji:

- Edit — umożliwia wprowadzenie danych o badanym egzemplarzu robota. Na ekranie pojawia się formularz stanowiący fragment protokołu robota (rys. 2), który należy wypełnić wpisując odpowiednie dane w wybrane rubryki. Możliwe jest wpisywanie lub zmiana zawartości dowolnej rubryki formularza.

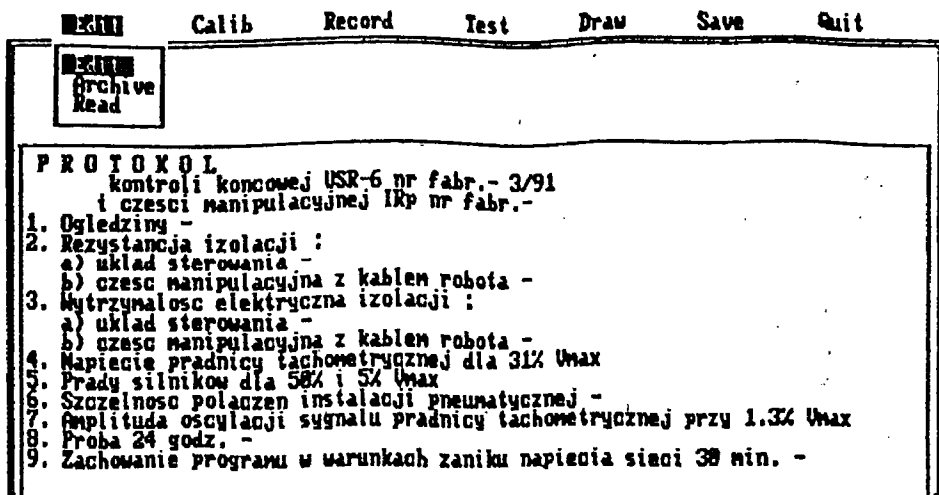
²⁾ Sposobów wyboru opcji i poruszania się w menu jest w rzeczywistości kilka, mogą z nich korzystać bardziej zaawansowani użytkownicy [1]

- **Archive** — zapisanie wprowadzonych wcześniej (za pomocą opcji **Edit**) informacji do pliku na dysku.
 - **Read** — wczytanie pliku z danymi zapisanymi uprzednio za pomocą opcji **Archive**. Dzięki tej opcji, raz wprowadzone dane o wybranym egzemplarzu robota mogą być wykorzystywane (wczytywane) wielokrotnie.
2. **Kalibracja prądnic tachometrycznych wszystkich osi robota — opcja **Calib**.**
- Sygnałem wyjściowym z prądnicy tachometrycznej (mierzonym bezpośrednio na zaciskach prądnicy) jest napięcie U_{tach} wprost proporcjonalne do prędkości obrotowej v_{obr} wału silnika. Kalibracja polega na wyznaczeniu współczynników proporcjonalności, czyli rzeczywistych wartości współczynników wzmocnienia k_r , dla każdej prądnicy tachometrycznej. Współczynnik k_r , określony jest jako

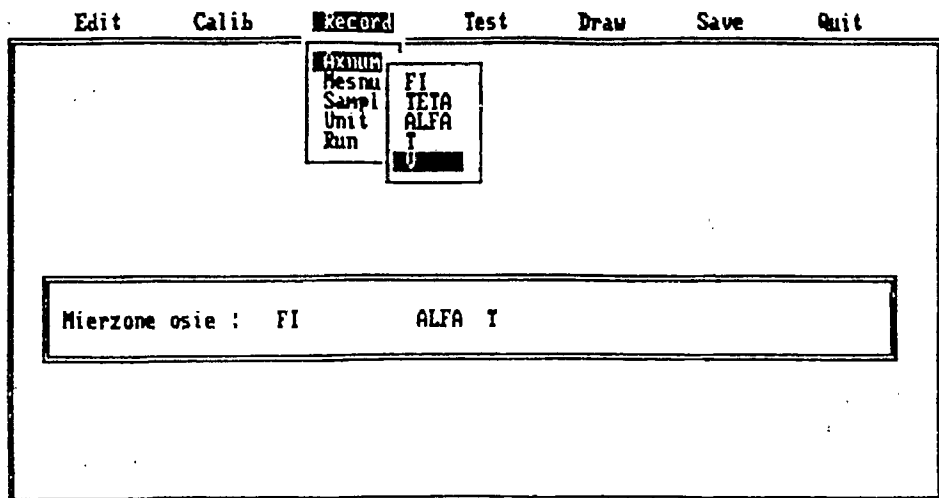
$$k_r = \frac{U_{tach}}{v_{obr}}$$

Rzeczywista wartość k_r jest nieznana; aby ją wyznaczyć należy określić prędkość v_{obr} . Ponieważ pomiar położenia dokonywany jest z dużą dokładnością, dlatego też prędkość można obliczać jako pochodną (zostało to zrealizowane poprzez cyfrowe różniczkowanie względem czasu) zmierzonego przebiegu położenia. Dla maksymalnej (ustalonej) prędkości obrotowej wirników silników (w przypadku robota IRp-6 około 350 [rad/s]) błędy numeryczne (związane z zastosowaną metodą obliczania pochodnej) są dostatecznie małe by przyjąć, że obliczona prędkość odpowiada rzeczywistej. Stosunek zmierzonej wartości napięcia na zaciskach prądnicy oraz obliczonej prędkości daje wartość współczynnika k_r . Wyznaczone w powyższy sposób współczynniki wykorzystywane są następnie w przeliczniku napięcia prądnicy na odpowiadającą mu prędkość kątową wirnika silnika. Współczynniki wzmocnienia wyraża się w [V/rad/s]. Obliczone wartości współczynników k_r niejednokrotnie różnią się dosyć znacznie (o 5-10%) od podawanych przez producenta wartości nominalnych. Kalibracja wykonywana jest automatycznie, a wartości współczynników k_r wyświetlane są na ekranie monitora.

3. **Pomiar w czasie rzeczywistym położen, prędkości i prądów silników napędowych poszczególnych osi manipulatora robota — opcja **Record**.**
- Opcja ta umożliwia wprowadzenie parametrów procesu pomiarowego i wykonanie pomiarów wyżej wymienionych wielkości. Po wybraniu opcji **Record** na ekranie wyświetlane jest odpowiednie menu. Opisane poniżej opcje umożliwiają ustalenie parametrów procesu pomiarowego. Są to:
- **Axnum** — wybór mierzonych osi (liczba mierzonych osi $L = i, i = 1, \dots, 6$ oraz numery osi). Na ekranie wyświetlane jest odpowiednie menu składające się



Rys. 2. Wypełnianie protokołu — opcja Edit
wersja według wymagań MERA-ZAP



Rys. 3. Wybór mierzonych osi — opcja Axnum

z nazw osi (rys. 3). Wybór danej osi polega na wpisaniu jej na listę osi aktywnych, dla których będą mierzone wszystkie wymienione powyżej wielkości, tzn. położenia, prędkości i prądu.

- **Mesnum** — ustalenie liczby pomiarów. Liczba pomiarów ograniczona jest od góry jedynie pojemnością dostępnej (wolnej) pamięci.
- **Sample** — określenie długości okresu próbkowania. Okres próbkowania może być N -krotnością ($N = 1, 2, \dots$) okresu minimalnego równego $T_{min} = 0.5 \text{ ms}$.
- **Unit** — wybór jednostek w jakich wyrażane będą mierzone wielkości. Na ekranie wyświetlane jest kolejne menu z następującymi opcjami:
 - **Pos** - wybór jednostek położenia. Położenie może być wyrażone:
 - * **Rad** — w radianach [rad] (rys. 4),
 - * **Inc** — jako liczba przyrostów (inkrementów) elementarnych robota.
 - **Vel** - wybór jednostek prędkości. Prędkość można przedstawiać:
 - * **Rad/s** — w radianach na sekundę [rad/s],
 - * **Volt** — jako wartość napięcia na zaciskach prądnicy tachometrycznej w woltach [V].

Prąd wyrażany jest w amperach [A].

Po ustaleniu wszystkich parametrów procesu pomiarowego pozostaje jedynie rozpoczęcie pomiarów. Nastąpi to po wybraniu opcji:

- **Run** — uruchomienie procesu pomiarowego z parametrami wybranymi za pomocą omówionych powyżej opcji. Pomiarzy mogą być wykonywane wielokrotnie dla różnych ruchów robota i dla różnych parametrów procesu pomiarowego (tj. liczby pomiarów, częstotliwości próbkowania, liczby osi). Pomiarzy wykonywane są w czasie rzeczywistym, zaś zmierzone wielkości zapamiętywane w pamięci mikrokomputera; ich dalsza obróbka wykonywana jest off-line. W pamięci operacyjnej dostępne są wartości ostatnio wykonanych pomiarów.

Przebiegi czasowe poszczególnych wielkości można obejrzeć na ekranie monitora (opcja **Draw**), można je narysować za pomocą plotera (opcja **Save-Plot**) lub zapisać w postaci tekstowej na dysku (opcja **Save-Nprint**).

4. Wykonanie testów umożliwiających określenie parametrów pracy robota — opcja **Test**.

Opcja umożliwia wyznaczenie wielkości, które określają charakterystyczne parametry pracy robota oraz porównanie uzyskanych wyników z odpowiednimi wartościami parametrów zawartymi w opisie normy [2].

Po wybraniu opcji **Test** otrzymujemy na ekranie kolejny poziom menu z następującymi opcjami:

- **Time** — umożliwia ustawienie znacznika określającego czy robot jest przed czy też po 24-godzinnej próbie ciągłej pracy:
 - **B** 24h - przed próbą,
 - **A** 24h - po próbie.

Wartość powyższego znacznika jest istotna przy tworzeniu protokołu kontroli końcowej robota.

- **Auto** — umożliwia wykonanie całości procesu testowania. Kolejno wykonywane są wszystkie opisane poniżej testy. Operator inicjuje jedynie proces testowania, ma również możliwość przzerwania procesu w dowolnej chwili. Informacja o wynikach badań jest na bieżąco wyświetlana na ekranie monitora. Możliwe jest zapisywanie wyników na dysk lub drukowanie na drukarce i rysowanie przebiegów za pomocą plotera.
- **Whichax** — opcja ta umożliwia wybór osi, która będzie aktualnie testowana.
- **Tacho** — umożliwia przeprowadzenie testów dotyczących pomiarów prędkości. Wybierając tę opcję otrzymuje się kolejny niższy poziom menu, który zawiera trzy następujące opcje:
 - **S_1.3%** Vmax - powoduje wykonanie testu polegającego na określeniu amplitudy oscylacji sygnału prędkościowego (napięcia prądnicy tachometrycznej), przy prędkości równej 1.3% prędkości maksymalnej. Przebieg sygnału prędkościowego przedstawiony jest w postaci wykresu czasowego.
 - **F_31%** Vmax - umożliwia wykonanie testu stałości napięcia prądnicy tachometrycznej, przy prędkości równej 31% prędkości maksymalnej. Fazy przyspieszania i hamowania są pomijane, sprawdzana jest wartość napięcia przy ustalonej prędkości obrotowej wału silnika.
 - **Accelerat** - pomiar przyspieszenia przy narastaniu prędkości od zera do prędkości maksymalnej (v_{max}) i opóźnienia przy odwrotnej zmianie oraz przeregulowania prędkości (k). Przyjęta została pośrednia metoda szacowania wartości przyspieszenia na podstawie czasu (t_p) rozpędzania się wału silnika od prędkości zerowej do prędkości równej 63% v_{max} oraz czasu (t_h) spadku prędkości od maksymalnej do wartości równej 37% v_{max} przy hamowaniu. Określane jest ponadto przeregulowanie prędkości przy przyspieszaniu od zera do prędkości maksymalnej dla każdej osi robota. Przeregulowanie wyraża się następującym wzorem:

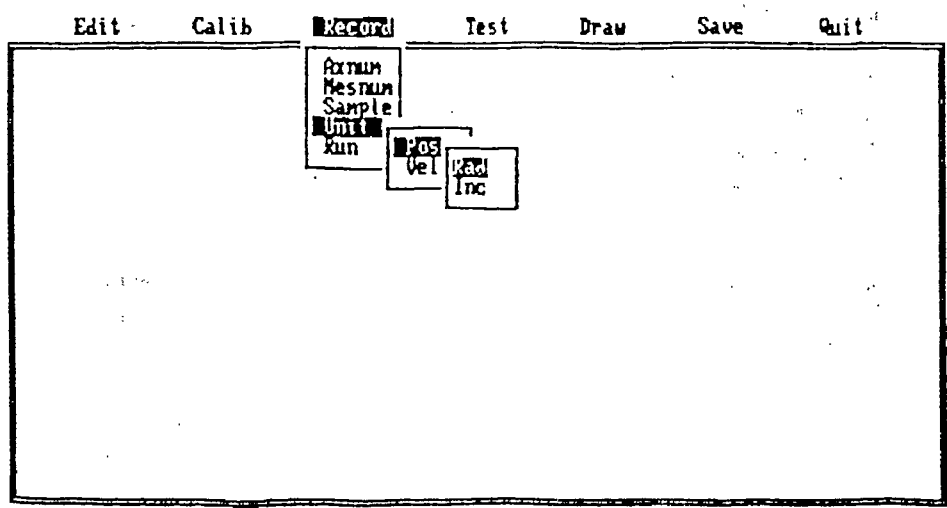
$$k = \frac{U_p - U_{max}}{U_{max}} 100\%$$

gdzie

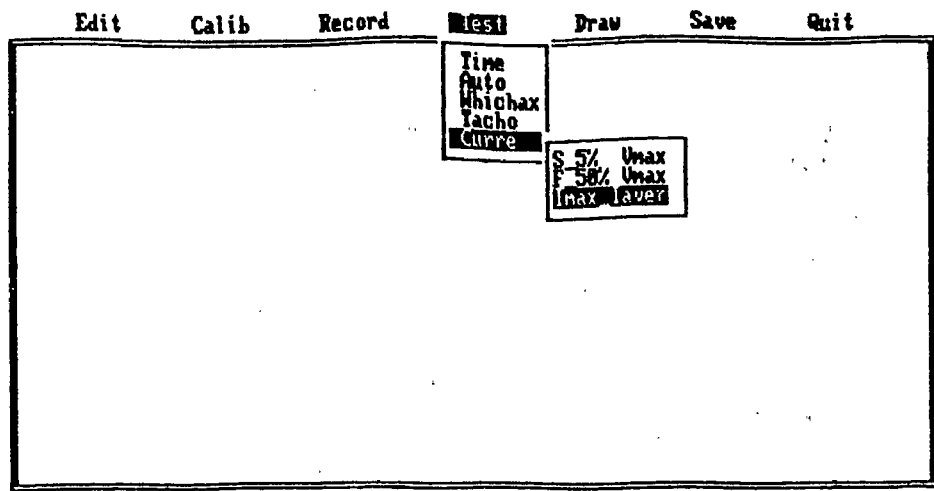
U_p — wartość szczytowa,

U_{max} — wartość maksymalna (ustalona) napięcia prądnicy tachometrycznej.

- **Curre** — umożliwia wykonanie testów polegających na określeniu poboru prądu przez silniki napędowe poszczególnych osi robota. W tym przypadku są do wyboru następujące trzy opcje:



Rys. 4. Wybór jednostek położenia — opcja Unit



Rys. 5. Pomiar prądu maksymalnego i średniego - - opcja Curre

- **S_5% Vmax** - pomiar prądu przy prędkości równej 5% prędkości maksymalnej.
- **F_50% Vmax** - pomiar prądu przy prędkości równej 50% prędkości maksymalnej.
- **I_{max} I_{mean}** - określenie wartości prądów (maksymalnego I_{max} oraz średniego ustalonego I_{mean} w amperach) oraz czasu trwania t_m prądu I_{max} (rys. 5).

Ruch testowanej osi powinien odbywać się w całym dopuszczalnym zakresie. Pozostałe osie pozycjonowane są w takim położeniu, aby nie wykonywały ruchu. Odpowiednie położenie osi jest istotne, gdyż ewentualny ruch tych osi ma wpływ na wykonywane pomiary.

Do przeprowadzenia omówionych testów konieczne jest wcześniejsze przygotowanie programu dla sterownika autonomicznego robota. Program ten musi zapewnić wykonanie odpowiednich ruchów testowych kolejnych osi robota. Wybór i rozpoczęcie wykonania poszczególnych ruchów wykonywane jest z poziomu programu **TEST_IRp** (patrz pkt 3.2.).

5. Wizualizacja wyników w postaci wykresów na ekranie monitora — opcja **Draw**.

Przebiegi zmierzonych wielkości można obejrzeć w postaci wykresów czasowych. Wykresy rysowane są w układach współrzędnych, których oś odciętych wyskalowana jest w jednostkach czasu [s], zaś oś rzędnych ma jednostki odpowiednie do rysowanego przebiegu. Na ekranie mogą być przedstawione jednocześnie dwa przebiegi w dwóch różnych układach współrzędnych (opcje **Up** i **Down**). Po wybraniu opcji **Draw** otrzymujemy menu z następującymi opcjami:

- **Up** - opcja umożliwiająca wybór przebiegu rysowanego w górnej części ekranu. Po wywołaniu tej opcji wyświetlany jest kolejny poziomy menu, który zawiera listę dostępnych w danej chwili przebiegów. Należy wybrać jeden z przebiegów, który będzie rysowany w górnej części ekranu.
- **Down** - opcja umożliwiająca wybór przebiegu rysowanego w dolnej części ekranu. Podobnie jak dla opcji **Up**, na ekranie wyświetlana jest lista aktualnie dostępnych przebiegów. Spośród nich należy wybrać przebieg, który będzie rysowany w dolnej części ekranu.
- **Paint** - powoduje rysowanie na ekranie wykresów wcześniej wybranych (za pomocą opcji **Up** i **Down**) przebiegów.

Na rysunkach 8 ÷ 10 przedstawione są wykresy typowych przebiegów położenia i prędkości (napięcia na zaciskach prądnicy tachometrycznej) kątowych oraz prądów wimików silników napędowych wybranych osi manipulatora robota IRp-6. W przypadku testowania parametrów pracy robota, na ekranie przedstawione są również odpowiednie wartości liczbowe przedstawiające wyniki

P R O T O K O Ł

kontroli wybranych parametrów części manipulacyjnej robota IRp-6:
1. Napięcie prądnic tachometrycznej dla 31% V_{max}

Napięcie [V] Os	Przed próbą 24h	Po próbie 24h	Stalność w [V]	Wynik testu
FI	6.82	6.84	0.02	Pozytywny
TETA	7.15	7.21	0.06	Pozytywny
ALFA	6.93	6.90	-0.03	Pozytywny
T	7.40	7.44	0.04	Pozytywny
V	7.02	7.03	0.01	Pozytywny
6 os	0.00	0.00	0.00	Brak

2. Prądy silników dla prędkości równej 50% i 5% v_{max}

Prąd [A] Os		Przed próbą 24h		Po próbie 24h		Wynik testu
		50% v _{max}	5% v _{max}	50% v _{max}	5% v _{max}	
FI	+	4.43	1.87	4.40	1.82	Pozytywny
	-	-4.64	-1.80	-4.35	-1.78	Pozytywny
TETA	+	3.93	2.36	3.92	2.40	Pozytywny
	-	-3.84	-2.30	-3.78	-2.28	Pozytywny
ALFA	+	3.12	3.01	3.14	3.04	Negatywny
	-	-3.03	-1.52	-3.06	-1.53	Negatywny
T	+	2.84	1.23	2.81	1.19	Pozytywny
	-	-2.76	-1.31	-2.74	-1.28	Pozytywny
V	+	2.55	1.21	2.52	1.18	Pozytywny
	-	-2.62	-1.31	-2.64	-1.34	Pozytywny
6 os	+	0.00	0.00	0.00	0.00	Brak
	-	0.00	0.00	0.00	0.00	Brak

3. Amplituda oscylacji sygnału prądnic tachometrycznej przy 1.3% V_{max}

Os	Amplituda [mV]	Wynik
FI	51.2	Negatywny
TETA	103.4	Negatywny
ALFA	68.5	Negatywny
T	98.3	Negatywny
V	50.8	Negatywny
6 os	0.0	Brak

Data : 1991.04.23 Sprawdził :

Rys. 6. Protokół z wybranych testów dla robota IRp-6

testów oraz informacje o zgodności tych wyników z wartościami podanymi w WTO.

6. Archiwizacja wyników badań — opcja Save.

Opcja ta umożliwia zapisanie wyników testów w postaci protokołu, zapisanie wartości liczbowych przebiegów oraz rysowanie wykresów za pomocą plotera. Wszystkie te wyniki mogą stanowić sprawozdanie z wykonanych badań. Po wywołaniu opcji Save pojawia się kolejne menu. Opcje tego menu umożliwiają wykonanie następujących czynności:

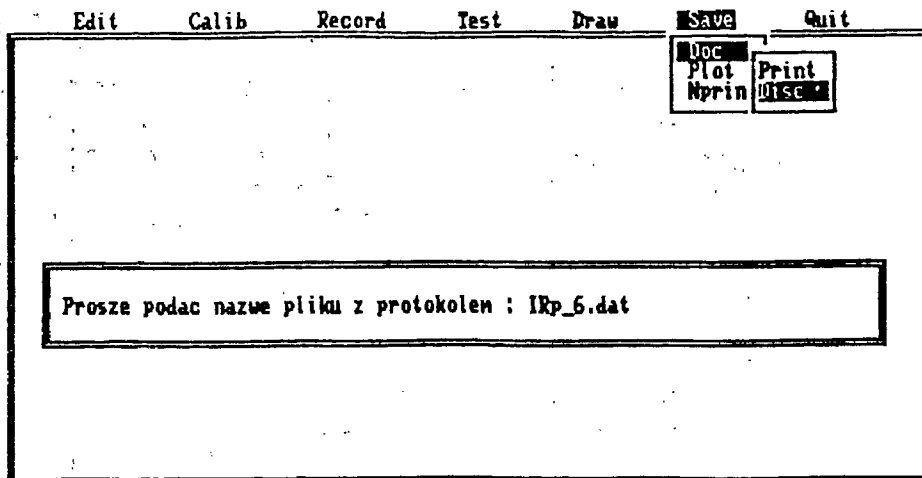
● Doc - zapisanie protokołu z badań w postaci:

— Print - wydruku na drukarce (rys. 6).

Przedstawiony na rys. 6 protokół zawiera wyniki wcześniej omówionych testów. Wynik testu uważany jest za pozytywny, jeżeli otrzymane wartości mieszczą się w dopuszczalnym przedziale. Zakresy wartości dopuszczalnych dla wszystkich testów manipulatora robota IRp-6 podane są w opisie normy [2].

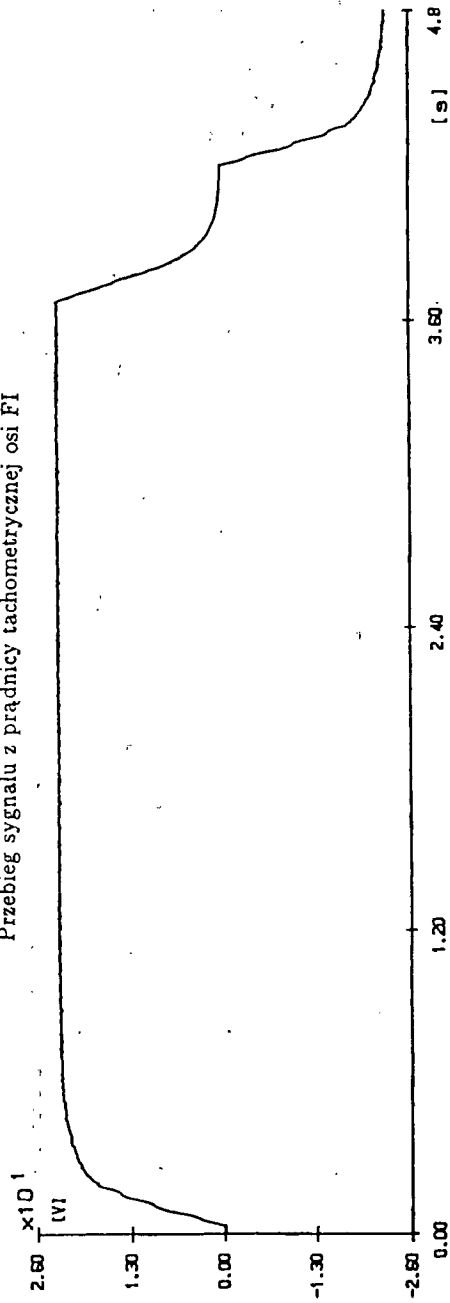
Przykładowo, dla osi ALFA test polegający na określeniu poboru prądu przy prędkości ruchu równej 50% prędkości maksymalnej ma wynik negatywny. Dopuszczalne wartości prądów dla tego testu zawierają się w przedziale $(-3 \div 3.0)$ A. Podobnie pomiar amplitudy oscylacji sygnału z prądnic tachometrycznych dał negatywne wyniki. Dla badanego egzemplarza robota przekroczone zostały wartości dopuszczalne (patrz [2]). Robot IRp-6 ma 5 stopni swobody, dlatego też w ostatnich rubrykach brak jest wyników testów.

— Disc - pliku tekstowego na dysku (rys. 7)

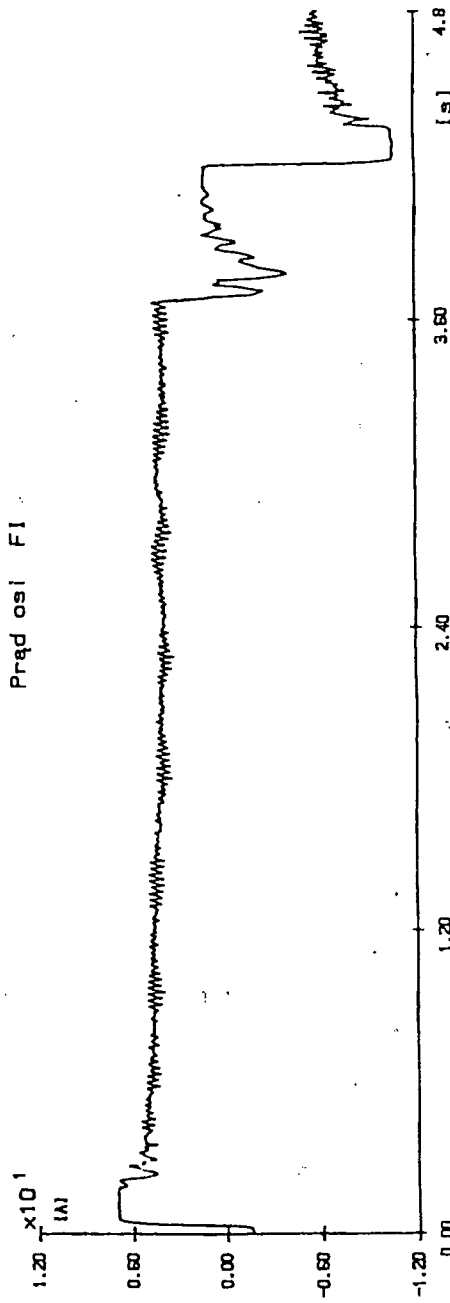


Rys. 7. Zapisywanie protokołu na dysk — opcja Save

Przebieg sygnału z prądnicy tachometrycznej osi FI



Prąd osi FI



Rys. 8. Przebieg napięcia prądnicy tachometrycznej i prądu dla kolumny obrotowej manipulatora robota IRp-6

- Plot - rysowanie na ploterze przebiegów ostatnio wyświetlanych na ekranie monitora.

Przykładowe wykresy przedstawione zostały na rysunkach 8÷10.

- Nprint - zapisywanie wartości liczbowych wybranych przebiegów (ostatnio wyświetlanych na ekranie monitora). Możliwość zapisywania wartości liczbowych jest przydatna przy szczegółowej analizie uzyskanych wyników. Plik z wynikami jest zapisywany w postaci tekstowej.

7. Przerwanie działania programu i przejście do systemu operacyjnego w dowolnej chwili — opcja Quit.

Użytkownik może przerwać wykonanie programu obsługi w dowolnie wybranym momencie.

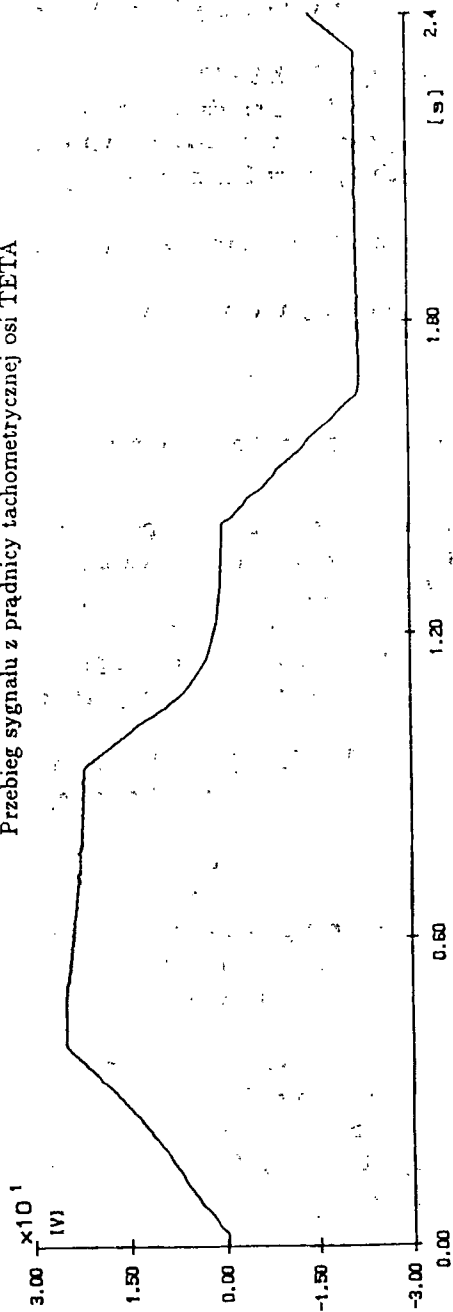
3.2. Synchronizacja programu TEST_IRp z programami w sterowniku autonomicznym robota

Program TEST_IRp spełnia rolę zarządcy całości procesu kontroli i pomiarów. Konieczna jest więc synchronizacja działania programu obsługi stanowiska z programami w sterowniku autonomicznym robota. Realizacja określonych funkcji programu TEST_IRp wiąże się z wykonaniem odpowiednich instrukcji w programie sterownika. Przykładowo, wykonanie testu polegającego na pomiarze poboru prądu przez silnik napędzający oś V przy prędkości równej 50% prędkości maksymalnej wymaga:

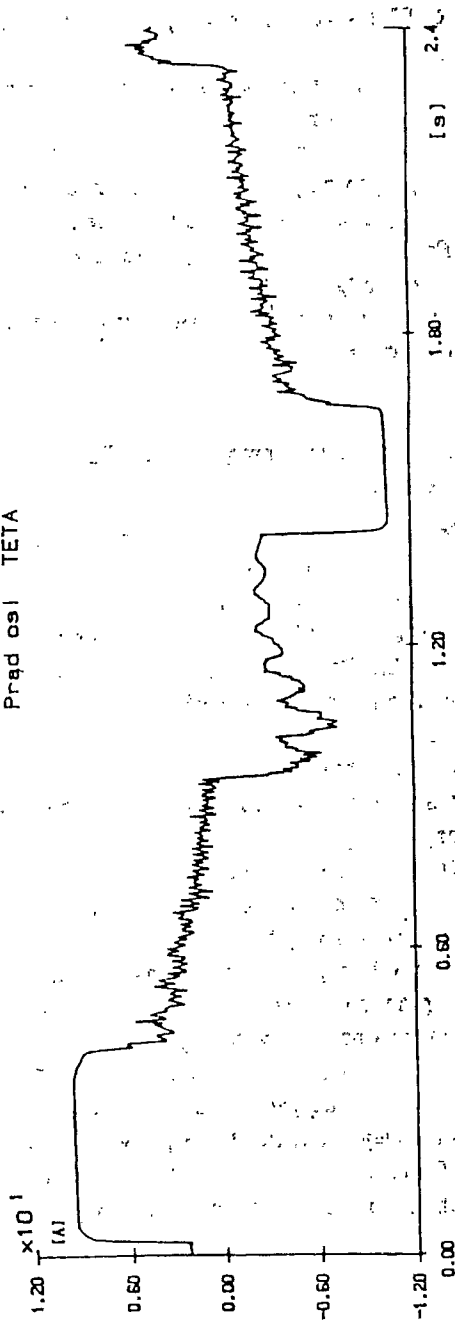
- Zapewnienia możliwości wyboru z poziomu programu TEST_IRp instrukcji w programie sterownika, której wykonanie spowoduje ruch osi V robota z podaną wyżej prędkością.
- Otrzymania sygnału zwrotnego o zakończeniu ruchu testowego tej osi.

Rozwiązanie powyższego problemu możliwe jest dzięki istnieniu w sterowniku robota układu wejść i wyjść cyfrowych. Spełniają one w danym przypadku rolę semaforów ustawianych w jednym programie a sprawdzanych w drugim. Przed każdą instrukcją w programie sterownika, która umożliwia wykonanie określonego ruchu, znajduje się instrukcja warunku, w której sprawdzany jest stan odpowiedniego wejścia. Stan tego wejścia może być zmieniany w programie TEST_IRp. Podobnie, po zakończeniu ruchu, następną instrukcją w programie sterownika jest instrukcja USTAW WYJŚCIE NR-*nn*. Stan tego wyjścia sprawdzany jest w czasie wykonywania odpowiedniej opcji programu TEST_IRp. W ten sposób możliwe jest wykonanie określonych funkcji programu TEST_IRp oraz synchronizacja ich wykonania z odpowiednimi czynnościami robota.

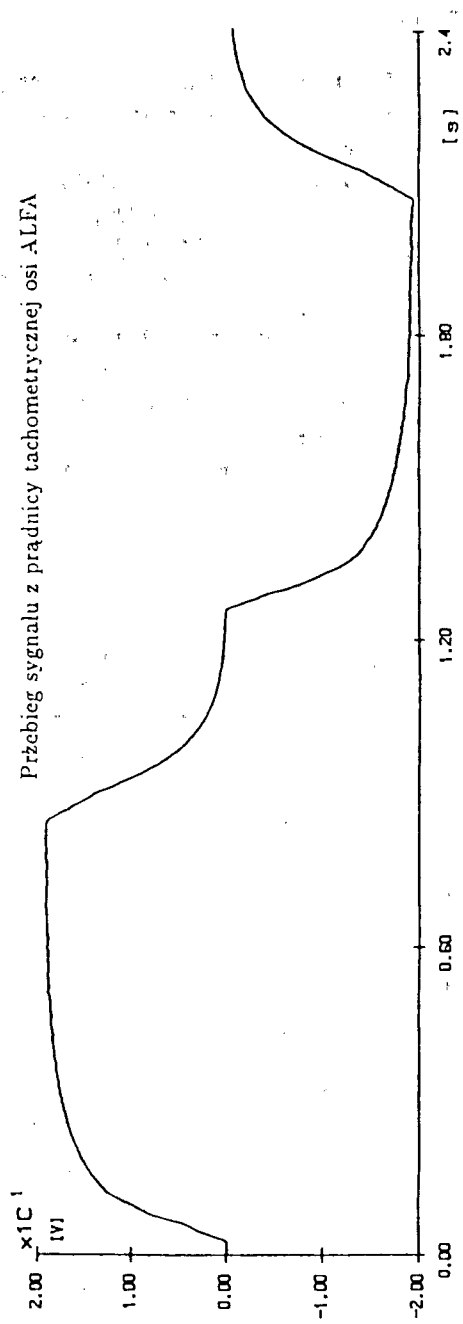
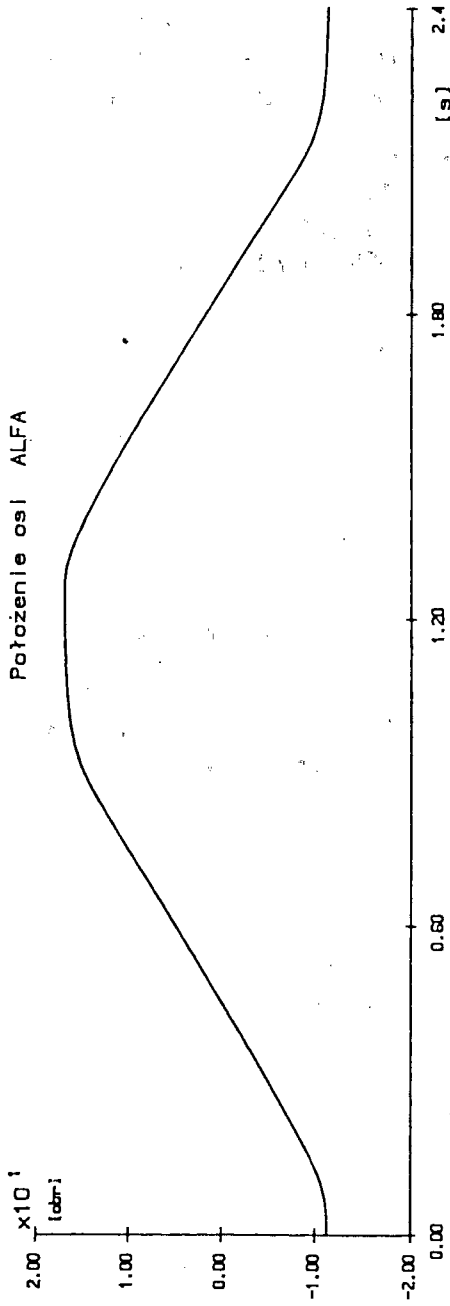
Przebieg sygnału z prądnicy tachometrycznej osi TETA



Prąd osi TETA



Rys. 9. Przebieg napięcia prądnicy tachometrycznej i prądu dla ramienia dolnego manipulatora robota IRp-6



Rys. 10. Przebieg położenia kąтового i napięcia prądnicy tachometrycznej dla ramienia manipulatora robota IRp-6

Literatura

- [1] W. Szykiewicz. Instrukcja obsługi programu TEST_IRp, obsługi stanowiska kontroli i pomiarów parametrów pracy robotów. Instytut Automatyki PW. Warszawa 1990.
- [2] Norma Zakładowa MERA-PIAP ZN/88/MERA-018/255.