

Końcówka kinematyczna z napędami elektrycznymi

Robert Hibner
Ludwik Majewski

Niezbędnym wyposażeniem każdego robota przemysłowego jest końcówka manipulacyjna (efektor), zwana dalej końcówką. W pracy opisano budowę i wykonano prototyp końcówki, z trzema osiami obrotowymi, współpracującej z robotem Fanuc przeznaczonym do badań i ćwiczeń laboratoryjnych z podstaw robotyki.

Koncepcja budowy trzyosiowej końcówki wynikała z potrzeby powiększenia stopni swobody robota w celu zademonstrowania możliwości manipulacyjnych z zapasem ruchliwości. Zapas ruchliwości występuje, gdy robot ma więcej stopni swobody, niż minimalna liczba potrzebna do wykonania założonego zadania. Budowa końcówki umożliwia również w prosty sposób zmniejszenie stopni swobody (zmniejszanie liczby osi). O wyborze koncepcji końcówki decydowały właściwości ruchowe, sterownicze, energetyczne, a przede wszystkim koszty wykonania. Końcówka współpracując z robotem, może również służyć do demonstracji wykonywania przykładowych operacji technologicznych, gdyż jest wyposażona w narzędzia technologiczne i ma proste przyłącze do połączenia z robotem w miejscu mocowania chwytaków.

Cechą końcówki jest rozszerzenie zakresu ruchów manipulatora poprzez wprowadzenie kolejnych osi obrotu, oferuje ona, oprócz obrotowego ruchu roboczego, dwa ruchy nastawcze. Jej zakres stosowania jest ograniczony do zajęć dydaktycznych.

Budowa końcówki

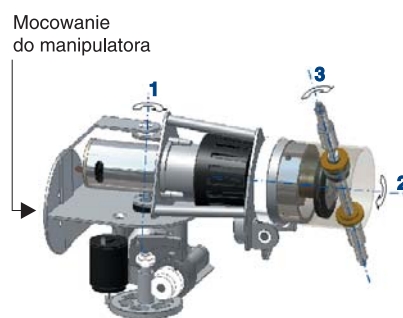
Założenia projektowe

Do projektowania końcówki założono, że:

- będzie miała trzy osie (będzie wykonywała trzy ruchy obrotowe)
- powinna współpracować z pięcioosiowym manipulatorem FANUC LR 100
- może pracować samodzielnie, a przez to można ją wykorzystać w laboratorium do demonstracji ruchów
- narzędzia robocze końcówki mają być wyposażone w dwa rodzaje nasadek, mianowicie: wkrętak z zakończeniem płaskim i wkrętak z zakończeniem krzyżakowym

- dla zachowania proporcji między ciężarem końcówki a nominalnym ciężarem przenoszonym przez chwytak robota – ciężar końcówki nie powinien przekroczyć 40 N, (nominalny ciężar przenoszony przez suport robota wynosi 30 – 50 N).

Na podstawie wymienionych, podstawowych założeń opracowano wstępny projekt końcówki, której ogólny widok pokazano na rysunku 1.



Rys. 1. Widok wstępnego projektu końcówki z zaznaczonymi osiami obrotu

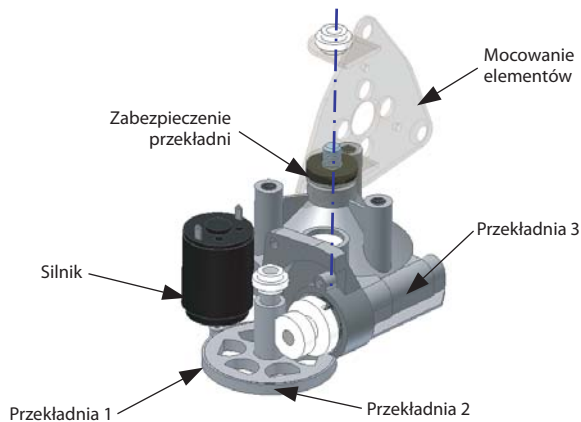
Napędy

Realizacja obrotu osi 1

Początkowo obrót osi 1 realizował silnik komutatorowy prądu stałego i dwie przekładnie pracujące szeregowo. Podczas wykonywania prac projektowych zauważono, że nieznaczne niewyrównoważenie powodowane przez części ruchome końcówki może utrudniać ruchy nastawcze przy pewnych położeniach robota. Rozwiązaniem byłoby zastosowanie przeciwwagi, ale zwiększałoby to masę końcówki, więc pomysł ten zarzucono. Dobrym wyjściem było zastosowanie dodatkowej przekładni zębatej zwalniającej o ząbieniu zewnętrznym – przekładni 1 (rys. 2). Dzięki jej wprowadzeniu uzyskano wystarczający moment napędowy osi 1 przy zachowaniu racjonalnej prędkości obrotowej wpływającej na czas ustawiania. Ostatecznie obrót osi 1 realizowany jest za pośrednictwem zespołu trzech przekładni (rys. 2). Pierwszą z nich jest przekładnia 1 współpracująca bezpośrednio z silnikiem. Napęd z niej przekazywany jest na ślimak przekładni ślimakowej – przekładni 2, która napędza następną przekładnię ślimakową – przekładnię 3. Do wyjścia tej

Inż. Robert Hibner jest absolwentem Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, Wydział Budowy Maszyn, kierunek - Automatyka i Robotyka; Dr inż. Ludwik Majewski jest adiunktem w Katedrze Podstaw Budowy Maszyn ATH, WBM.

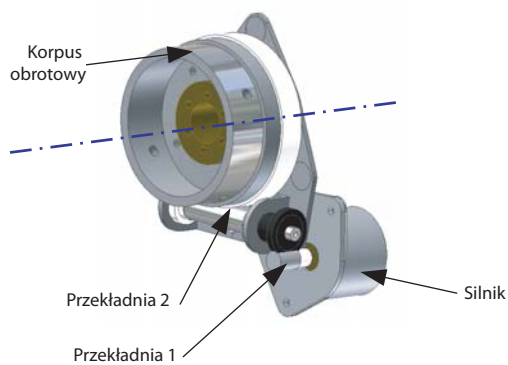
ostatniej mocowane są kolejne elementy konstrukcji. Łączne przełożenie zespołu trzech przekładni wynosi 2700:1. Ruch nastawczy wokół osi 1 o kąt 90° zajmuje czas około 5 s. Zespół przekładni zabezpieczony jest przed zniszczeniem, dzięki zastosowaniu połączenia elastycznego (rys. 2).



Rys. 2. Realizacja obrotu osi 1

Realizacja obrotu osi 2:

Obrót osi 2 wykonywany jest dzięki silnikowi skokowemu połączonemu z dwiema przekładniami ślimakowymi (rys. 3). Silnik poprzez pierwszą przekładnię ślimakową napędza ślimak przekładni drugiej. Ślimacznica drugiej przekładni jest przymocowana na sztywno do korpusu obrotowej części końcówki, która osadzona jest na tulejce wykonanej z brązu. Zastosowanie silnika skokowego uniemożliwia uszkodzenie napędu wskutek zatrzymania wału silnika.



Rys. 3. Realizacja obrotu osi 2

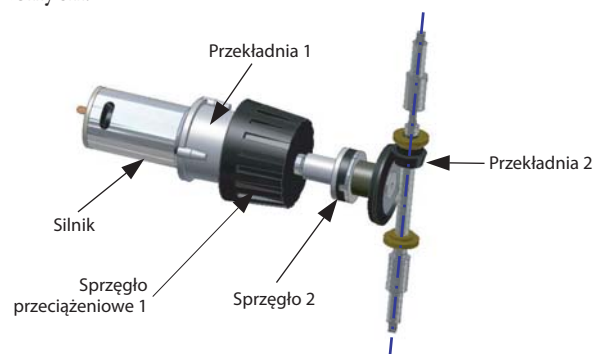
Realizacja obrotu osi 3:

Układ napędowy osi 3 przedstawia rysunek 4. Napęd stanowi silnik komutatorowy prądu stałego. Współpracuje on z przekładnią planetarną dwustopniową. Przekładnia wyposażona jest w sprzęgło przeciążeniowe 1, które powoduje odłączenie napędu przy zadanym momencie obciążenia. Wartość momentu odłączenia reguluje się pokrętkiem. Na wał wyjściowy przekładni nasadzone jest kolejne sprzęgło 2. Składa się ono z części stałej oraz z części wymiennej. W rozwiązaniu sprzęgła

występuje połączenie stal - guma - stal. W dalszej części napęd przekazywany jest za pomocą przekładni zębatej kątowej na wał, na którym osadzone zostały elementy mocujące narzędzia.

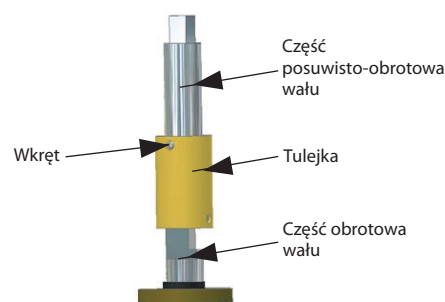
Elastyczne osadzenie narzędzi

W czasie wkręcania, jak i wykręcania wkręta należy zsynchronizować ze sobą zarówno ruch obrotowy wrzeciona, jak i ruch posuwisty odsuwania lub dosuwania narzędzia wzdłuż osi wkręcanego lub wykręcanego wkręta. Pociąga to za sobą konieczność każdorazowego określenia skoku wkręta, z jakim mamy do czynienia. Przykładowo zbyt wolne odsuwanie podczas odkręcania spowoduje zadziałanie zabezpieczeń przeciążeniowych, natomiast zbyt szybko zakończy się wypadnięciem narzędzia z nacięć na nie przeznaczonych.



Rys. 4. Realizacja obrotu osi 3

W celu rozwiązania tego problemu, narzędzia osadzone zostały elastycznie. Elastyczność osadzonych narzędzi zapewnia wał, który składa się z dwu części, przy czym jedna część ma możliwość zagłębienia się w drugiej. Obie części są rozpychane przez sprężynę o odpowiednio dobranej sztywności i prowadzone w osi przez tulejkę (rys. 5). Tulejka współpracująca z wkrętami dodatkowo ogranicza ruch względny obu części wału..

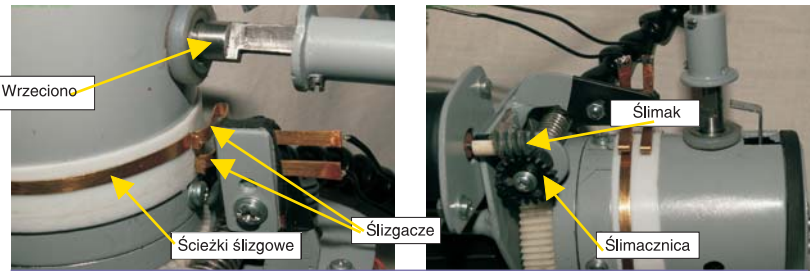


Rys. 5. Widok wału

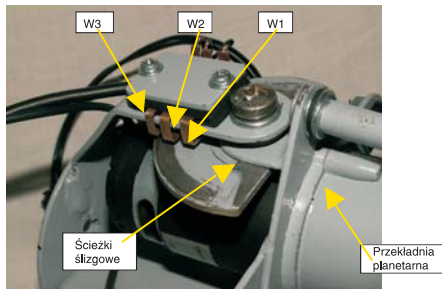
Określanie położenia osi 1

Końcówka ma szereg określonych pozycji, w których może pracować. Oś 1 można ustawić w jednym z 3 położenia (lewe, środkowe oraz prawe). Zakres ruchu względem tej osi wynosi 180° z podziałką kątową 90° .

Aktualne położenie jest sprawdzane w sposób ciągły podczas pracy. Gdy końcówka na skutek np. uderzenia w przeszkodę ulegnie przestawieniu, układ sterujący jej pracą natychmiast wyłącza wrzeciono i koryguje pozycję. Aktualne ustawienie tej osi jest określane dzięki zastosowaniu systemu ślizgaczy i ścieżek ślizgowych. Umieszczone są one w górnej części urządzenia (rys. 6).

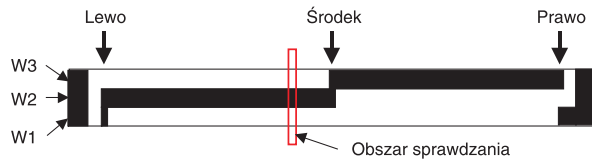


Rys. 8. Czujniki położenia osi 2



Rys. 6. Ślizgacze i ścieżki ślizgowe

Ścieżki są umieszczone na półokrągłej płytce drukowanej. Po rozwinięciu przedstawiają się one następująco:



Rys. 7. Układ ścieżek kontrolnych położenia osi 1

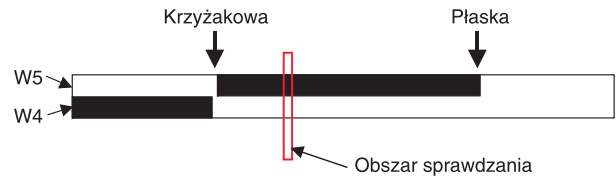
Na czarno zaznaczono ścieżki ślizgowe podłączone do masy układu. W czerwonym prostokącie znajduje się przykładowy obszar sprawdzania położenia. W takim przypadku układ odczyta, że czujnik W1 wykazuje stan wysoki, W2 niski a W3 również wysoki. Dzięki temu wie, że położenie końcówki jest pomiędzy środkowym a lewym. Dla położenia środkowego czujniki W1, W2, W3 wykazują kolejno stany 1, 0, 0. W przypadku zadania położenia lewego układ sterowania dąży do utrzymania stanów 0, 0 oraz 1 na tych samych czujnikach. W przypadku położenia prawego celem jest osiągnięcie sygnałów 0, 1, 0.

Określanie położenia osi 2

W podobny sposób jak w przypadku osi 1, rozwiązano ustalanie położenia osi 2. Ponieważ potrzebne były 2 ustawienia tej osi, wykorzystano dwie ścieżki ślizgowe współpracujące z dwoma ślizgaczami. Ścieżki umieszczone są na obwodzie wymiennej części końcówki wraz ze ślizgaczami i zostały przedstawione na rysunku 8.

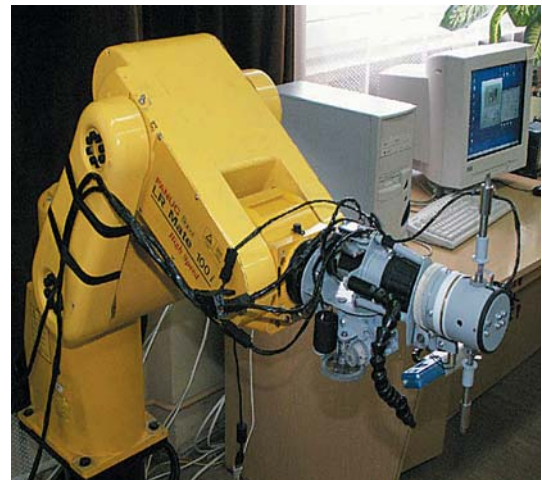
Ścieżki ułożone są w sposób pokazany na rys. 9.

Również tutaj w kolorze czarnym przedstawiono ścieżki ślizgowe połączone z masą układu.

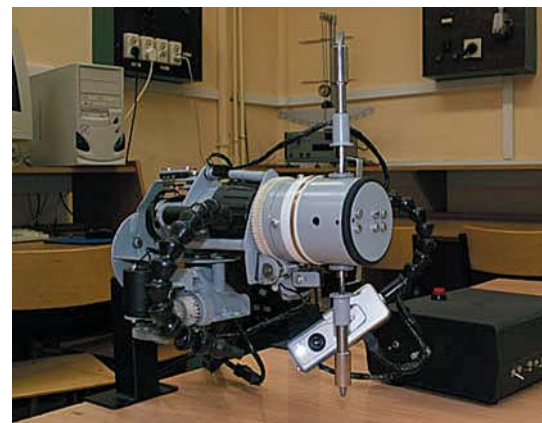


Rys. 9. Układ ścieżek kontrolnych położenia osi 2

Przy 2 ścieżkach ślizgowych możemy uzyskać 3 jednoznacznie określone położenia końcówki (sygnały z czujników równe 01, 10 lub 11) oraz jeden sygnał dla stanów przejściowych (00). Tutaj jednak zrezygnowano z dodatkowego położenia, lecz dzięki temu uzyskano możliwość określenia, z której strony położenia zada-



Rys. 10. Widok współpracującej końcówki z robotem Fanuc



Rys. 11. Widok końcówki jako autonomicznej jednostki kinematycznej

nego znajdują się ślizgacze w danym czasie. Przykładowo przy sygnałach W4 i W5 równych odpowiednio 0 i 1 wiemy, że ślizgacze są po lewej stronie położenia krzyżakowego. Podobnie w przypadku sygnałów 1 i 0 wiemy, że ślizgacze są po prawej stronie tego położenia. W normalnym użytkowaniu nie ma to większego znaczenia. Tu jednak wiedza ta umożliwiła takie napisanie programu, które niweluje groźbę nawinięcia na końcówkę przewodów podłączonych do ostatniego jej członu.

Rys. 10 ilustruje współpracę końcówki z robotem, zaś na rys. 11 przedstawia końcówkę jako autonomiczną jednostkę kinematyczną mogącą służyć jako stanowisko dydaktyczne do zajęć w laboratorium.

Podsumowanie

Źródłem pomysłu zbudowania końcówki były potrzeby laboratorium podstaw robotyki. Specjalnie zbudowana końcówka może mieć dwojakie zastosowanie: oprócz współpracy z robotem firmy Fanuc, możliwa jest również jej samodzielna praca z wykorzystaniem do celów dydaktycznych w kształceniu studentów.

Niektóre fragmenty pracy koncepcyjnej nad projektem końcówki wykonywane były odręcznie w formie szkiców a następnie modelowane komputerowo za pomocą programu Autodesk Inventor 6.

Ponieważ do budowy podzespołów prototypu wykorzystywano wiele elementów dostępnych na rynku, to przebieg budowy prototypu odbywał się prawie jednocześnie z pracami projektowymi. Montowane podzespoły był badane i zauważane niedociągnięcia usuwane.

Wymieniona niżej literatura nie jest cytowana w tekście pracy. Niemniej jednak zapoznanie się z nią stało się punktem wyjścia do prawidłowego przeprowadzenia projektu, budowy i badań ruchowych końcówki.

Bibliografia

1. John J. Craig, *Wprowadzenie do robotyki*, WNT Warszawa 1993.
2. J. Honczarenko, *Roboty przemysłowe. Elementy i zastosowanie*, WNT, Warszawa 1996.
3. K. Tomaszewski, *Roboty przemysłowe. Projektowanie układów mechanicznych*, WNT, Warszawa 1993.
4. Praca zbiorowa pod red. A. Moreckiego i J. Knapczyka: *Podstawy robotyki*, WNT, Warszawa 1993.
5. *Materiały szkoleniowe w zakresie Automatykacji i Robotyzacji Procesów Produkcyjnych w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów*, PIAP Warszawa 2004. ■

Chainflex® CF98. Przewody sterownicze do największych promieni gięcia. Przy 4xd około 30 milionów cykli. Pozytywne wyniki testów już nawet z promieniem 3,2xd. Otwiera możliwości całkowicie nowych zastosowań w przewodnikach przewodów! Teraz dostępne z magazynu.

Inne aktualne pozycje:

Chainflex® CFLG.T: teraz o 21% cieńszy

Chainflex® CFBUS: teraz z UL/CSA

Chainflex® CFBRAID: gwarantowane wyeliminowanie efektu korkociągu.

plastics for longer life®
igus.com.pl

igus® Sp z o.o ul. Parowcowa 10b 02-445 Warszawa
 Tel. 022-863 57 70 Faks 022-863 61 69 igus@igus.com.pl

*igus, Chainflex, plastics for longer life® są znakami towarowymi chronionymi prawem w Republice Federalnej Niemiec i na całym świecie.

REKLAMA ▼

www.energoelektronika.com.pl
 Twój branżowy serwis z przyszłością