

dr inż. Piotr Gawłowicz
 mgr Marcin Chciuk
 mgr inż. Paweł Bachman
 Uniwersytet Zielonogórski

ROBOT STEROWANY TRZYOSIOWYM DŻOJSTIKIEM DOTYKOWYM Z CIECZĄ MAGNETOREOLOGICZNĄ

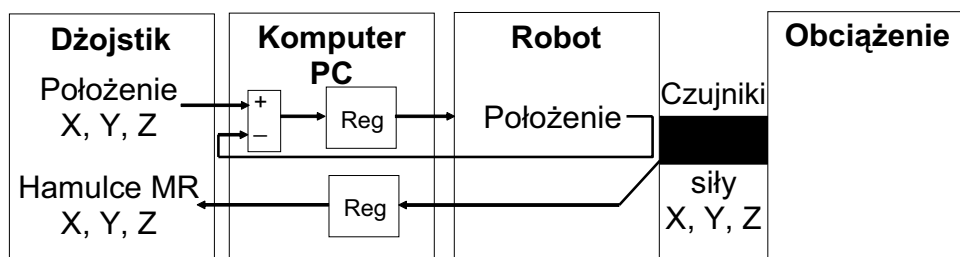
W artykule przedstawiono konstrukcję wieloosiowego dżojstika dotykowego, badania obrotowych hamulców z cieczą magnetoreologiczną oraz opis układu sterowania oraz budowę wykorzystywanego do badań robota. Zakończenie artykułu zawiera wyniki badań.

ROBOT ARM CONTROLLED BY A THREE-AXIAL HAPTIC JOYSTICK WITH MAGNETORHEOLOGICAL FLUID AND FORCE FEEDBACK

The article includes multi-axial haptic joystick's specification, studies of rotary dampers with magnetorheological fluid and description of robot's control system as well as the construction of the robot used for the research. Finally, a research result is presented.

1. WSTĘP

Dżojstiki, jako elementy zadające, znane są od kilkadziesiąt lat. Wykorzystywane są one zarówno jako urządzenie wejścia komputera np. w grach komputerowych, jak i do sterowania różnego rodzaju maszynami (dźwigi, koparki). Jednak dopiero od niedawna produkowane są dżojstiki wykorzystujące siłowe sprzężenie zwrotne. Również one mogą znaleźć zastosowanie w przemyśle [1, 2, 3], zastępując tradycyjne dżojstiki. Mogłyby one przekazywać operatorom maszyn informacje o stanie urządzenia np. jaka masa jest podnoszona lub jakie opory napotyka narzędzie, a nawet uniemożliwić sterowanie w momencie wykrycia awarii.

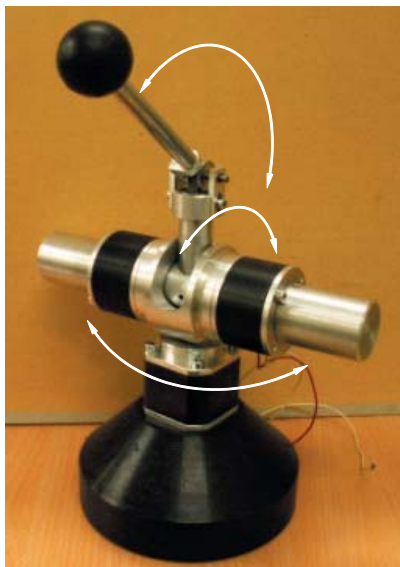


Rys. 1. Idea sterowania robotem z dodatkowym siłowym sprzężeniem zwrotnym

Założeniem projektowym niniejszej pracy było zbudowanie dżojstika dotykowego, przy pomocy którego sterowano by robotem. Struktura kinematyczna tego dżojstika byłaby zbliżona do struktury robota. Ponadto poprzez siłowe sprzężenie zwrotne dżojstik ma przekazywać osobie sterującej robotem informację o sile, z jaką robot dotyka przedmiotów. Za wytworzenie efektu dotyku w dżojstiku odpowiedzialne są hamulce magnetoreologiczne. Poglądowy schemat opisanego powyżej układu pokazany jest na rys. 1.

2. BUDOWA I BADANIA DŻOJSTIKA

Widok dżojstika pokazany jest na rys. 2. Głównymi jego elementami są trzy hamulce magnetoreologiczne [4], z których dwa, umieszczone w osi Y i Z są identyczne, a trzeci umieszczony w podstawie (oś X) jest nieco większy i ma większy moment hamujący.

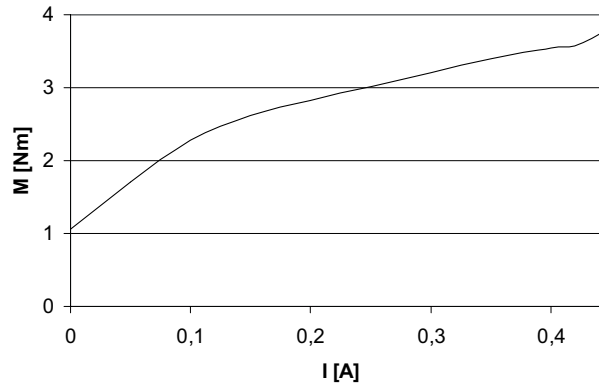
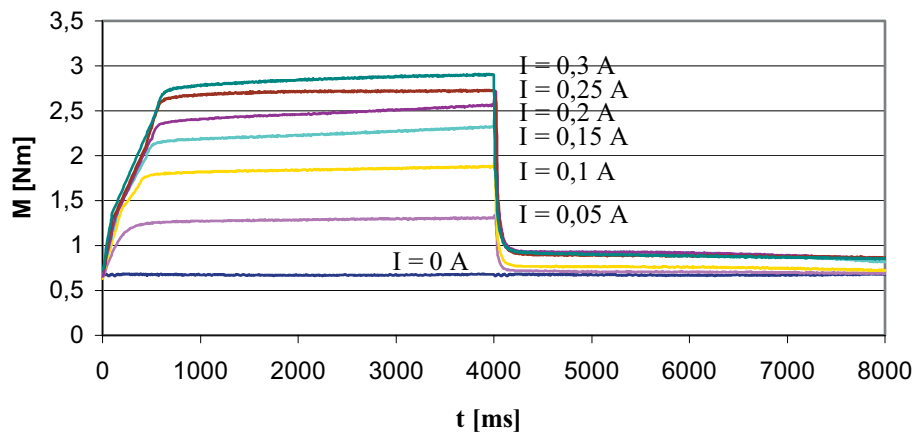


Rys. 2. Widok zewnętrzny dżojstika

Aby dowiedzieć się, jaka jest zależność momentu hamującego hamulców MR od wartości prądu płynącego przez cewkę przeprowadzono badania doświadczalne. Badania te wykonano na stanowisku wyposażonym w momentomierz dynamiczny typ DFM22 firmy Magneton Elektronik. Pomiary wykonywane były przy pomocy komputera PC z kartą pomiarową DaqBoard 3001 i programem DasyLab. Częstotliwość próbkowania wynosiła 100 pomiarów/sekundę. Na rys. 3 pokazany jest większy z hamulców. Rys. 4 przedstawia zależność momentu hamującego od prądu, a rys. 5 charakterystyki zmian momentu w czasie, dla różnych wartości prądu płynącego przez cewkę hamulca MR.



Rys. 3. Widok zewnętrzny hamulca

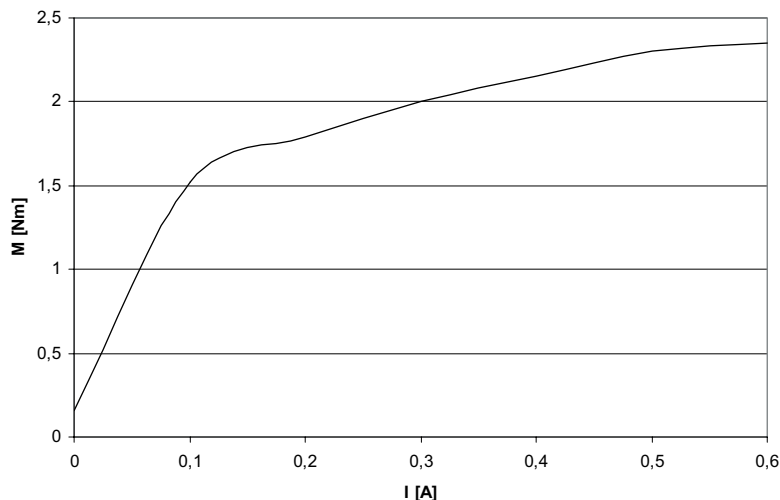
Rys. 4. Charakterystyka $M=f(I)$ 

Rys. 5. Badanie zmian momentu hamującego w czasie dla różnych prądów płynących przez cewkę hamulca MR

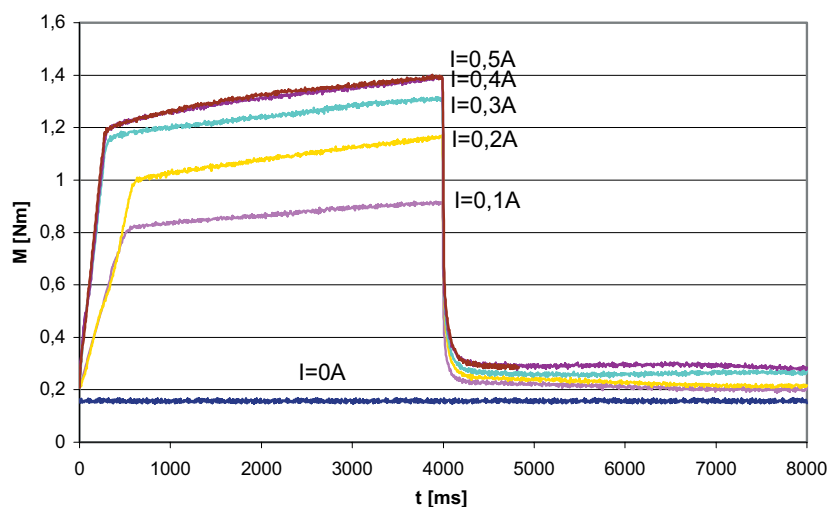
Rys. 6 pokazuje mniejszy hamulec. Ze względu na sposób umieszczenia hamulca w dźwojstiku może on mieć nieco mniejszy moment hamujący (rys. 7). Dynamika zmian momentu podczas załączania napięcia na cewkę hamulca jest podobna jak w przypadku poprzednim (rys. 8).



Rys. 6. Widok zewnętrzny hamulca



Rys. 7. Zależność maksymalnego momentu hamującego od prądu



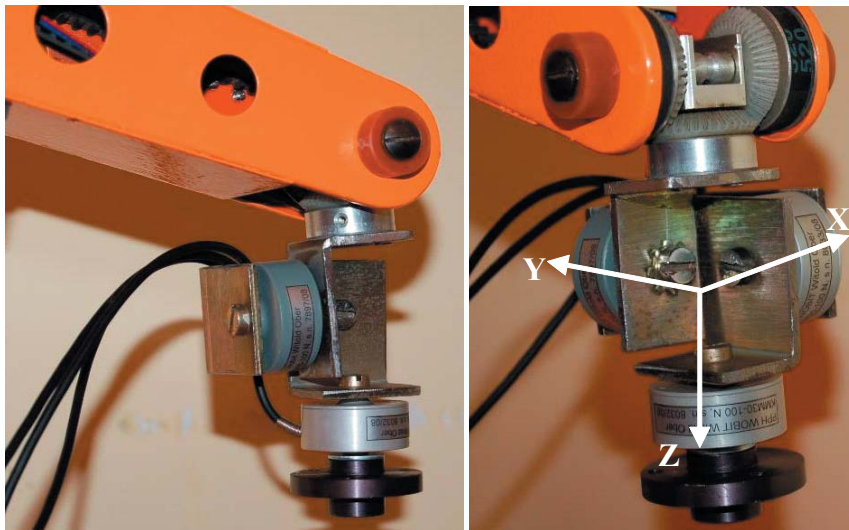
Rys. 8. Badanie zmian momentu hamującego w czasie dla różnych prądów płynących przez cewkę hamulca MR

3. BUDOWA ROBOTA I TRZYOSIOWEGO CZUJNIKA SIŁY

W badanym układzie (rys. 9) dźwistik ma za zadanie sterować położeniem końcówki dotykowej robota. Im większy jest moment hamujący, tym większą siłą należy włożyć w przesunięcie ramienia dźwistika. Pomiar położenia poszczególnych ramion dźwistika odbywa się za pomocą potencjometrów. Sygnały z potencjometrów wprowadzane są do komputera poprzez wejścia analogowe karty sterującej i odpowiednio przeliczane. Następnie oprogramowanie odejmując sygnał pochodzący z enkodera wytwarza uchyb regulacji i zamienia go na wyjściowe sygnały sterujące poszczególnymi silnikami krokowymi (prędkość – *clock*, kierunek – *dir*). Robot wyposażony jest w trójosiowy czujnik siły (rys. 10), którym będzie dotykał lub przesunął różne przedmioty. Czujnik umieszczony jest na końcu ostatniego ogniwa, tworząc połączenie z kciącą robota.

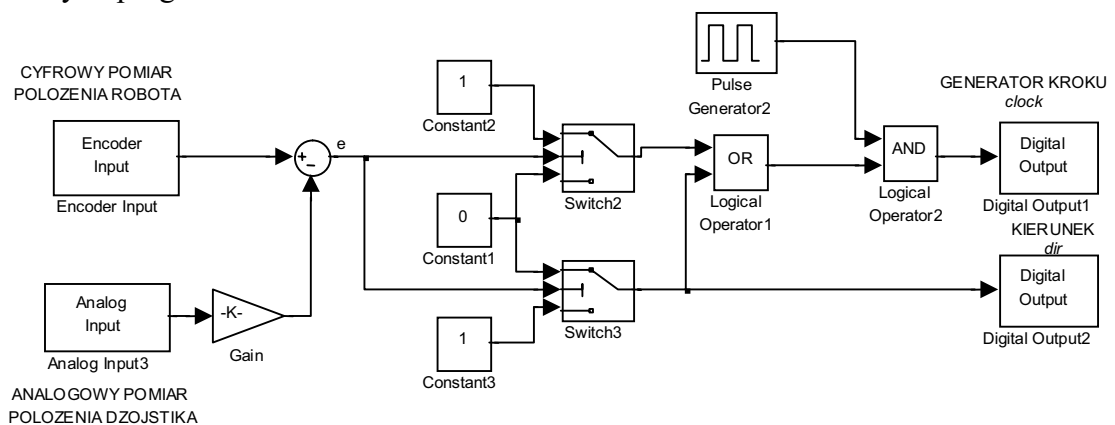


Rys. 9. Widok robota i dżojstika



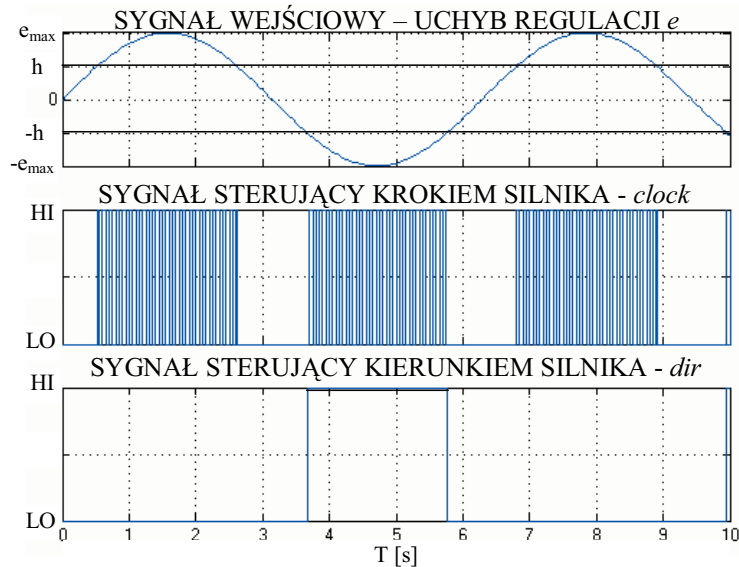
Rys. 10. Widok trzosiowego czujnika siły

Na rys. 11 przedstawiony jest schemat układu sterowania dla jednego silnika krokowego wykonany w programie Matlab/Simulink.



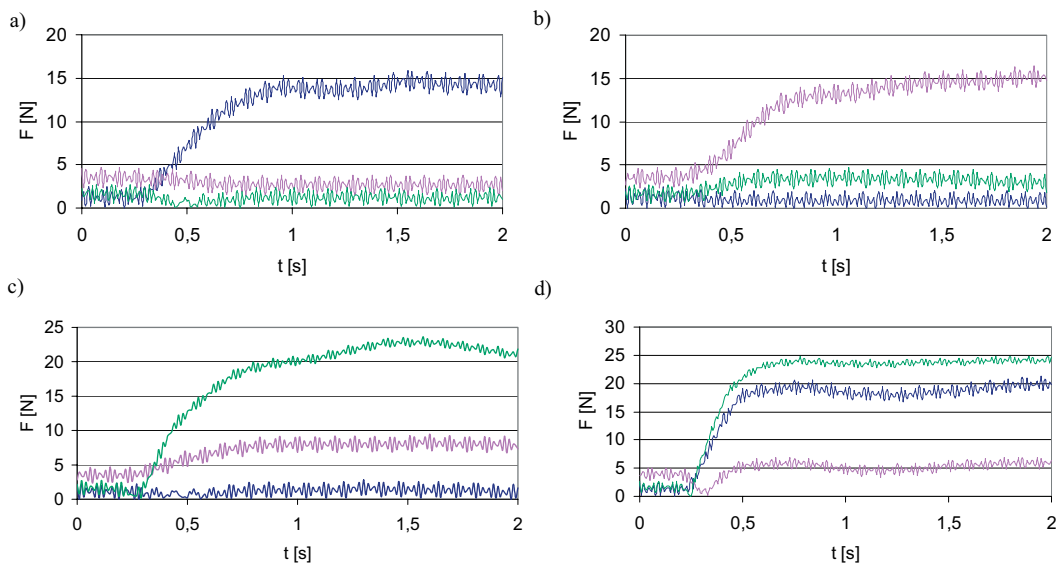
Rys. 11. Schemat układu sterowania wykonany w programie Matlab/Simulink

W związku z tym, że sygnał prostokątny generowany z używanej do sterowania robota karty wejść/wyjść nie jest stabilny, w układzie wykorzystany jest generator zewnętrzny. Poprzez zmianę częstotliwości generatora, w płynny sposób, można regulować prędkość poruszania się robota. Przykładowe przebiegi czasowe sygnałów uchybu e , prędkości $clock$ i kierunku dir pokazane są na rys. 12.



Rys. 12. Sygnały sterujące silnikiem krokowym

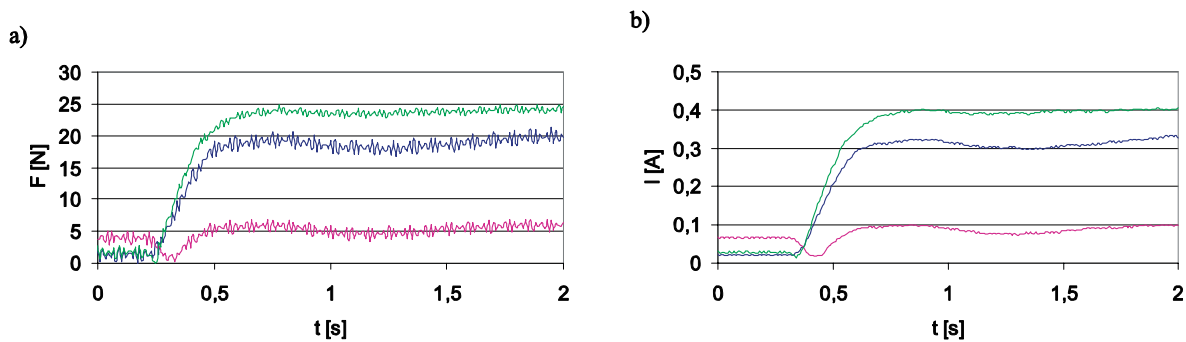
Do sterowania robotem użyto komputer PC z kartą RT-DAC i programem Matlab/Simulink z systemem czasu rzeczywistego (*Real Time Workshop*). Do wykonywania pomiarów wykorzystano drugi komputer PC z kartą pomiarową DaqBoard 3000 i programem DasyLab. Przykładowe przebiegi sił dla trzech osi pokazane są na rys. 13.



Rys. 13. Przebiegi siły przy uderzeniach: a) w osi X, b) w osi Y, c) w osi Z, d) podczas ruchu złożonego w trzech osiach

Przebiegi sił uzyskane z pomiarów nie są liniami ciągłymi, gdyż elektronika współpracująca z czujnikami tensometrycznymi miała wyjście PWM, a właściwy przebieg uzyskiwany był poprzez zastosowanie odpowiednich filtrów.

Na rys. 14. pokazana jest zależność prądów hamulców magnetoreologicznych od sił zmierzonych czujnikiem siły. Przebieg ten jest nieco opóźniony ze względu na czas przetwarzania komputera.



Rys. 14. Przebieg siły dla trzech osi (a) oraz prądów trzech hamulców magnetoreologicznych (b)

4. ZAKOŃCZENIE

Z przytoczonych w artykule rezultatów badań wynika, że możliwe jest sterowanie robotem za pomocą dżojstika dotykowego z hamulcami magnetoreologicznym i siłowym sprzężeniem zwrotnym. Dzięki zastosowaniu takiego rozwiązania operator mógł odczuwać siłę, z jaką naciskał robot podczas uderzenia w przeszkodę. W przyszłości będą prowadzone dalsze badania innych algorytmów sterowania robota mających na celu zwiększenie realizmu odczuwania siły przez operatora.

LITERATURA

- [1] Bachman P., Chciuk M.: Zastosowanie cieczy magnetoreologicznych w urządzeniach dotykowych, Seminarium Naukowo-Techniczne - TECHNICON '05: Targi Nauki i Techniki, Gdańsk 2005.
- [2] Milecki A., Myszkowski A., Chciuk M.: Applications of magnetorheological brakes in manual control of lifting devices and manipulators, 11th International Conference on Electrorheological Fluids and Magnetorheological Suspensions, Dresden 2008.
- [3] Chciuk M.: Sterowanie ramieniem robota za pomocą wieloosiowego dżojstika dotykowego z cieczą magnetoreologiczną i siłowym sprzężeniem zwrotnym, Pomiary, Automatyka, Robotyka, Warszawa 2008.
- [4] Milecki A., Ławniczak A.: Ciecze elektro- i magnetoreologiczne oraz ich zastosowania w technice, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1999.

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego KBN pt.: „Konstrukcja i badania urządzeń zadających i dotykowych z cieczami magnetoreologicznymi i z siłowym sprzężeniem zwrotnym” nr 4 T07B 002 29.