

# Sterowanie aktywnym dżojstikiem dotykowym Haptic UZ 1-DOF/DC

Paweł Bachman<sup>1</sup>, Marcin Chciuk<sup>1</sup>, Andrzej Milecki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Wydział Mechaniczny, Uniwersytet Zielonogórski

<sup>2</sup>Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Politechnika Poznańska

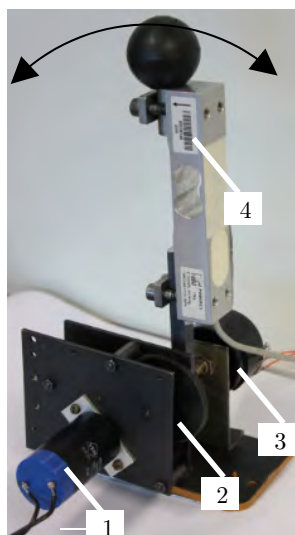
**Streszczenie:** W artykule opisano budowę i badania aktywnego, jednoosiowego dżojstika dotykowego, w którym wykorzystano silnik prądu stałego jako element generujący opór wywołujący uczucie dotyku. Przedstawiono też dodatkowe możliwości jakie dają systemy sterowania za pomocą aktywnych urządzeń dotykowych w układach z siłowym sprzężeniem zwrotnym. W końcowej części artykułu zamieszczono wyniki badań doświadczalnych dżojstika.

**Słowa kluczowe:** haptic, urządzenia dotykowe, dżojstik

## 1. Wprowadzenie

Sterowanie w układach z siłowym sprzężeniem zwrotnym daje nowe możliwości odczuwania stanu, w jakim znajduje się urządzenie sterowane za pomocą zmysłu dotyku [1, 3]. Dzięki temu można np. wyczuwać, jaką masę podnosi dźwig lub z jaką siłą sterowany manipulator dotyka przeszkody [5]. Sygnał siłowego sprzężenia zwrotnego można pobierać bezpośrednio z czujników siły umieszczonych na końcówkach roboczych sterowanych urządzeń [4] lub pośrednio, mierząc np. prąd pobierany przez silnik napędzający sterowany obiekt lub mierząc ciśnienie w układzie, jeżeli efektem jest napęd hydrauliczny [2].

W artykule autorzy przeprowadzili badania jednoosiowego dżojstika aktywnego (rys. 1) w celu sprawdzenia, jakie nowe możliwości, w stosunku do sterowania klasycznego, daje zastosowanie interfejsów dotykowych (ang. *haptic devices*).

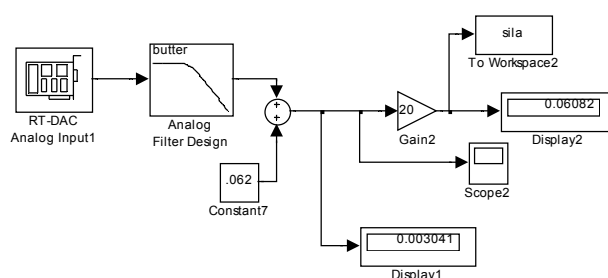


Rys. 1. Widok dżojstika dotykowego

Fig. 1. View of haptic joystick

## 2. Budowa i charakterystyka dżojstika

Omawiany w artykule dżojstik jednoosiowy to prosta i tania konstrukcja. Do jego budowy użyto silnika prądu stałego 1 (rys. 1) z przekładnią zwiększającą jego moment 2 oraz potencjometr do pomiaru położenia 3. Na czas pomiarów w rękojeści dżojstika zamontowano czujnik tensometryczny 4, dzięki któremu będzie można badać, jaką siłą oddziałuje dżojstik na rękę operatora.

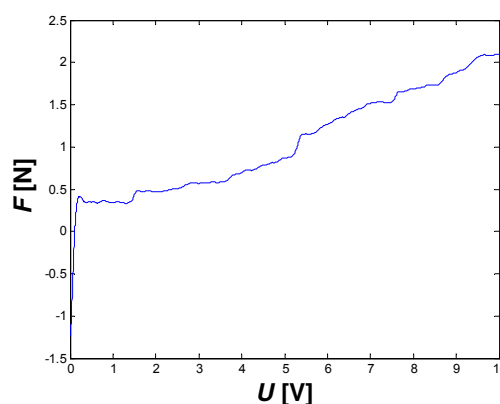


Rys. 2. Schemat układu pomiaru siły wykonany w programie Simulink

Fig. 2. Diagram of force measurement made in Simulink program

Podczas badania charakterystyki dżojstika został on na stałe zamocowany do stołu, a rękojeść unieruchomiono za pomocą sztywnego płaskownika. Silnik dżojstika zasilano napięciem od 0 do 10 V, rosnącym liniowo w czasie 4 s, a siłę odczytywano z tensometrycznego czujnika siły 4 i rejestrowano w komputerze za pomocą karty RT-DAC i oprogramowania MATLAB/Simulink. Widok schematu układu pomiaru siły pokazany jest na rys. 2.

Statyczna zależność siły hamującej dżojstika od napięcia zasilania silnika przedstawiono na rys. 3.

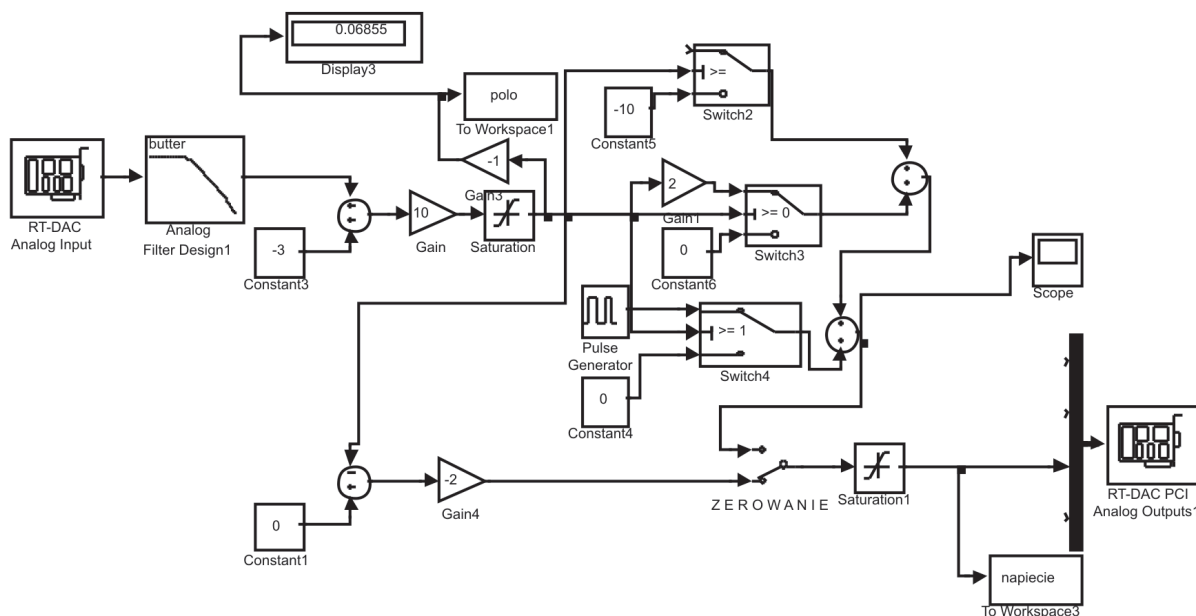


Rys. 3. Statyczna zależność siły dżojstika od napięcia silnika

Fig. 3. The static dependence joystick's force from the motor voltage

### 3. Badania możliwości sterowania obiektami przy pomocy aktywnego dźwistka dotykowego

W pierwszej fazie autorzy publikacji chcieli sprawdzić możliwości wyczuwania różnych obciążeń przy pomocy dźwistka. W tym celu wykonano w programie układ symulujący dwa rodzaje obciążeń: siłę narastającą liniowo oraz obciążenie występujące przy zetknięciu z przeszkodą sztywną. Widok tego układu pokazany jest na rys. 4.

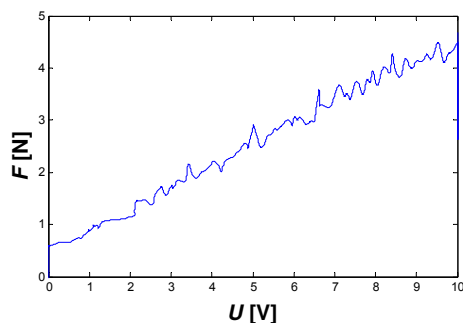


Rys. 4. Schemat układu emulującego siły obciążające napęd

Fig. 4. Schematic of system emulating of forces aggravating the drive

Sygnalem wejściowym układu jest położenie dźwistka. Ze względu na duże zaszumienie tego sygnału na wejściu układu pomiarowego zastosowano dolnoprzepustowy filtr drugiego rzędu. Wychodzący z niego sygnał przesunięto i wzmacniono po to, aby dla skrajnych położenia dźwistka otrzymać napięcia  $-5$  V i  $+5$  V.

Pierwszym etapem pomiarów było sprawdzenie, jaką siłę oporu uzyska się podczas ruchu dźwistka w czasie liniowego wzrostu napięcia od  $0$  V do  $10$  V. Wyniki tego pomiaru przedstawione są na rys. 5.

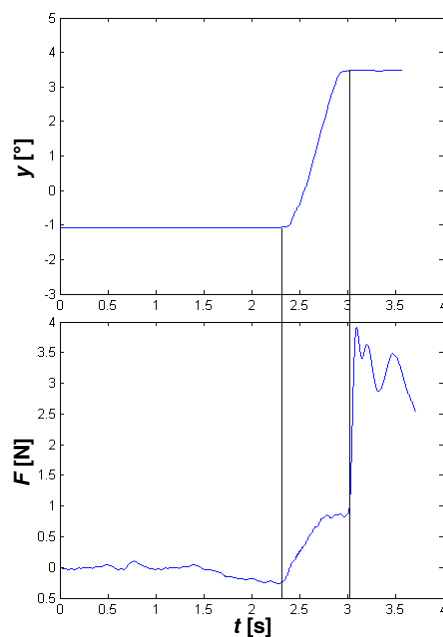


Rys. 5. Dynamiczna zależność siły hamującej dźwistka od napięcia silnika

Fig. 5. Dynamic dependence joystick's brake force from the motor voltage

Widoczna na wykresie siła jest dwukrotnie większa niż w przypadku badania statycznego ze względu na dochodzące opory ruchu wału dźwistka oraz przekładni.

Następnym etapem badań było sprawdzenie jak układ zachowuje się podczas symulacji uderzenia w przeszkodę sztywną. W momencie zderzenia na silnik dźwistka podano napięcie  $-10$  V, na skutek czego dźwistek przeciwstawił się operatorowi, powodując wytworzenie siły oporu. Wyniki tych pomiarów pokazane są na rys. 6.

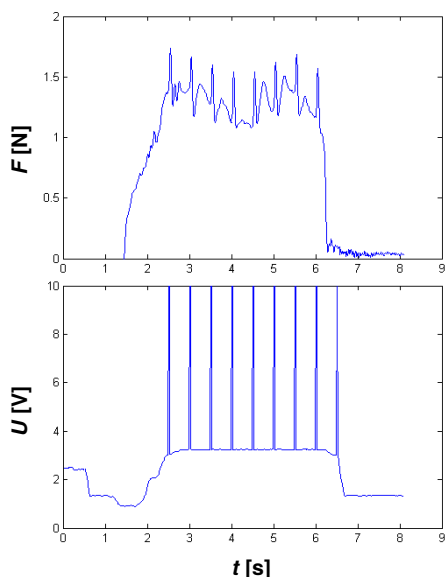


Rys. 6. Przebiegi położenia i siły dźwistka przy symulacji zderzenia

Fig. 6. Courses of joystick's position and force during a collision simulation

#### 4. Dodatkowe możliwości sterowania obiektami przy pomocy dżojstika aktywnego

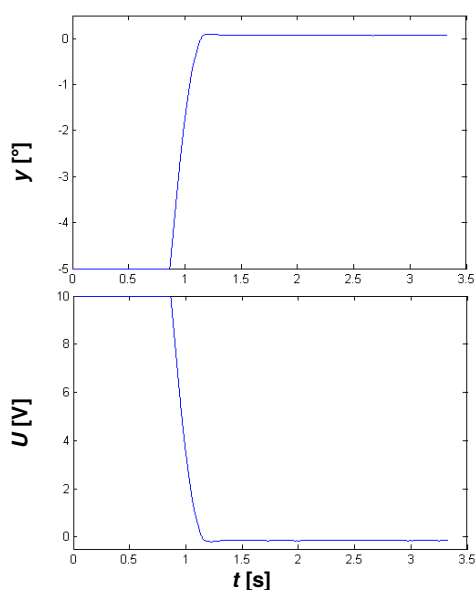
Prowadząc badania nad dżojstikami aktywnymi zauważono, że dzięki ich zdolności generowania ruchu możliwe jest dodatkowe przekazywanie informacji operatorowi za pomocą zmysłu dotyku. W prowadzonych pomiarach po uzyskaniu pewnej siły oporu przez sterowany obiekt, na



**Rys. 7.** Przebiegi położenia i siły dżojstika przy sterowaniu z impulsami ostrzegającymi

**Fig. 7.** Courses of joystick's position and force during a control with warning pulses

silnik dżojstika oprócz napięcia odpowiadającego emulowanej sile podawano dodatkowo impulsy powodujące niewielkie drgania rękojeści (rys. 7).



**Rys. 8.** Przebiegi położenia i napięcia dżojstika przy zerowaniu

**Fig. 8.** Courses of joystick's position and voltage during resetting the joystick

Dzięki temu operatorowi można przekazać dodatkową informację, np. o zagrożeniu. W badanym przypadku częstotliwość tych drgań wynosiła 3 Hz, lecz może ona być zależna od wielkości zagrożenia, np. wzrastać w miarę jego wzrostu.

Kolejną zaletą dżojstików aktywnych jest możliwość ich ustawienia w wymaganej pozycji startowej, przed uruchomieniem układu sterowania. Podczas pomiarów opracowano procedurę zerowania dżojstika, której przebieg widoczny jest na rys. 8. W omawianym przypadku dżojstik ustawiono w pozycję „zerową” przed rozpoczęciem symulacji. W tradycyjnych konstrukcjach zerowanie najczęściej odbywa się za pomocą sprężyny, która ustawia dźwignię dżojstika w pozycji centralnej. Możliwość zerowania dżojstika przydatna jest w układach sterowania ze względu na to, że po zwolnieniu uchwytu przez operatora, dźwignia dżojstika mogłaby opaść pod swoim ciężarem, zatrzymując się w pozycji skrajnej. Przy kolejnym włączeniu układu, bez zerowania dżojstika, nastąpiłby gwałtowny skok położenia sterowanego napędu, co mogłoby doprowadzić do wypadku lub uszkodzenia napędu.

#### 5. Podsumowanie

Badany w ramach niniejszej pracy dżojstik posiadał następujące właściwości:

- charakteryzował się liniową zależnością siły na rękojeści od napięcia silnika,
- jego budowa była prosta, przez co byłby on tani w produkcji,
- silnik nie pobierał dużego prądu (do 1 A),
- mimo dużego przełożenia cały dżojstik wykazywał się sporą dynamiką.

Biorąc pod uwagę możliwości sterowania różnymi układami za pomocą opisanego w tym artykule dżojstika oraz jego prostą konstrukcję można stwierdzić, że dzięki zaproponowanemu rozwiązaniu można istotnie poprawić sposób i jakość sterowania napędami.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010–2012 jako projekt badawczy „Zastosowanie metod sztucznej inteligencji do nadzorowania pracy urządzeń mechatronicznych z napędami elektrohydraulicznymi sterowanymi bezprzewodowo”.

#### Bibliografia

1. Bachman P.: *Silowe sprzężenie zwrotne w hydraulice*. „Hydraulika i Pneumatyka”, 2/2009, 9–11.
2. Chciuk M., Milecki A., Myszkowski A.: *Applications of magnetorheological brakes in manual control of lifting devices and manipulators*. Journal of Physics: Conference Series, 2009, Vol. 149.
3. Gawłowicz P., Bachman P., Chciuk M.: *Interfejsy dotykowe jako sposób komunikowania się człowieka z maszyną*, Wybrane problemy środowiska pracy i gospodarki, red. nauk. M. Rybakowski, J. Stebila, Zielona Góra: Wydaw. Nauk. Polskiego Tow. Profesjologicznego, 2010, 117–127.
4. Milecki A., Bachman P., Chciuk M.: *Control of a small robot by haptic joystick with magnetorheologi-*

*cal fluid*. Mechatronic Systems and Materials – MSM 2011: 7<sup>th</sup> International Conference. Kaunas, Litwa, 2011.

5. Milecki A., Bachman P., Chciuk M.: *Wykrywanie kolizji w teleoperatorze z interfejsem dotykowym i systemem wizyjnym*. „Pomiary Automatyka Robotyka”, 2/2010, 655–661. ■

### The control of active haptic joystick HapticUZ 1-DOF/DC

**Abstract:** In the paper the construction and testing of 1-DOF active haptic joystick, which uses a DC motor as the elements that cause a sense of touch, are described. Additional opportunities offered by control systems with haptic devices in steering with force feedback are presented.

**Keywords:** control, haptic devices

#### prof. dr hab. inż. Andrzej Milecki

Profesor zwyczajny w Instytucie Technologii Mechanicznej, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej. Kierownik Zakładu Urządzeń Mechatronicznych. Specjalność naukowa: budowa i eksploatacja maszyn, mechatronika, elektrohydraulika, automatyzacja maszyn.

e-mail: [andrzej.milecki@put.poznan.pl](mailto:andrzej.milecki@put.poznan.pl)



#### mgr inż. Paweł Bachman

Asystent w Instytucie Edukacji Techniczno-Informatycznej, Wydział Mechaniczny, Uniwersytet Zielonogórski. Zainteresowania: mechatronika, sterowanie. Jest stypendystą w ramach Poddziałania 8.2.2 „Regionalne Strategie Innowacji”, Działania 8.2 „Transfer wiedzy”, Priorytetu VIII „Regionalne Kadry Gospodarki” Programu Operacyjnego Kapitał Ludzki współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego Unii Europejskiej i z budżetu państwa.

e-mail: [P.Bachman@eti.uz.zgora.pl](mailto:P.Bachman@eti.uz.zgora.pl)



#### mgr Marcin Chciuk

Asystent w Instytucie Edukacji Techniczno-Informatycznej, Wydział Mechaniczny, Uniwersytet Zielonogórski. Zainteresowania: mechatronika, sterowanie.

e-mail: [M.Chciuk@eti.uz.zgora.pl](mailto:M.Chciuk@eti.uz.zgora.pl)

