

ODPORNY UKŁAD MFC-V W REGULACJI PRĘDKOŚCI SILNIKA DC

Streszczenie: W niniejszej pracy przedstawiono nową metodę projektowania serwonapędu silnika prądu stałego. Zastosowany tutaj odporny układ regulacji MFC-V (Model-Following Velocity Control) zapewnia wysoką sztywność charakterystyki mechanicznej oraz znaczący wzrost odporności układu na perturbacje parametrów elektrycznych i mechanicznych napędu. Dodatkowo, pozwala kształtować zachowanie serwonapędu w stanach przejściowych, zapewniając przy tym odpowiedź bez przeregulowania wartości wyjściowej pętli regulacji prędkości. Zaproponowane w pracy podejście stanowi przyczynek do opracowania metodyki projektowania serwonapędów prądu stałego obrabiarek sterowanych numerycznie CNC.

1 WPROWADZENIE

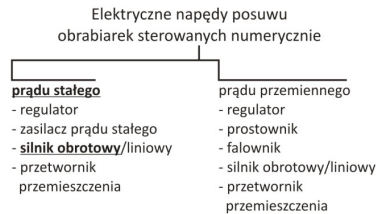
Problem regulacji prędkości silników prądu stałego rozważany jest w wielu pracach [1-3, 5]. Wiele opracowań poświęconych tej tematyce wykorzystuje odpowiednio strojone regulatory PID (metodą modułu lub metodą symetrii), układy typu *feed-forward*, czy też regulatory oparte w działaniu o metody sztucznej inteligencji, a w szczególności logikę rozmytą.

W niniejszym artykule przyjęto kilka założeń upraszczających, dzięki czemu możliwe było wykazanie istotnych aspektów proponowanej metodologii strojenia układu regulacji prędkości silnika DC.

Na rys. 1 przedstawiono klasyfikację układów napędowych obrabiarek sterowanych numerycznie. Podczas projektowania układu przeniesienia napędu obrabiarki CNC napotkać można na kilka istotnych problemów, opisanych bliżej w pracy [3]. Jednym z takich problemów jest zachowanie wystarczającej sztywności napędu (a ściślej charakterystyki mechanicznej napędu), szczególnie dla małych wartości prędkości przy zmiennym obciążeniu wału silnika.

Innym problemem jest takie nastrojenie pętli regulacji prędkości w sytuacji, gdy mechaniczna (elektromechaniczna) stała czasowa porównywalna jest ze stałą elektryczną (elektromagnetyczną). Wtedy to napęd DC w torze sterowania najlepiej opisuje transmitancja odpowiadająca elementowi oscylacyjnemu drugiego rzędu bez opóźnienia transportowego [1, 3].

¹ Instytut Automatyki Przemysłowej, Politechnika Szczecińska, ul. 26-go Kwietnia 10, 71 – 126 Szczecin, tel. (091) 449 53 36, 663 398 396, Krzysztof.Pietruszewicz@ps.pl. Praca realizowana w ramach projektu badawczego rozwojowego **R03 042 02** „Opracowanie i badania prototypu obrabiarkowego zespołu posuwowego z napędami liniowymi sterowanego w dwóch osiach z układu CNC o otwartej architekturze”

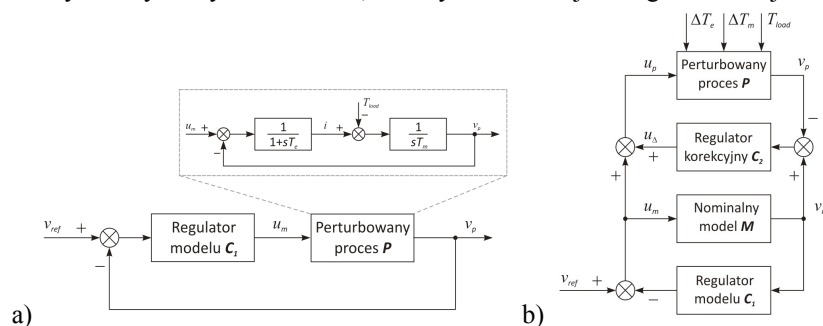


Rys. 1. Elementy składowe układów napędowych obrabiarek

Zaproponowany w referacie odporny układ regulacji MFC-V w prosty sposób pozwala rozwiązać te dwa podstawowe problemy. Dzięki zastosowaniu tego rozwiązania zapewnione zostają: wysoka jakość odtwarzania wartości zadanej (w tym przypadku prędkości) jak również znacząco wzrasta sztywność całego napędu zarówno w przypadku perturbacji parametrów napędu jak i w obecności zmiennego w czasie momentu obciążenia.

2 UKŁAD MFC-V

Na rys. 2a pokazano klasyczny jednopętlowy układ regulacji z regulatorem PID prędkości silnika DC. Wiele prac wykazuje jego niedoskonałość [4-6]. Nastrajając układ regulacji z rys. 2a tak, aby uzyskać odpowiedź przejściową układu wolną od przeregulowania sprawia, że jakość regulacji znacznie spada, gdy na wałku silnika ulega zmianom moment obciążenia. Tym samym sztywność układu, w którym tak nastrojono regulator PID jest niska.

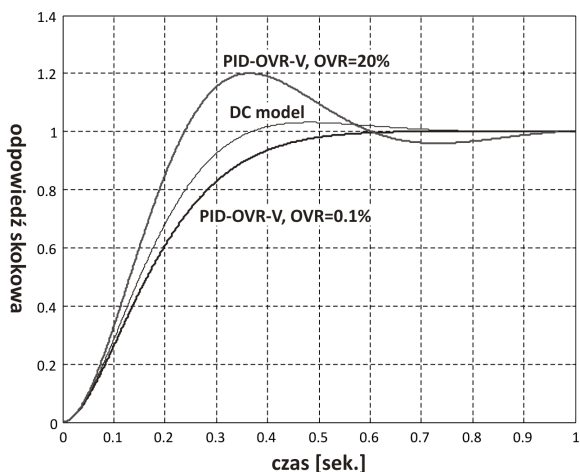


Rys. 2. Klasyczny układ z regulatorem PID (a) oraz proponowany układ MFC-V (b)

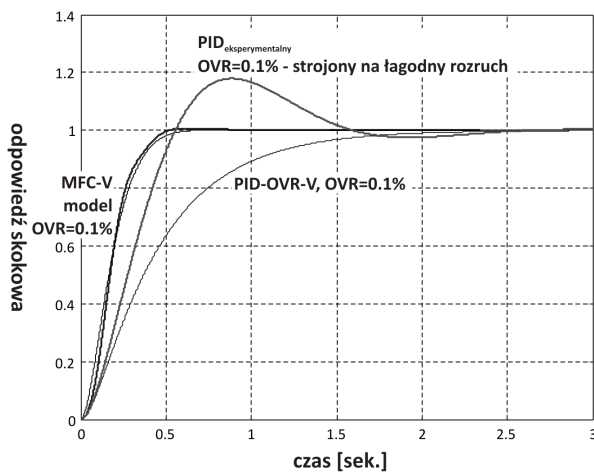
W układzie MFC-V można wyróżnić dwie pętle sterujące: pętlę modelu – strojoną z użyciem metody PID-OVR-V [5] dla założonej wartości przeregulowania; pętlę procesu, w której znajduje się regulator $C_2(s)$ PID; zadaniem pętli procesu (korekcyjnej) jest niwelowanie wpływu perturbacji parametrów procesu na jakość regulacji jak i zapewnienie odpowiednio wysokiej sztywności napędu przy zmianach momentu obciążenia. Szczegółowe podstawy teoretyczne prezentowanego układu MFC-V znaleźć można w pracy [5]. W pracy [6] szczegółowo omówiono zalety stosowania podejścia Model-Following Control do sterowania zakłócanymi, perturbowanymi procesami.

3 WYNIKI BADAŃ SYMULACYJNYCH

W pierwszym z prezentowanych przykładów przedstawiono wyniki procedury projektowania filtra PID-OVR-V [5]. Dla silnika DC, którego parametry zostały wyznaczone na podstawie jego własności elektrycznych i mechanicznych jako $T_{em}=0.070[s]$, $T_{mm}=0.153[s]$ układ PID-OVR-V został nastrojony tak, aby przeregulowanie zamkniętej pętli bliskie było zero choć, jak wynika z rys. 3, sam model charakteryzuje określona wartość przeregulowania. Z przebiegów na rys. 3 (choć nie ma to większego sensu praktycznego) wynika, że procedura tutaj opisana daje poprawne wyniki również w sytuacji, gdy założona wartość tłumienia β_{ref} jest mniejsza od rzeczywistego współczynnika tłumienia ξ_m (tym samym założone przeregulowanie jest większe od tego, które charakteryzuje działanie modelu, przyjętego do obliczeń).



Rys. 3. Zasada strojenia części modelowej w układzie MFC-V



Rys. 4. Odporność układu MFC-V

Wyniki badań symulacyjnych z rys. 4 pokazują znacząco większą odporność układu MFC-V na perturbacje parametrów silnika. Regulator PID w układzie klasycznym został nastrojony eksperymentalnie tak, aby w stanie nominalnym (przy zerowych perturbacjach) uzyskać charakterystykę rozruchową porównywalną z tą w układzie MFC-V.

4 PODSUMOWANIE

Zaprezentowano odporny układ regulacji prędkości MFC-V, który zapewnia znacznie większą aniżeli w przypadku jednopętlowego układu z regulatorem PID, odporność na perturbacje parametrów modelu sterowanego procesu, ale również poprawia sztywność całego układu napędowego. Sztywność rozumie się przy tym jako niezmienność jakości regulacji prędkości na zmiany momentu obciążenia silnika.

5 LITERATURA

1. Afonin A., Szymczak P.: *Mechatronika*, Seria Tempus, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2001.
2. Bose B.K.: *Power electronics and motor drives. Advances and trends*, Elsevier, 2006.
3. Kosmol J.: *Serwonapędy obrabiarek sterowanych numerycznie*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1998.
4. O'Dwyer A.: *Handbook of PI and PID Controller Tuning Rules*, Imperial College Press, 2006.
5. Pietruszewicz K., Dworak P., Broel-Plater B.: *Robust Model-Following Control for the DC servo drive*, Advances in Manufacturing Science and Technology, vol. 31, no. 3, 2007.
6. Skoczowski S., Domek S., Pietruszewicz K., Broel-Plater B.: *A method for improving the robustness of PID control*, IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. 52, no. 6, pp. 1669–1676, 2005.

ROBUST MFC-V CONTROL SYSTEM IN THE VELOCITY CONTROL OF A DC MOTOR

The goal of this paper is to present a new method that ensures stiffness of the mechanical characteristic of the direct current motor servo drive, which means lack of influence of the varying load torque on quality of the velocity control. New MFC-V system allows one to shape the servo drive transient response, ensuring, among other things, an overshoot free step response in the velocity control loop. The proposed solution exemplifies a possible approach to designing a DC motor servo drive of a CNC power transmission system. Presented here results shows the substantial increase of the control quality as well as the stiffness of the drive.