Eksperymentalna weryfikacja cyfrowych algorytmów sterowania robotami przemysłowymi

Projekt badawczy Nr 8S 505 039 04
doc. dr inż. Piotr Jabłoński
Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Warszawa.

Punktem wyjścia prac nad projektem był:

- Po pierwsze, opracowany w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów cyfrowy sterownik położenia osi robóta przemysłowego, umożliwiający potencjalnie, realizację algorytmów sterowania napędów całkowicie na drodzecyfrowej. W konsekwencji pojawiła się możliwość wprowadzenia w układzie sterowania robota algorytmów nowych i skuteczniejszych od konwencjonalnych. Budowa cyfrowego sterownika położenia osi była prezentowana na IV Krajowej Konferencji Robotyki /1/.
- Po drugie, opracowany w Instytucie Automatyki Politechniki Warszawskiej tzw sterownik badawczy przeznaczony do sterowania ruchami robota IRp-6. Sterownik ten umożliwia realizację praktycznie dowolnych algorytmów sterowania od poziomu wartości zadanej "w górę", natomiast dolny poziom tj. pętla regulacji prędkości i prądu pozostał konwencjonalny. Rozwiązanie sterownika było prezentowane na IV Krajowej Konferencji Robotyki /2/.

- Po trzecie, prowadzony w Instytucie Automatyki Politechniki Warszawskiej szereg badań teoretycznych i symulacyjnych nad nowymi algorytmami sterowania, które jednak nie mogły być w pełni zweryfikowane ze względu na "zamrożony" dolny poziom sterowania. Część tych prac była prezentowana na IV Krajowej Konferencji Robotyki /3/.

Celem projektu jest opracowanie metody weryfikacji różnych algorytmów regulacji napędów robotą przemysłowego, praktyczne sprawdzenie tej metody i wybór optymalnego algorytmu do stosowania w robocie przemysłowym. Rozszerzona zostanie także możliwość prac badawczych i dydaktycznych prowadzonych dotychczas na sterowniku badawczym znajdującym się w Instytucie Automatyki Politechniki Warszawskiej.

W okresie 8 miesięcy realizacji projektu badawczego wykonano:

1) Wprowadzono zmiany w cyfrowym sterowniku położenia osi, a mianowicie:

- rozszerzono pojemność pamięci RAM z 16 do 80 KB,
- rozszerzono pojemność pamięci EPROM z 16 do 32 KB,
- wprowadzono układ umożliwiający wyprowadzenie w postaci analogowej sygnałów przebiegów regulacyjnych takich jak: położenie wału silnika, błąd położenia wału silnika, położenie osi robota w zakresie 256 obrotów wału silnika, prędkość rzeczywista obrotów wału silnika, prędkość zadana obrotów wału silnika, rzeczywista wartość prądu płynącego przez silnik, wartość zadanego prądu silnika.

Powyższe zmiany przystosowują cyfrowy sterownik do badań nowych algorytmów sterowania.

Zmodyfikowano oprogramowanie podstawowe sterownika. Zmieniono oprogramowanie narzędziowe z przestarzałego oprogramowania uruchomieniowego f-my Genesis Microsystem na licencyjną wersję pakietu uruchomieniowego f-my INTEL zakupioną oficjalnie przez PIAP. Zmieniono także organizację postaci źródłowej oprogramowania. Ma ono obecnie budowę modułową dzięki czemu wszelkie zmiany poszczególnych fragmentów oprogramowania nie będą burzyły całości. W dotychczasowej postaci program sterujący zawarty był w jednym pliku.

Powyższe modyfikacje ułatwią wprowadzenie zmian w oprogramowaniu sterownika przy opracowaniu i implementacji nowych algorytmów sterowania.

2) Opracowano podstawy teoretyczne ulepszonych algorytmów sterowania pozycyjnego robotów, uwzględniające dodatkowe sprzężenie tachometryczne oraz sprzężenia feedforward od prędkości i przyspieszenia zadanego. Przedstawiono narzędzia programowe do projektowania regulatorów cyfrowych. Struktura układu regulatora z dodatkowym sprzężeniem tachometrycznym, które spełnia podobną rolę jak tarcie wiskotyczne pokazana jest na rys. 1. Struktura ta umożliwia dowolne kształtowanie położenia biegunów transmitacji układu zamkniętego oraz zer wielomianu licznikowego. Dodatkowe sprzężenie tachometryczne poprawia dynamikę układu regulacji; zmniejszeniu ulega dominująca stała czasowa, w wyniku czego odpowiedzi układu stają się szybsze. Wzrost nachylenia modułu charakterystyki częstotliwościowej powoduje lepsze tłumienie zakłóceń w paśmie wielkich częstotliwości.

Struktura układu regulatora ze sprzężeniami feedforward od prędkości zadanej i od przyspieszenia zadanego pokazana jest na rys. 2. Rola sprzężeń feedforward polega na wprowadzeniu do transmitancji układu zamkniętego dodatkowych zer, które w szczególności mogą kompensować dominujące bieguny.

Symulacyjne badania eksperymentalne potwierdziły duży wpływ sprzężeń feedforward na zmniejszenie uchybu regulacji.

Szczególne znaczenie praktyczne mogą one mieć przy wymuszeniach drugiego stopnia. Sprzężenia feedforward poprawiają nie tylko jakość odtwarznaj trajektorii, ale wpływają także na skrócenie czasu regulacji.

Przeanalizowano cyfrowe wersje regulatorów, a w szczególności wpływ okresu próbkowania na przebiegi dynamiczne.

3) Opracowano urządzenie do badań elektrycznych napędów robotów przemysłowych. Urządzenie to przekazane zostanie na wyposażenie laboratorium robotowego Instytutu Automatyki Politechniki Warszawskiej i będzie spełniać dwojaką rolę:

- po pierwsze, przeznaczone będzie do prowadzenia prac badawczych nad nowymi algorytmami regulacji,
- po drugie, będzie używane do prowadzenia zajęć dydaktycznych.

Budowę i podstawowe funkcje urządzenia przedstawiono na IV Krajowej Konferencji Robotyki /4/. Uproszczony schemat blokowy urządzenia pokazany jest na rys. 3, a budowa stanowiska na rys. 4. Do jego budowy wykorzystano podzespoły robota URP-6 opracowanego i produkowanego w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów.

Obecnie wykonywane urządzenie może pracować z jedną z dwu wersji oprogramowania cyfrowego sterownika osi.

Wersja A realizuje algorytm sterowania stosowany w robotach URP oraz daje możliwość stosowania nowych algorytmów takich jak z dodatkowym sprzężeniem tachometrycznym, oraz sprzężeń feedforward od prędkości i przyspieszenia zadanego.

Wersja B daje możliwość wprowadzenia do pamięci sterownika innych algorytmów regulacji opracowanych przez użytkownika urządzenia. Po napisaniu programu realizującego nowy algorytm, kod wynikowy w postaci Intel-Hex można wysłać (załadować) do pamięci RAM sterownika i tam go testować, uruchamiać i poprawiać.

Rozważana jest celowość opracowania wersji oprogramowania umożliwiająca bezpośrednie sterowanie napędów przez komputer zewnętrzny. Sterownik cyfrowy realizował by pętlę regulacji prądu oraz pomiar prędkości obrotu wału silnika. Natomiast pętle regulacji prędkości i położenia realizowane byłyby w komputerze. Przy takiej wersji urządzenia wykorzystany byłby w nim pakiet sprzężenia z komputerem, opracowany w Instytucie Automatyki Politechniki Warszawskiej dla sterownika badawczego.

Literatura:

Referaty wygłoszone na IV Konferencji Robotyki, Wrocław 22...24 września 1993r.

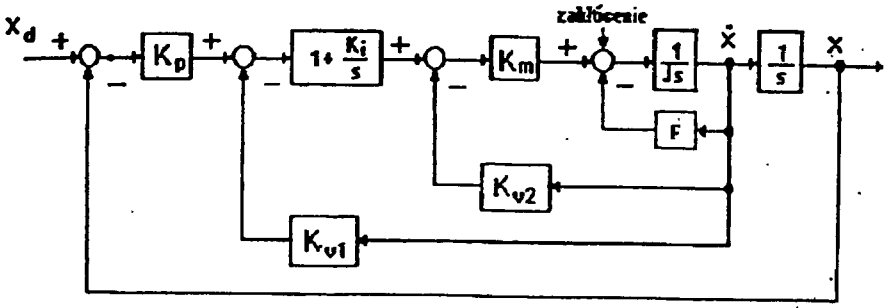
1. Pachuta M., Jabłoński P., Wawerek Z. "Cyfrowe sterowniki dla napędów robotów przemysłowych.

2. Zieliński C. "Sterownik robotów przemysłowych do celów badawczych.

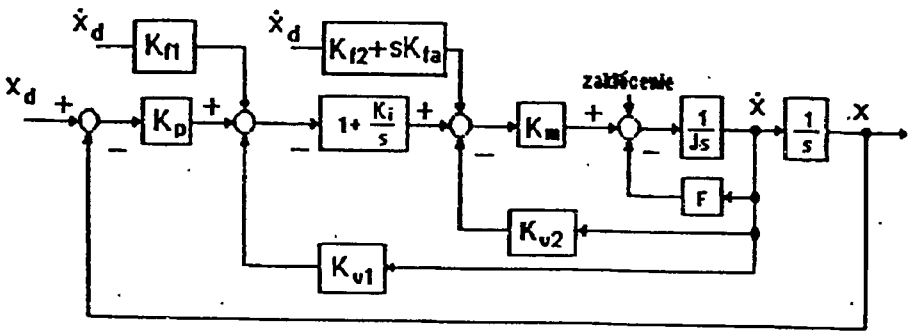
3. Grodecki A. "Implementacja sprzężeń feedforward od prędkości i przyspieszenia w robocie IRp-6.

4. Jabłoński P., Pachuta M., Pilat Z., Wawerek Z."Stanowisko edukacyjne do badań napędów elektrycznych robotów przemysłowych".
Na Konferencji Roboter 93, która odbyła się w Presow, Słowacja w dniach 28...30.09.1993r wygłoszono referat:

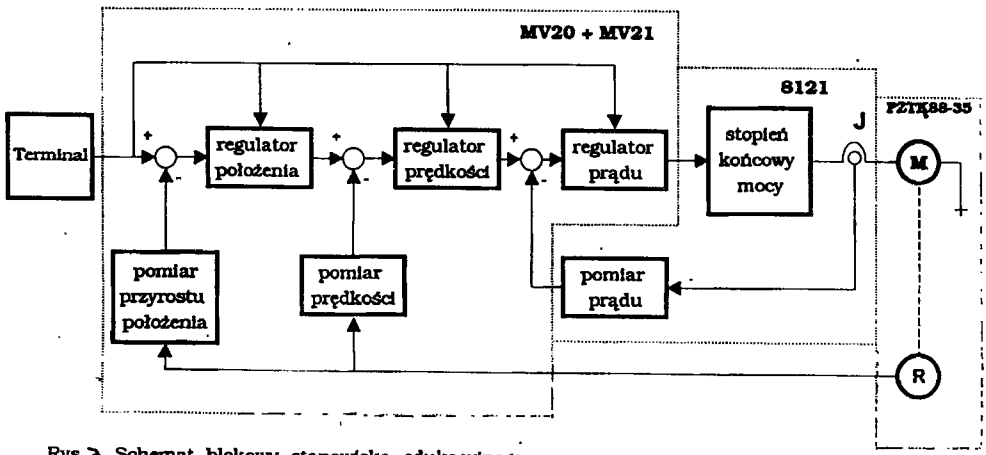
5. Pachuta M., Pilat Z. "The newest Polish Industrial Robots URP, Digitale Control in Servomechanism Drive".



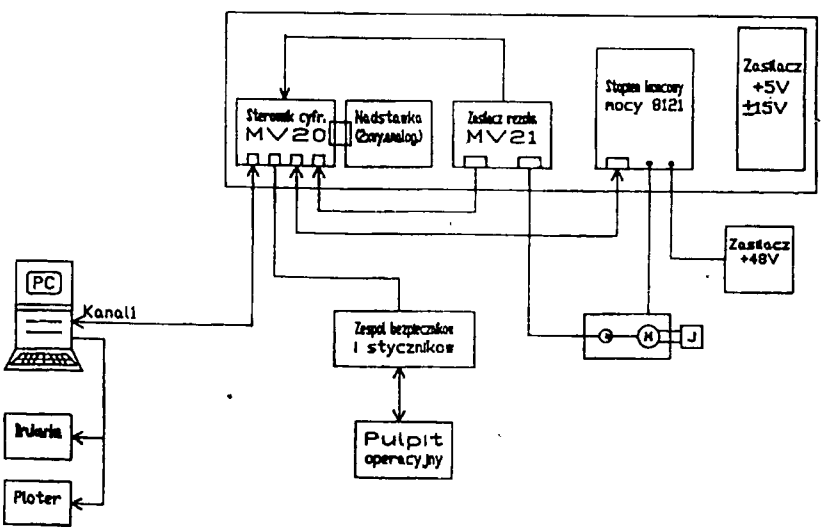
Rys. 1: Struktura układu regulacji PD+I z dodatkowym sprzężeniem tachometrycznym.



Rys. 2 : Układ regulacji ze sprzężeniem "feedforward" od prędkości i przyspieszenia zadanego.



Rys. 3. Schemat blokowy stanowiska edukacyjnego.



Rys.4 Budowa stanowiska edukacyjnego