ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1978
Seria: Automatyka z. 46 Nr kol. 582

Jan Falkowski, Mariusz Olszewski
Politechnika Warszawska

WYKORZYSTANIE SPECJALNYCH SERWOMECHANIZMÓW PŁYNOWYCH W PROGRAMOWALNYM UKŁADZIE STEROWANIA DYSKRETNYMI CZYNNOŚCIAMI MANIPULACYJNYMI I PRODUKCYJNYMI

Streszczenie: W pracy przedstawiono analizę działania serwomechanizmu o ruchu pozycjonowanym punktowi, z napędem pneumo-hydraulicznym. Omówiono algorytm pracy układu sterowania serwomechanizmem. Opisano strukturę programowalnego układu sterowania dyskretnymi czynnościami manipulacyjnymi i produkcyjnymi, wykorzystującego opisany specjalny serwomechanizm.

Nomenklatura

Fz	daN	- siła obciążająca serwomechanizm,
N		- liczba działek elementarnych przemieszczenia zakresu pozycjonowania serwomechanizmu,
b1,b2,b3,b4		- sygnały binarne sterujące pracą serwomechanizmu,
ho	mm	- wartość działki elementarnej przemieszczenia serwomechanizmu,
k		- współczynnik ustalenia zmiany prędkości posuwu,
m	kg	- masa obciążająca serwomechanizm,
pz	daN/cm^2	- ciśnienie zasilania napędu serwomechanizmu,
so	mm	- wartość działki elementarnej pomiaru przemieszczenia serwomechanizmu,
t	s,ms	- czas,
th,thr/Δth,Δthr/	ms	- czas /niestałość czasu/ przebiegu procesu: hamowania, redukcji prędkości posuwu,
t1,t2/Δt1,Δt2/	ms	- łączny, zastępczy czas /niestałość czasu/ przebiegu procesu: hamowania, redukcji prędkości posuwu,
tz,tzr/Δtz,Δtzr/	ms	- czas /niestałość czasu/ zwłoki rozpoczęcia procesu: hamowania, redukcji prędkości posuwu,
v,vm/Δvm/	cm/s,mm/s	- prędkość posuwu, prędkość mierzona /błąd pomiaru prędkości/,
vd,vr	mm/s	- prędkość posuwu przed rozpoczęciem procesu: hamowania, redukcji wartości,
xm,xo	mm	- wartość przemieszczenia serwomechanizmu: mierzona, zadana,
xw,xwr/Δxw,Δxwr/	mm	- droga /rozrzut wartości drogi/ oraz wyprzedzenie rozpoczęcia procesu: hamowania, redukcji prędkości posuwu,
δv	%	- względna niestałość prędkości posuwu,
ε/ε̇/	mm/mm/s/	- różnica /pochodna różnicy/ wartości: zadanej i mierzonej przemieszczenia serwomechanizmu.

1. Wprowadzenie

Napędy płynowe stanowią 75-80 % wszystkich napędów stosowanych w urządzeniach mechanizujących i automatyzujących procesy produkcyjne. W tej grupie napędów zdecydowana większość /przeszło 90 %/ to napędy pneumatyczne dyskretnych serwomechanizmów o ruchu liniowym, o najprostszym dwubitowym, nieporównywalnie rzadziej kilkubitowym pozycjonowaniu /często o strukturze otwartej/. Rozpowszechnienie serwomechanizmów pneumatycznych wynika zarówno z łatwości uzyskania, niezbędnego dla realizacji większości czynności produkcyjnych, ruchu liniowego przy stosunkowo dużych prędkościach posuwu /maksymalnie do kilku metrów na sekundę/, jak też z niskiego kosztu wytwarzania i eksploatacji [8].

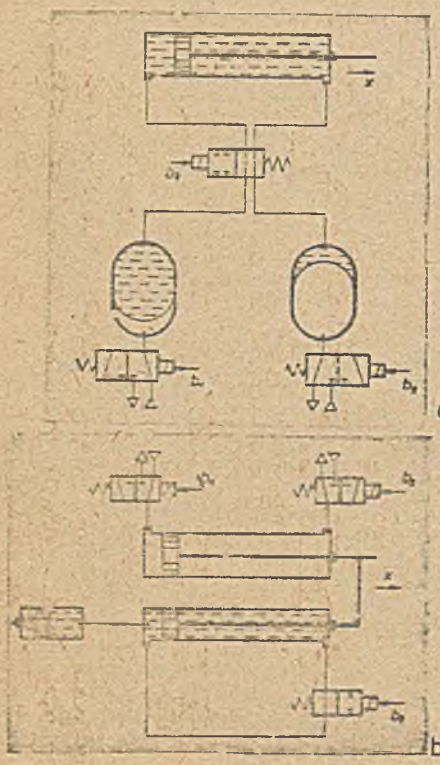
Rozszerzenie zakresu automatyzacji procesów produkcyjnych na czynności

manipulacyjne oraz na procesy o zmiennych i rozgałęzionych algorytmach pracy stwarza konieczność wykorzystywania w programowalnych układach sterowania bądź konwencjonalnych serwomechanizmów o sterowaniu analogowym, w których prędkość ruchu jest ciągłą lub quasiciągłą funkcją wartości uchybu położenia /przynajmniej w pewnym otoczeniu zerowej wartości uchybu/, bądź też specjalnych serwomechanizmów o sterowaniu dyskretnym, np. pozycjonowaniu punktowym[1,5]. Serwomechanizmy takie winny się charakteryzować:

- działką elementarną o wartości części milimetra,
- błędem pozycjonowania w całym zakresie przemieszczeń nie większym niż dziesiąte części milimetra,
- prędkościami ruchu rzędu decymetrów do metra na sekundę,
- zakresem przemieszczeń od decymetrów do metra,
- niskim kosztem wytwarzania /najlepiej w oparciu o katalogowe elementy i podzespoły/ i eksploatacji.

W Instytucie Automatyki Przemysłowej PW podjęto próbę budowy specjalnych serwomechanizmów przekaźnikowych z napędem pneumatycznym o ruchu liniowym, wykorzystujących nieskomplikowane i stosunkowo tanie płynowe zespoły napędowe, realizujących wymienione powyżej założenia[4]*/.

Układ sterowania serwomechanizmu oddziaływuje na taki zespół napędowy tylko kilkoma sygnałami dwuwartościowymi, koniecznymi /w najprostszym przypadku/ do ustalenia kierunku przemieszczania oraz wymuszenia bądź zatrzymania ruchu. Różnica w stosunku do konwencjonalnych pneumatycznych serwomechanizmów, stosowanych w układach mechanizacyjnych i automatyzacyjnych dyskretnych procesów produkcyjnych, polega na sposobie pobierania informacji o położeniu. Kilka czujników drogowych lub "twardych" zderzaków zostało zastąpionymi cyfrowym systemem pomiarowym, np. wykorzystującym krajowy przetwornik kąta obrotu na ciąg impulsów, obejmującym cały zakres pozycjonowania, a nie tylko jego nieliczne punkty.



Rys.1. Schematy ideowe płynowych zespołów napędowych serwomechanizmu:
a - siłownik hydrauliczny z przemiennikami pneumo-hydraulicznymi,
b - siłownik pneumatyczny z hamulcem hydraulicznym.

W dotychczasowych pracach wykorzystano do budowy serwomechanizmu trzy typy zespołów napędowych, złożonych z:

1. przemienników pneumo-hydraulicznych i siłownika hydraulicznego /rys.1a/[4],
2. siłownika pneumatycznego z hamulcem hydraulicznym /rys.4b/[4],
3. siłownika pneumatycznego z hamulcem ciernym[3].

Ze względu na pewne podobieństwa wyników analiz i badań wymienionych zespołów napędowych, w pracy przyjęto jako obiekt rozważań pierwszy z tych zespołów.

2. Analiza działania serwomechanizmu

Zespół napędowy rozważanego typu /rys.1a/ umożliwia uzyskanie - w zależności od wartości sygnału b3 - postoju lub ruchu serwomechanizmu. O kierunku ruchu przy b3=0 decydują wartości sygnałów b1 i b2. Przy względnie stałym obciążeniu zewnętrznym Fz ruch odbywa się ze stosunkowo stałą prędkością posuwu v, zależną od wartości Fz oraz ciśnienia zasilania pz. Zmiana z wartości 0 w 1 sygnału b3 inicjuje zatrzymanie tłoczyska siłownika; początkowo przez czas

*/wykonanej dla OBR Podstaw Technologii i Konstrukcji Maszyn

tz odbywa się kontynuacja ruchu z niezmienioną prędkością v, a następnie przez czas th następuje ciągła zmiana prędkości aż do zatrzymania. Ruch serwomechanizmu można w przybliżeniu uznać za ruch jednostajnie opóźniony, o opóźnieniu v/th.

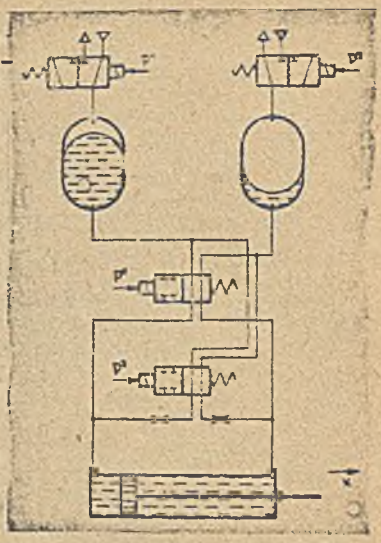
Wyprzedzenie zmiany sygnału b3 z wartości 0 w 1, o drogę:

$$xw = v\,(tz + 0{,}5\ th) \qquad (1)$$

względem zadanej wartości przemieszczenia nie zabezpiecza dostatecznej dokładności pozycjonowania, ze względu na rozrzut wartości poszczególnych elementów wyrażenia(1).

Zmniejszenie błędu pozycjonowania, przy jednoczesnym zabezpieczeniu możliwie krótkich czasów przestawienia oraz zmniejszenie do niezbędnego minimum wyposażenia zespołu, wymaga:

1. zmniejszenia prędkości v, co - wobec równoczesnego żądania możliwie krótkich czasów przestawiania - może być realizowane tylko lokalnie, przez poprzedzenie zatrzymania wstępną redukcją prędkości; wiąże się to z koniecznością wyposażenia zespołu w dodatkowy zawór rozdzielający, sterowany sygnałem b4: zmiana wartości sygnału b4 z 0 w 1 będzie powodować tę redukcję /rys.2/,
2. skrócenia czasów tz i th, a przede wszystkim zmniejszenia ich rozrzutu Δtz i Δth,
3. uwzględnienia rzeczywistej prędkości /zależnej od wartości pz i Fz/ przy każdorazowym ustalaniu wyprzedzeń inicjacji zarówno ostatecznego zatrzymania, jak też redukcji prędkości; uzależnienie momentu inicjacji redukcji od aktualnej prędkości zapewnia osiągnięcie najkrótszych czasów przestawiania[9,2].



Rys.2. Schemat ideowy zespołu napędowego z siłownikiem hydraulicznym i przemiennikami pneumohydraulicznymi serwomechanizmu z dwustopniowym procesem zatrzymania ruchu.

Potwierdzenie założenia o liniowej zależności drogi hamowania od prędkości wg (1) uzyskano eksperymentalnie /rys.3/. Badano zespół napędowy wg rys.2, zbudowany z krajowych siłowników i rozdzielaczy pneumatycznych, przystosowanych do pracy w cieczy roboczej. Wykorzystano miernik przemieszczenia o działce so=0,01 mm. Zastosowanie rozdzielaczy, wyposażonych w przekaźnik prądu zmiennego, było przyczyną dużego rozrzutu składnika (tz+0,5th) wyrażenia (1) i znalazło odbicie w postaci znacznego rozrzutu wartości xw / xw, rys.3/. Rozrzut ten może być oczywiście znacznie zmniejszony przez zastąpienie rozdzielaczy sterowanych prądem zmiennym, rozdzielaczami sterowanymi prądem stałym.

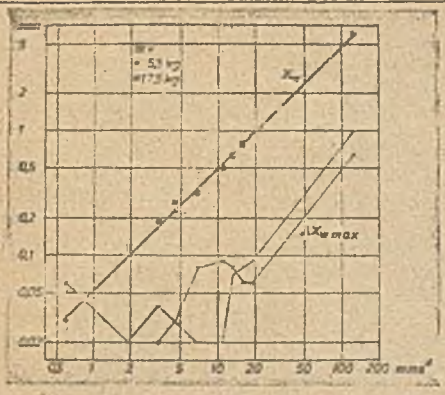
Opierając się na przekształconym /dodatek/ wyrażeniu (1), ustalono, że maksymalna prędkość, zapewniająca pozycjonowanie z błędem nie przekraczającym elementarnej działki przemieszczenia ho przy działce elementarnej pomiaru so, wynosi:

$$v_{max} = \frac{ho - so}{\delta v t1 + \Delta t1}, \qquad (2)$$

gdzie: $t1 = tz + 0{,}5\ th$.

Przykładowo: dla ho=0,1 mm, so=0,05 mm, δv=5 %, t1=40 ms, Δt1=1 ms, prędkość nie powinna przekroczyć wartości 16,7 mm/s. Ze względu na minimalizację czasu przestawiania, a więc możliwie maksymalną prędkość posuwu, dla napędu pneumo-hydraulicznego rzędu kilku dcm/s do m/s, jest to wartość możliwa do przyjęcia tylko jako wartość zredukowana.

Obciążenie tłoczyska siłownika napędowego siłą Fz, skierowaną przeciwnie do zamierzonego kierunku ruchu, może powodować charakterystyczne "cofnięcie" w pierwszej fazie ruchu /rys.4a/, wywołane pewną zwłoką w podaniu cieczy /o ciśnieniu równoważącym obciążenie/ z przemienników do siłownika, w stosunku do otworzenia zaworów dopływowych siłownika, w rozważanym przypadku wymuszenie ruchu następuje w wyniku wyzerowania sygnałów b3 i b4 lub tylko b3 oraz



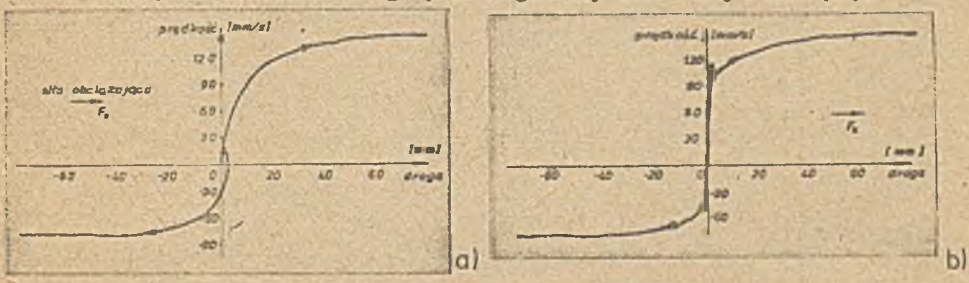
Rys.3. Uogólniona zależność drogi xw i rozrzutu wartości drogi Δxw od prędkości posuwu v w badanym serwomechaniźmie.

jednego z sygnałów: b1 albo b2. Ponieważ opróżnianie komory przemiennika ze sprężonego powietrza /wywołane zmianą sygnału b1 albo b2 z wartości 1 w 0/ przebiega znacznie wolniej niż dołączanie komór siłownika do przemienników /spowodowane z kolei zerowaniem sygnałów b3 i b4/, więc początkowo wartości ciśnień w komorach siłownika są zbliżone i o kierunku ruchu decyduje siła Fz.

3. Algorytm pracy układu sterowania serwomechanizmem

Należy wyróżnić następujące grupy zadań sterowania:

1. wymuszenie dwustopniowego procesu zatrzymania z wyprzedzeniem w stosunku do zrównania wartości zadanej i mierzonej przemieszczenia,
2. uwzględnienie rzeczywistych wartości prędkości roboczej i zredukowanej, przy określaniu wartości wyprzedzeń redukcji prędkości i ostatecznego hamowania,
3. wprowadzenie specyficznej strefy nieczułości, zabezpieczającej przed wykonywaniem "małych, niekontrolowanych" przemieszczeń,
4. zabezpieczenie właściwego przebiegu fazy startowej ruchu [2].



Rys.4. Początkowe fazy ruchu serwomechanizmu przy zmianach sygnałów b3 i b4 z wartości 1 w 0:
a - równoczesnych, b - opóźnionych,
względem zmian sygnałów b1 albo b2 z wartości 1 w 0.

W zakresie pierwszej grupy zadań, układ powinien inicjować proces zatrzymywania / tzn. zmianę wartości sygnału b3 z 0 w 1/ z wyprzedzeniem xw /wg zależności (1)/ względem wartości zadanej przemieszczenia xo:

$$xw = vd\,(tz + 0{,}5\ th) \qquad (3)$$

oraz proces redukcji prędkości roboczej vr serwomechanizmu z wyprzedzeniem:

$$xwr = xw + vr\,(tzr + 0{,}5\ thr) \qquad (4)$$

Możliwe są dwa warianty określenia wartości xw i xwr:

1. stałowartościowy, z wyprzedzeniemi określonymi względem maksymalnych, spotykanych w danym serwomechaniźmie, wartości parametrów vd, vr, tz, tzr, th i thr:

$$xw\ max = vd\ max(tz\ max + 0{,}5th\ max) \quad \text{oraz} \qquad (5)$$

$$xwr\ max = k \cdot xw\ max + vr\ max(tzr\ max + 0{,}5thr\ max) \qquad (6)$$

gdzie:

xw max - wyprzedzenie określone dla maksymalnych wartości parametrów funkcjonalnych /m.in. prędkości posuwu vd max/ serwomechanizmu,

k - współczynnik: ≈ 3÷5 [2], zabezpieczający m.in. "ustabilizowanie" prędkości po jej redukcji,

2. zmiennowartościowy, uwzględniający przy określaniu wartości wyprzedzeń, przynajmniej aktualne wartości prędkości vr i vd.

Bardziej efektywnym, ze względu na minimalizację czasu przestawiania, zwłaszcza przy charakterystycznych dla serwomechanizmu przekaźnikowego silnych zmianach prędkości towarzyszących zmianom obciążenia oraz kierunku ruchu, jest zastosowanie drugiego wariantu. Ze względu na niecelowość stosowania dodatkowego czujnika prędkości /większość czynności manipulacyjnych i produkcyjnych w dyskretnych procesach produkcyjnych nie wymaga sterowania prędkością ruchu/ oraz możliwość wyznaczenia prędkości jedynie na drodze przetwarzania wyników pomiaru przemieszczeń, drugą grupę zadań układu sterowania stanowi zdobycie informacji o aktualnej prędkości ruchu, np. w drodze cyfrowego różniczkowania [2].

Trzecia grupa zadań wynika z dolnego ograniczenia zakresu dopuszczalnych wartości przemieszczeń. Ograniczenia te powoduje wspomniana niecelowość funkcjonalna regulacji prędkości zespołu napędowego oraz opóźnienia jego reakcji na zmiany sygnału binarnego, mające wymusić ruch lub zatrzymanie. Nie mogą być poprawnie realizowane przemieszczenia o wartości mniejszej od drogi xw, przebywanej po inicjacji zatrzymania. Układ powinien posiadać strefę nieczułości, zabezpieczającą przed rozpoczynaniem realizacji przemieszczeń mniejszych od xw max. np. dla opisywanego serwomechanizmu xw max$\in$(0,8 mm,1,5 mm). Programy pracy serwomechanizmu powinny być tak korygowane, aby różnica każdych dwóch, kolejno po sobie następujących wartości zadanych była - co do wartości bezwzględnej - większa od xw max. Analogiczne zabezpieczenie winno powodować, aby przemieszczenie mniejsze od xwr max było realizowane już od początku z prędkością zredukowaną vd.

Realizacja czwartej grupy zadań ma wyeliminować efekt "cofania" w fazie startowej. Zjawisko to, np. w opisywanym serwomechanizmie może być łatwo usunięte przez wprowadzenie pewnego opóźnienia /0,1÷0,3 s/ zerowania sygnałów b3 i b4 w stosunku do zerowania sygnału b1 albo b2. Umożliwia to równocześnie skrócenie drogi rozpędzania do prędkości ustalonej. Na rys.4b przedstawiono początkową fazę ruchu zespołu przy opisanym sposobie wprowadzenia opóźnienia.

Na podstawie relacji zachodzących pomiędzy uchybem ε=xo-xm oraz parametrami procesu pozycjonowania, układ generuje właściwe wartości sygnałów b1÷b4, sterujących pracą serwomechanizmu, przy czym uwzględniając opisane właściwości serwomechanizmu i wynikające z nich zadania układu:

b3 = 1 dla:

$$\varepsilon \in \langle -ho,+ho\rangle \cup \langle -xw\ max, xw\ max\rangle \cap (\{\dot{\varepsilon}=0\} \cup \{|\varepsilon| \leqslant |\dot{\varepsilon}|\cdot t1\}) \qquad (7)$$

b4 = 1 dla:

$$\varepsilon \in \langle -kxw\ max, kxw\ max\rangle \cup \langle -xwr\ max, xwr\ max\rangle \cap (\{\dot{\varepsilon}=0\} \cup \{-\dot{\varepsilon}\cdot t2-kxw\ max \leqslant \varepsilon \leqslant 0\} \cup \{0 \leqslant \varepsilon \leqslant \dot{\varepsilon}\cdot t2+kxw\ max\}) \qquad (8)$$

b1 = 1 dla:

$$\{\varepsilon > 0\} \cup \{b3=1\} \qquad (9)$$

b2 = 1 dla:

$$\{\varepsilon < 0\} \cup \{b3=1\} \qquad (10)$$

gdzie: t1 - wg zależności (2),

t2 = tzr + 0,5 thr.

Ograniczenie obszaru wartości sygnału b3=1 przedziałem $\varepsilon \in \langle -xw\ max, xw\ max\rangle$ jest konieczne dla uniknięcia błędnych zmian wartości b3 z 0 w 1, na podstawie wartości prędkości jeszcze sprzed zakończenia redukcji. Takie rozwiązanie pozwala równocześnie zmniejszyć kontrolowany zakres wartości prędkości zredukowanej do wartości rzeczywistych. Analogicznie dla ułatwienia kontroli wartości prędkości vr obszar b4=1 należy ograniczyć do przedziału $\varepsilon \in \langle -xwr\ max, xwr\ max\rangle$ /rys.5/.

Ustalenie wartości b1...b4 wg (7)÷(10) finalizuje poszczególne elementarne zadania układu:

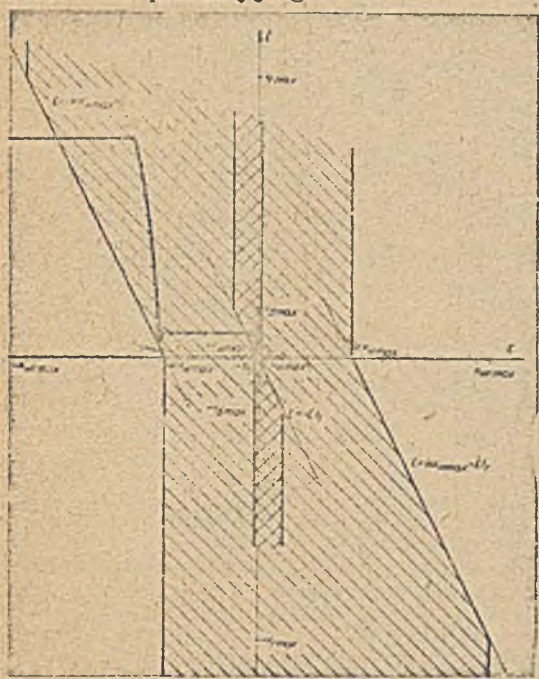
- wyznaczenia $\varepsilon(t)$=xo-xm(t) , przy czym odjemna i odjemnik są sygnałami cyfrowymi, przyjmującymi wartość z przedziału $\langle 0,(ho/so\cdot N - 1)\rangle$ /praktycznie stosunek elementarnych działek przemieszczeń i pomiaru przemieszczeń ho/so może wynosić 2,5 lub 10, zaś liczbę działek elementarnych przemieszczenia N ograniczono, w pracach Inst. Automatyki Przemysłowej PW,do 10 000/,
- określenia wartości funkcji prędkości: xw i xwr,
- komperacji wartości $\varepsilon(t)$ z wartościami funkcji xw,xwr oraz ze stałymi ho, xw max i xwr max.

4. Programowalny układ sterowania dyskretnymi czynnościami manipulacyjnymi

Wydaje się, że dwa czynniki będą w najbliższej przyszłości w sposób istotny kształtowały charakter procesu produkcyjnego:

1. wprowadzana na coraz szerszą skalę automatyzacja czanności manipulacyjnych, a tym samym odsunięcie człowieka od pełnienia zadań bezpośrednio-produkcyjnych [6],
2. nacisk na różnicowanie i elastyczne dostosowanie do aktualnych potrzeb czy wymagań końcowego produktu, a więc wprowadzenie, nawet dla produkcji średnio- i wielkoseryjnej, w miejsce modelu "jednoproduktowego" /"single model"/, modelu produkcji wieloproduktowej /"multi and mixed model"/[7].

Tendencje te będą zmuszać do zapewnienia elastycznej nie tylko struktury organizacyjnej produkcji, ale i samej substancji technicznej poszczególnego stanowiska produkcyjnego.



Rys.5. Ilustracja przebiegu procesu hamowania na tle obszarów wartości sygnałów: b3=1 i b4=1.

W obecnym procesie produkcyjnym człowiek, wykonujący praktycznie wszystkie czynności manipulacyjne, synchronizujący, kontrolujący i nastawiający pracę urządzeń produkcyjnych oraz realizujący pewne /zależne od stopnia mechanizacji i automatyzacji/ funkcje produkcyjne, jest najbardziej "elastycznym" elementem stanowiska produkcyjnego[6].

Maszyny manipulacyjne, mające za zadanie wykonywać pracę związaną ze zmianą położenia przedmiotu produkcji w przestrzeni roboczej stanowiska, jako maszyny tzw. trzeciego rodzaju, nie różnią się - od strony technicznej - od innych maszyn i urządzeń technologicznych /mających tylko inne zadania: zmianę kształtu lub właściwości przedmiotu produkcji/.

Uwzględniając powyższe, w kształtowanym już na bliską przyszłość procesie produkcyjnym, można więc mówić o konieczności zintegrowania i programowalności funkcji manipulacyjnych i produkcyjnych stanowiska roboczego [4]. Narzuca to z kolei potrzebę opracowania i wprowadzania do procesu produkcyjnego:

- pozycjonowanych w całym zakresie przemieszczeń serwomechanizmów, o koszcie produkcji i eksploatacji możliwie zbliżonym do urządzeń konwencjonalnych /obok potrzebnych i w przyszłości, nieprogramowalnych, np. dwubitowych, urządzeń napędowych/,
- programowalnych układów sterowania, sterujących pracą zautomatyzowanego stanowiska produkcyjnego.

Do podstawowych zadań jakie winien spełniać układ programowalny stanowiska, należy zaliczyć:

- przełączanie urządzeń dwustanowych, takich jak uchwyty, dwustanowe konwencjonalne jednostki ruchu i napędu, urządzenia zewnętrzne, inicjatory czynności towarzyszących itp realizujących grupę czynności manipulacyjnych i produkcyjnych o parametrach niezmienialnych,
- pozycjonowanie serwomechanizmów, np o opisanym napędzie płynowym, realizujących grupę czynności manipulacyjnych i produkcyjnych o parametrach zmienialnych w zależności od wytwarzanego produktu,
- oczekiwanie na spełnienie warunków /w tym również czasowych/, koniecznych do zakończenia bieżącego etapu pracy stanowiska,
- ustalenie kolejności dalszej pracy na podstawie wartości warunków sygnalizujących stan procesu obsługiwanego lub realizowanego przez urzą-

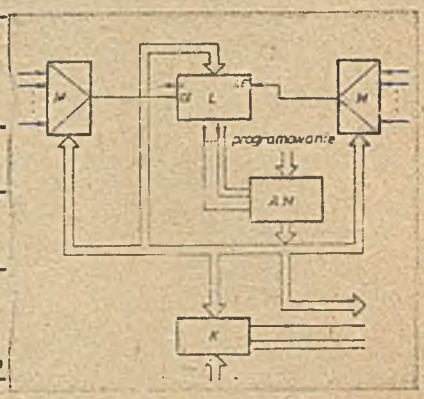
dzenia manipulacyjne i produkcyjne o parametrach stałych bądź programowalnych.

Program pracy stanowiska roboczego można na ogół tak standaryzować że w każdym stanie wewnętrznym układu cyfrowego, realizującego następnie ten program /już standardowy/, da się wyróżnić co najwyżej trzy typy koniecznych zachowań układu:

1. przejście do stanu wewnętrznego o następnym kolejnym numerze porządkowym,
2. przejście do tylko jednego stanu wewnętrznego o numerze innym niż następny kolejny numer porządkowy,
3. pozostanie układu w tym samym stanie wewnętrznym.

Wychodząc z tego założenia można przyjąć najprostszą /zdaniem autorów/w realizacji z typowych bloków funkcjonalnych, strukturę układu programowalnego. Tworzą ją /rys.6/ [1,2]:

- licznik z wpisywaniem równoległym /L/,
- multipleksery /M/ warunków przejścia do stanu następnego oraz warunków skoku,
- blok arytmetyczno-logiczny, porównujący wartość zadaną dla danego stanu z odpowiednimi sygnałami wejściowymi,
- pamięć typu "zapis/odczyt" /AM/, zawierająca informacje dotyczące:
  - warunku przejścia do następnego stanu wewnętrznego,
  - warunku i adresu skoku,
  - wartości wyjściowej charakterystycznej dla danego stanu,
  - wartości zadanej dla danego stanu.



Rys.6. Ogólna struktura programowalnego układu sterowania

Traktując tę strukturę jako swego rodzaju "szkielet architektury" układu, dają się następnie ustalić [2,4]:

- cztery typy instrukcji, odpowiadające poszczególnym głównym zadaniom układu,
- formę instrukcji, jako ciąg, np. sześciu cyfr, z których pierwsza określa numer pozycjonowanego serwomechanizmu lub typ instrukcji, a pozostałe - w zależności od typu instrukcji - wartość zadaną położenia, warunek lub czas oczekiwania, warunek i adres skoku lub numer i rodzaj sterowania /załączanie albo wyłączanie/ urządzenia dwustanowego,
- sposób realizacji szczegółowych zadań związanych z pozycjonowaniem serwomechanizmów, np. o napędach pneumo-hydraulicznych,
- sposób realizacji przemieszczeń złożonych układów serwomechanizmów, jako pętli instrukcji przemieszczeń składowych; celowym jest przyjęcie równoczesnej realizacji przemieszczeń składowych z podziałem czasu,
- podział instrukcji na mikroinstrukcje,
- sposób wprowadzania programu; np. efektywnie przez realizację, przez operatora pierwszego cyklu pracy i wprowadzenie uzyskanych informacji do pamięci układu.

Podsumowanie

1. Istnieją przesłanki do twierdzenia, że w niedalekiej przyszłości model produkcji będzie kształtowany pod kątem zmienności i różnorodności produktu końcowego, przy daleko posuniętej automatyzacji czynności manipulacyjnych. Będzie to wymagać programowalności pracy dużej części substancji technicznej stanowiska produkcyjnego, w pierwszym rzędzie pozycjonowanych napędów urządzeń manipulacyjnych i produkcyjnych.

2. Możliwa jest budowa dyskretnych serwomechanizmów płynowych o napędzie pneumatycznym, pozycjonowanych z działką elementarną rzędu części milimetra w całym zakresie przemieszczeń i prędkościach ruchu rzędu kilku decymetrów na sekundę. Serwomechanizmy takie, zbliżone w technice i koszcie wytwarzania oraz eksploatacji do powszechnie stosowanych pneumatycznych, jednak najczęściej dwustanowych, jednostek napędowych, stanowiłyby uzupełnienie grupy konwencjonalnych serwomechanizmów o sterowaniu analogowym.

3. Algorytm pozycjonowania opisywanego serwomechanizmu płynowego musi zapew-

nić:
- dwustopniowy proces zatrzymywania z odpowiednimi wyprzedzeniami w stosunku do wartości zadanej przemieszczenia,
- uwzględnienia w wartościach wyprzedzeń prędkości posuwu,
- strefę nieczułości zabezpieczającą prawidłowość pracy dla małych, mieszczących się w granicach wyprzedzeń, przemieszczeń,
- właściwy przebieg początku ruchu.

Układ pozycjonowania, pobierający informację jedynie o wartości przemieszczenia, winien generować cztery binarne sygnały realizujące algorytm.

4. Rozważania dotyczące algorytmu pracy serwomechanizmu można odnieść do całej klasy zespołów napędowych, nie posiadających możliwości regulacji prędkości.

5. Programowalny układ sterowania dyskretnymi czynnościami manipulacyjnymi i produkcyjnymi w zintegrowanym stanowisku produkcyjnym winien realizować zadania:
- sterowania konwencjonalnymi, najczęściej dwustanowymi urządzeniami manipulacyjnymi i produkcyjnymi,
- pozycjonowania serwomechanizmów, np. o opisanym algorytmie,
- oczekiwania na spełnienie warunków kończących dany stan pracy,
- ustalenia kolejności dalszej pracy, przy czym możliwe winno być przejście do stanu: kolejnego, bądź do stanu o numerze innym niż kolejny.

6. Najprostszą strukturę układu programowalnego realizującą podany algorytm sterowania tworzą:
- licznik z wpisywaniem równoległym,
- multipleksery warunków przejścia do stanu następnego oraz warunków skoku,
- blok arytmetyczno-logiczny, porównujący wartość zadaną danego stanu z sygnałami wejściowymi,
- pamięć typu "zapis/odczyt".

Układ może być zrealizowany z elementów MSI lub z wykorzystaniem systemu mikroprocesorowego [10].

7. W Instytucie Automatyki Przemysłowej Polit. Warszawskiej zbudowano i przebadano modele serwomechanizmu płynowego z napędem pneumatycznym oraz kilka wersji układu sterowania dyskretnymi czynnościami manipulacyjnymi i produkcyjnymi [4].

LITERATURA

[1] Barczyk J., Falkowski J.L.: Sterowanie numeryczne automatycznych manipulatorów. Materiały II Konferencji Nauk.-Techn.: Projektowanie, wytwarzanie i kontrola sprzętu elektroniczno-mechanicznego, Warszawa, 1975, nr 205, str. 39-43.

[2] Falkowski J.L.: Programowalne sterowanie robotów przemysłowych o napędach pneumo-hydraulicznych. Praca dokt. Polit. Warsz. Bibl. Inst. Autom. Przem. P.W., 1977.

[3] Galiński B., Kościelny W.J.: Elektropneumatyczny układ pozycjonowania numerycznego. Komunikaty VII Krajowej Konf. Automatyki, Rzeszów 1977, tom II, str. 402-404.

[4] Olszewski M., Barczyk J., Falkowski J.L., Kościelny W.J. i zesp.: Koncepcja i założenia techniczne systemu automatycznych manipulatorów montażowych ze sterowaniem programowym. Praca nauk.-badawcza Polit. Warsz. Bibl. Inst. Autom. Przem. P.W., 1977.

[5] Olszewski M., Falkowski J.L.: Analiza możliwości wykorzystania programowanego układu sterowania czynnościami manipulacyjnymi do sterowania czynnościami produkcyjnymi. Praca nauk.-techniczna OBR Podst. Techn. i Konstr. Maszyn, 1976.

[6] Olszewski M.: Automatyczne maszyny manipulacyjne w procesie produkcyjnym. Mechanik, zgłoszono do druku w 1978.

[7] Olszewski M.: Montażowe manipulatory i roboty przemysłowe. Materiały Konferencji Nauk.-Techn.: Mechanizacja i automatyzacja montażu, Warszawa 1976, nr 305, str. 55-71.

[8] Olszewski M.: Stan i kierunki rozwoju pneumatycznego sterowania i napędu. Prace VII Krajowej Konf. Automatyki, Rzeszów 1977, tom II, str. 357-367.

9. Olszewski M.: System pneumatycznego pozycjonowania numerycznego. Praca dokt. Polit. Warsz. Bibl. Inst. Autom. Przem. P.W., 1975.

10. Skonieczny S.: Projekt układu sterowania PTP robota przemysłowego z wykorzystaniem systemu mikroprocesorowego 8080. Praca magist. Polit. Warsz. Bibl. Inst. Autom. Przem. P.W., 1978.

DODATEK

Wykorzystując wg (1):

$$xw = v\,(tz + 0{,}5\ th) \tag{D1}$$

oraz:

$$d\,xw = \frac{\partial xw}{\partial v}\,d\,v + \frac{\partial xw}{\partial tz}\,d\,tz + \frac{\partial xw}{\partial th}\,d\,th \tag{D2}$$

otrzymuje się:

$$d\,xw = t1\cdot dv + v\cdot\Delta t1, \tag{D3}$$

gdzie:

$$t1 = tz + 0{,}5\ th$$

Załóżmy wg [2], że w trakcie ruchu określona może być jedynie średnia wartość prędkości, obarczona błędem pomiaru Δvm oraz błędem wynikającym z niestałości prędkości w czasie jej wyznaczania $v\delta v$. Stąd:

$$d\,v \approx \Delta vm + v\cdot\delta v \tag{D4}$$

oraz

$$\Delta xw \approx t1\cdot\Delta vm + t1\cdot v\cdot\delta v + v\cdot\Delta t1 \tag{D5}$$

Ponieważ w pomiarze prędkości:

$$t1\cdot\Delta vm \leqslant so \tag{D6}$$

oraz dla zapewnienia błędu pozycjonowania nie przekraczającego elementarnej działki przemieszczenia:

$$\Delta xw\ max \leqslant ho \tag{D7}$$

to ostatecznie maksymalną wartość prędkości określi zależność (2):

$$v_{max} = \frac{ho - so}{\delta v t1 + \Delta t1} \tag{D8}$$

Oczywiście dla spełnienia warunku błędu pozycjonowania mniejszego od działki elementarnej przemieszczenia, musi być:

$$so < ho \tag{D9}$$

Jeżeli warunek (D9) nie jest spełniony, to błąd pozycjonowania przekracza wartość ho.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СЕРВОПРИВОДОВ В ПРОГРАММИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ДИСКРЕТНЫМИ МАНИПУЛЯЦИОННЫМИ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ОПЕРАЦИЯМИ

Р е з ю м е

В работе даётся анализ действия пневмогидравлического сервопривода с точечной фиксацией движения. Рассмотрен алгоритм работы системы управления сервоприводом. Описывается структура программированной системы управления манипуляционными производственными операциями, использующей представленный специальный сервопривод.

APPLICATION OF SPECIAL FLUIDIC SERVOMECHANISMS IN PROGRAMMABLE CONTROL SYSTEMS FOR DISCRETE MANIPULATION AND PRODUCTION JOBS

S u m m a r y

An analysis of a point-to point servomechanism with a mixed pneumatic-hydraulic drive unit is presented. Control algorithms are discussed. The structure of a programmable control system for discrete manipulative and production jobs, using this servomechanism, is described.