

XI OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA TEORII MASZYN
I MECHANIZMÓW11th POLISH CONFERENCE ON THE THEORY OF MACHINES
AND MECHANISMS

27-30. 04. 1987. ZAKOPANE

Karol TOMASZEWSKI

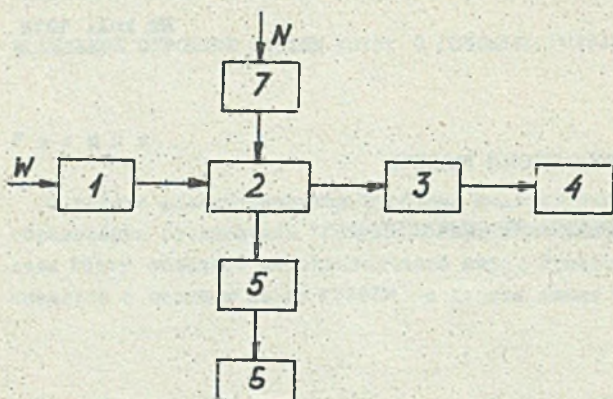
Instytut Mechaniki i Wibroakustyki
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

TENDENCJE ROZWOJU MASZYN I URZĄDZEŃ STEROWANYCH AUTOMATYCZNIE

Streszczenie. Jedną z głównych zasad rozwoju techniki na obecnym etapie jest wprowadzenie automatycznego sterowania maszynami i innymi środkami produkcji. W pracy rozpatrzono różne układy sterowania. Przeprowadzono klasyfikację stopni sterowania procesami przemysłowymi. Przedstawiono zagadnienia analizy i syntezy układów sterowanych automatycznie. Uwzględniono problematykę elastycznych, systemów produkcyjnych. Poświęcono dużo uwagi problematyce sterowania maszynami-automatami i robotami przemysłowymi z uwzględnieniem techniki elektronicznej. Zwrócono również uwagę na aspekty socjalno-ekonomiczne rozwoju układów automatycznych.

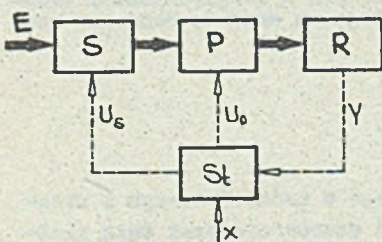
1. Wstęp

Współczesny etap postępu naukowo-technicznego w budowie maszyn i urządzeń charakteryzuje się dużą złożonością zadań sterowania oraz dużą ilością przetwarzanej i przesyłanej informacji. Współczesne szybkobieżne maszyny stwarzają bariery dla sterowania nimi przez człowieka. W celu zastąpienia człowieka w procesie sterowania maszyną lub zapewnienia mu komfortu pracy wprowadza się odpowiednio pełną lub częściową jej automatyzację. Stopień automatyzacji maszyny charakteryzuje się stosunkiem liczby czynności zautomatyzowanych do ogólnej liczby czynności wykonywanych przez nią. Zautomatyzowane mogą być tylko te czynności, które zostały uprzednio zmechanizowane. Stopnie mechanizacji i automatyzacji procesów produkcyjnych można sklasyfikować w zależności od zastosowanych środków produkcji, które mogą być niezmechanizowane, zmechanizowane i zautomatyzowane. Pierwsze dwa środki realizują produkcyjne czynności w wyniku sterowania ręcznego, trzeci natomiast w wyniku sterowania automatycznego. Przy częściowej



Rys. 1

Schemat blokowy w pełni zmechanizowanego środka produkcji przedstawiono na rys. 1. Oznaczono na nim: 1 - mechanizm podający waad materiałów, 2 - maszyna technologiczna z napędem, 3 - mechanizm usuwający wyroby, 4 - pojemnik na wyroby gotowe, 5 - mechanizm usuwający odpady, 6 - pojemnik odpadów, 7 - mechanizm do zmiany narzędzi N. (Wszystkie mechanizmy i maszyna technologiczna napędzane są jednym silnikiem lub posiadają napędy niezależne).



Rys. 2

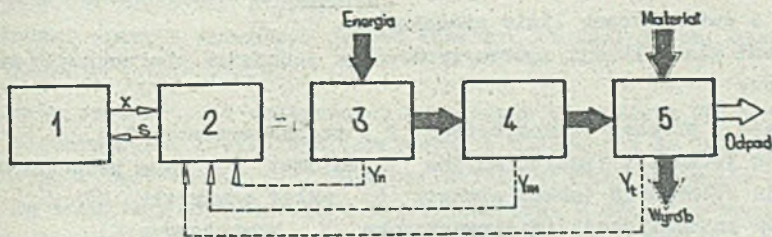
automatyzacji środków produkcji (maszyn) czynności są realizowane w wyniku sterowania ręcznego i automatycznego. Poziom sterowania automatycznego maszyną zależy od rodzaju zastosowanych w układzie sterowania elementów automatyki. W pełni zmechanizowany środek produkcji może być częściowo lub w pełni zautomatyzowany przez zastosowanie w nim odpowiednich elementów sterujących.

Zmechanizowany środek produkcji wyposażony w odpowiedni sterownik (urządzenie sterujące - zespół elementów automatyki) stanowi najogólniej biorąc zautomatyzowaną jednostkę operacyjną. Schemat blokowy takiej jednostki operacyjnej przedstawiono na rys. 2. Oznaczono na nim: S - silnik, P - mechanizm przekładniowy, R - maszyna robocza lub mechanizm wykonawczy urządzenia, St - sterownik - zespół sterujący (urządzenie sterujące, regulator). Zautomatyzowana jednostka operacyjna może

stanowić jednostkę manipulacyjną, automat przemysłowy lub inną przemysłową jednostkę operacyjną. Jednostka operacyjna jest zasilana na ogół energią niemechaniczną, która w silniku S jest przetwarzana na energię mechaniczną, a ta z kolei w mechanizmie przekładniowym P jest transformowana i przesyłana do maszyny roboczej R w celu realizacji określonego procesu. Sterowanie ruchem maszyny roboczej R może odbywać się w układzie zamkniętym, jeżeli istnieje sprzężenie zwrotne, tzn. jeżeli wielkość sterowana y jest przesyłana do sterownika St (urządzenia sterującego) w celu porównania jej z wartością zadaną x wielkości sterowanej i tworzenia

... sygnału sterującego U_p oraz U_s lub tworzenia tylko jednego z nich. Sygnały te przesyłane są odpowiednio do mechanizmu przekładniowego P i do silnika S. Istnieją trzy sposoby sterowania w układzie zamkniętym lub otwartym:

- wytwarzany w sterowniku S_t sygnał U_s oddziałuje na silnik S, a
- wytwarzany w sterowniku S_t sygnał U_p oddziałuje na mechanizm przekładniowy (wariator) P,
- wytwarzane w sterowniku S_t jednocześnie sygnały U_p i U_s odpowiednio oddziałują na P i S.



Rys. 3

W procesie wytwarzania wyrobów przemysłowych przez jednostkę operacyjną występuje w niej przepływ sygnałów, energii i materii. Typowy przepływ sygnałów, energii i materii w jednostce operacyjnej zautomatyzowanej przedstawiono na rys. 3. Oznaczono na nim: 1 - pulpit sterowniczy, 2 - urządzenie sterujące, 3 - napęd, 4 - maszynę technologiczną, 5 - proces technologiczny. Odpowiednimi strzałkami oznaczono przepływy sygnałów: x - wielkość zadana, u - wielkość sterująca napędem 3, y_n , y_m , y_t - sygnały sprzężenia zwrotnego wielkości mierzonych (sterowanych), odpowiednio napędu 3, maszyny technologicznej 4, i procesu technologicznego 5, s - sygnał informacyjny (sygnalizacja). Strzałki pogrubione oznaczają odpowiednio przepływ energii i materii (materiał, wytwór i odpad).

W zależności od stopnia automatyzacji jednostki operacyjnej człowiek wykonuje pewną liczbę czynności sterowniczych. W jednostce całkowicie zautomatyzowanej jego rola sprowadza się do zadania programu, uruchomienia układu z pulpitu przyciskiem start, ewentualnej kontroli pracy jednostki i zatrzymania jej przyciskiem stop.

2. Rozwój układów sterowania automatycznego

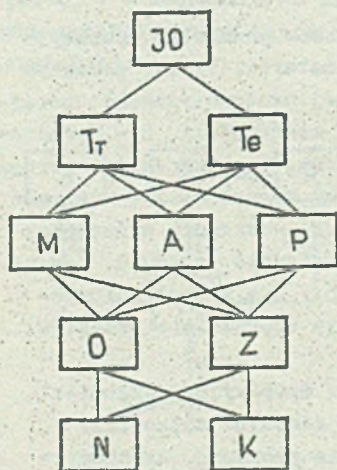
W historii rozwoju sterowania automatycznego maszynami najpierw powstały mechaniczne układy sterowania, których różne rozwiązania strukturalne i konstrukcyjne jeszcze dotychczas konkurują z niemechanicznymi.

i mieszany układami sterowania. W wielu jednostkach operacyjnych, np. w wielu automatach trudno jest oddzielić układ sterowania od pozostałych łańcuchów kinematycznych mechanizmów, gdyż tworzy on z nimi integralną całość z napędem i maszyną roboczą. W następnych etapach rozwoju układów sterowania wykorzystano sygnały elektryczne, hydrauliczne i pneumatyczne. Dalszy rozwój charakteryzuje się stosowaniem układów elektronicznych, serwo-mechanizmów, układów procesorowych i komputerów. Stwarza to możliwości budowy układów o dużej kompleksowości sterowania automatycznego. Różnorodność zadań produkcyjnych w różnych gałęziach przemysłu wymaga wykorzystania różnych jednostek operacyjnych tworzących indywidualne stanowiska, gniazda i automatyczne linie produkcyjne.

Schemat klasyfikacji zautomatyzowanych jednostek operacyjnych według kryteriów:

- realizacji procesu (transportowy T_r , technologiczny T_g),
- rodzaju jednostki (manipulacyjna M, automat A, inna produkcyjna P),
- rodzaju sterowania (układ otwarty O, układ zamknięty Z),
- środków automatyzacji (niekomputerowe N, komputerowe K)

przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4

Rozwój techniki w ciągu ostatniego półwiecza wyraża się pojawieniem się wielu nowych procesów wytwarzania i związanych z nimi maszyn i urządzeń technologicznych. Nastąpił również ogromny rozwój układów sterowania automatycznego. Rozbudowane układy sterowania zwiększyły tzw. elastyczność sterowania, ułatwiając zmiany programów automatycznego cyklu pracy jednostek operacyjnych.

Zadania stawiane maszynom i urządzeniom przemysłowym można podzielić ogólnie na cztery grupy:

- realizacja wymaganego położenia członu wykonawczego względem przedmiotu i przemieszczanie przedmiotu wytwarzanego,
- realizacja wymaganych parametrów ruchu (prędkości i przyspieszenia) członu wykonawczego względem wytwarzanego przedmiotu lub wytwarzanego przedmiotu względem członu wykonawczego,
- realizacja czynności pomocniczych (wprowadzenie wsadu, zdjęcie i oczyszczenie wyrobu, usunięcie odpadu itp.),
- zapewnienie właściwej kolejności poszczególnych czynności głównych i pomocniczych w cyklu pracy jednostki operacyjnej.

Szczegółowe zadania w tych czterech grupach dotyczą między innymi:

- utrzymania zadanej wartości parametrów w granicach tolerancji,
- dostosowania wartości parametrów do aktualnych warunków procesu produkcyjnego.

Ostatnie zadanie dotyczy sterowania adaptacyjnego. Pewne zadania i cechy automatycznego sterowania maszynami technologicznymi można wyróżnić spośród innych układów sterowania realizacją określonych wymagań [5]:

- dokładności pomiaru kształtu przedmiotu do 0,01 mm w zakresie ruchu do 1 m (rozdzielczość pomiaru 1:100 000),
- łatwej zmiany algorytmu sterowania,
- niezawodnej pracy w warunkach dużych zakłóceń mechanicznych, elektromagnetycznych i termicznych.

Wymagania te powodują, że najczęściej w układach sterowania stosuje się sygnały o charakterze dyskretnym (cyfrowym) i buduje się je jako układy przełączające. Ponieważ sygnały mają charakter dwójkowy (włączone-wyłączone), są to układy przełączające dwuwartościowe. Oznaczając sygnały wejściowe literą x z indeksem 0,1,2.. określającym numer sygnału, a sygnały wyjściowe literą y z odpowiednim indeksem można zapisać zadanie układu sterowania w postaci ogólnej

$$y_0 = f_0(x_0, x_1, \dots, x_n)$$

$$y_1 = f_1(x_0, x_1, \dots, x_n)$$

.....

.....

$$y_m = f_m(x_0, x_1, \dots, x_n)$$

(1)

lub w postaci macierzowej

$$Y = (f X)$$

(2)

Aktualne wartości x_0, x_1, \dots, x_n oraz y_0, y_1, \dots, y_m podaje się w postaci 1,0, a do opisu funkcji stosuje się algebrę Boole'a.

Układy przełączające, w których wartości sygnałów wyjściowych y w danej chwili zależą tylko od wartości sygnałów wejściowych x^t w tej chwili, nazywamy kombinacyjnymi. Natomiast układy, w których sygnały y w danej chwili są uzależnione od wartości sygnałów x^t w tej chwili i od ich wartości w chwilach poprzednich są realizowane jako układy przełączające z pamięcią i nazywają się układami sekwencyjnymi.

Działanie układów kombinacyjnych można opisać równaniem:

$$y^t = f(x^t) \quad (3)$$

a działania układów sekwencyjnych równaniem

$$y^t = f(x^{<t}) \quad (4)$$

gdzie:

- x^t, y^t - wartości sygnałów w danej chwili,
 $x^{<t}$ - wartości sygnału w chwili poprzedniej.

Układy przełączające występują bardzo często w maszynach produkcyjnych i realizują różne funkcje sterownicze. Proste układy przełączające stosowane są do sterowania napędów, zapewniając właściwą kolejność ich załączenia i wyłączenia. Bardziej złożone układy sterują pracą wielu silników równocześnie, realizują rozkazy komputerów itp. Do najbardziej rozbudowanych układów przełączających należą układy programowanego sterowania obrabiarek i robotów przemysłowych. Od kilku lat do sterowania automatycznego obrabiarek i robotów stosowane są programowalne uniwersalne sterowniki PC (Programmable Controllers) zawierające odpowiednio dużą część centralna oraz stypizowane moduły wejściowe i wyjściowe [8]. Sterownik taki zaprogramowuje się za pomocą specjalnego urządzenia programujaco-testującego, zgodnie z algorytmem pracy sterowanej jednostki operacyjnej.

Obrabiarki i inne maszyny przemysłowe są najczęściej sterowane w funkcji położenia zespołów poruszających się ruchem postępowym lub obrotowym. Do uzyskania sygnału informującego o położeniu zespołu stosuje się w punktach charakterystycznych toru zderzaki sterujące naciskające na łączniki drogowe lub zderzaki zatrzymujące (twarde zderzaki) gdy wymagana jest duża dokładność pozycjonowania zespołu.

Duże zastosowanie posiada również sterowanie kopiowe realizujące kształt i wymiary obrabianego przedmiotu zgodnie z geometrycznie zadany kształtem. Sterowanie zderzakowe i kopiowe charakteryzuje się geometrycznym sposobem wprowadzania danych o ruchach sterowanego członu wykonawczego.

Do geometrycznego sposobu wprowadzania danych o ruchach członów wykonawczych maszyny roboczej można zaliczyć stosowanie mechanizmów krzywkowych do sterowania jednostką operacyjną. Do tego rodzaju jednostek należą automaty.

Sterowanie numeryczne oznaczone skrótem NC (Numerical Control) charakteryzuje się tym, że pozwala znacznie skrócić czasy przygotowawcze przy zmianie asortymentu produkcji i wymaga oddzielnych zespołów napędowych do wszystkich ruchów elementarnych oraz stosowania czujników pomiarowych

wysyłających do układu sterującego sygnały o aktualnym stanie sterowanego zespołu.

Układy sterowania numerycznego mogą być budowane na zasadzie stosowania specjalizowanych bloków elektronicznych, których funkcje są ściśle określone dla konkretnych operacji lub na zasadzie stosowania maszyn cyfrowych, które mają charakter uniwersalny.

Układy sterowania cyfrowego z maszynami cyfrowymi, znajdują zastosowanie w złożonych układach, do których należą: moduły technologiczne, gniazda technologiczne, linie automatyczne, odcinki i wydziały oraz elastyczne systemy produkcyjne.

W większości nowoczesnych maszyn sterowanych numerycznie napędy wyposażone są w silniki o sterowanej prędkości katowej i serwonapędy położeniowe. Stosowane są również rozwiązania bez czujników pomiarowych wykorzystujące silniki krokowe, w których wirnik jest przestawiany "krokami" o określony kąt w wyniku każdego impulsu elektrycznego przesłanego do uzwojeń.

Metody realizacji i metody synchronizacji ruchu członów jednostek operacyjnych i linii automatycznych są powiązane, gdyż pierwsze określają charakter roboczego i jakościowego ruchu mechanizmów (dokładność przemieszczeń członów, kolejność i warunki realizacji procesu technologicznego, prędkości, przyspieszenia członów itd.), drugie synchronizują w czasie ruch członów wykonawczych, tj. sterowanie nimi. Jednostki operacyjne technologiczne i transportowe stanowią zasadnicze środki produkcji. W gniazdach i liniach produkcyjnych mogą występować oprócz jednostek technologicznych i transportowych również jednostki operacyjne służące do kontroli produkcji. Struktura wszystkich jednostek jest analogiczna, jeżeli pod symbolem R (rys. 3) będziemy rozumieć mechanizmy realizujące procesy technologiczne, transportowe czy kontrolne.

Współczesny rozwój techniki charakteryzuje się powstawaniem nowych procesów technologicznych, a ich wprowadzenie było związane z budową wielu nowych typów maszyn i urządzeń z jednej strony oraz z ogromnym rozwojem układów automatycznego sterowania i automatycznego przetwarzania informacji, powodując często radykalne zmiany w metodach rozwiązywania różnorodnych zagadnień technicznych i organizacyjnych. Stosowane obecnie układy sterowania są często zupełnie inne niż układy stosowane przed kilkunastoma laty. Dalszy rozwój charakteryzuje się zastosowaniem układów elektronicznych, serwomechanizmów, układów o strukturze komputerowej i komputerów.

Przy bardzo dużej różnorodności sterowań maszyn i urządzeń zdecydowana większość sterowań jest realizowana za pomocą układów elektrycznych obejmując tym określeniem również układy elektroniczne. Układy hydrauliczne stosowane są przeważnie wówczas, gdy potrzebne jest pokonywanie dużych sił oporu ruchu przy stosunkowo prostych zadaniach sterowania. W najprostszych układach sterowania z elementami wykonawczymi o ruchu prostoliniowym i małych obciążeniach stosowany jest układ pneumatyczny. Wciąż jeszcze

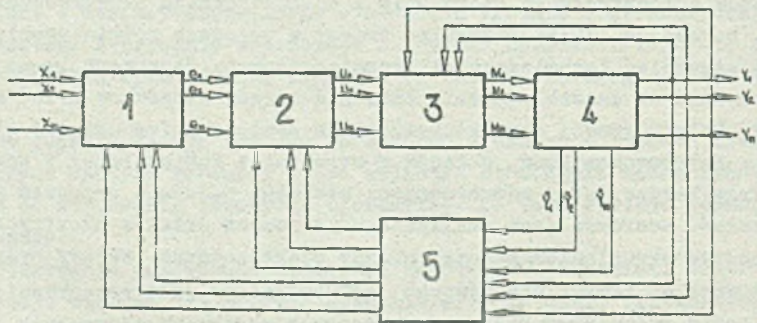
duże znaczenie mają układy elektrohydrauliczne stosowane w przypadkach pokonywania dużych sił oporu, przy złożonych zadaniach sterowania.

Obecnie ważnym rodzajem sterowania jest elektroniczne sterowanie napędami elementów wykonawczych maszyn i urządzeń. Prąd przemienny sieci jedno lub trójfazowej prostuje się prostownikiem sterowanym za pomocą tyratronu. Bardzo liczną grupę stanowią także układy prostowników sterowanych tyrystorowych nazywanych wraz z falownikami przekształtnikami tyrystorowymi. Służą one do przekształcania prądu przemiennego na stały lub na przemienny o innej częstotliwości. Pozwalają one zapewnić bardzo dokładne sterowanie położenia członu wykonawczego. Elektronika zazębia się z elektroautomatyką i tworzy z nią często nierozłączną całość w automatyzacji maszyn i urządzeń przemysłowych. Np. selsyny chociaż nie są urządzeniami elektronicznymi w ścisłym tego słowa znaczeniu, są jednak z elektroniką ściśle związane, gdyż regulacja rozmaitych wielkości i parametrów fizycznych często sprowadza się do liniowych i kątowych przemieszczeń członów sterowanych za pomocą selsynów i elementów elektronicznych. Selsyny, serwomechanizmy, przekaźniki i inne elementy automatyki stanowią przeważnie jedną całość funkcjonalnie związaną z elementami elektronicznymi w układzie sterującym.

Jednostki M, A, P (rys. 4) różnią się między sobą przeznaczeniem, strukturą mechanizmów i sposobami sterowania ich ruchem. Jednostka manipulacyjna M stałoprogramowa (manipulator) lub zmiennoprogramowa (robot przemysłowy) charakteryzuje się:

- uniwersalnością funkcjonalną (możliwość wypełnienia różnych operacji),
- zdolnością manewrowania (manipulowanie przedmiotami i ich przenoszenie),
- elastycznością w przeprogramowaniu.

Uogólniony schemat funkcjonalny jednostki manipulacyjnej przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5

Oznaczono na nim: 1 - zespół zadajaco-porównujący, 2 - zespół przetwarzajaco-nastawczy, 3 - napędy i mechanizmy napędowe, 4 - zespół manipulacyjny wykonawczy, 5 - elementy sprzężenia zwrotnego - czujniki, urządzenia sensoryczne. Literami oznaczono: $x_1 \dots x_n$ - wielkości zadane, $a_1 \dots a_n$ - uchyby, $u_1 \dots u_n$ - sygnały sterujące, $M_1 \dots M_n$ - siły i pary sił, $y_1 \dots y_n$ - wielkości sterowane, $\dot{y}_1 \dots \dot{y}_n$ - pochodne wielkości sterowanych. Poziom realizacji funkcji sterowania zależy od klasy jednostki manipulacyjnej - robota generacji I, II...

Aktualne możliwości budowy zespołów wykonawczych, pomiarowych i sterujących maszyn produkcyjnych wpłynęły na silne zróżnicowanie maszyn manipulacyjnych od sterowanych ręcznie do sterowanych komputerowo. Są to maszyny manipulacyjne I generacji, które charakteryzują się tym, że działają jako roboty o pozycjonowaniu wewnętrznym, w których sterowanie przemieszczeniem robota odbywa się względem jego podstawy.

Badania prognostyczne (do 2000 r.) potwierdzają tendencje rozwoju przemysłowych robotów II i dalszych generacji. Przewiduje się stosowanie II generacji robotów, które będą charakteryzować się:

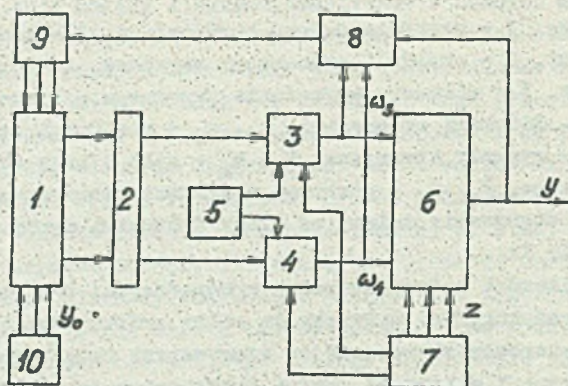
- wizyjnymi systemami pomiaru przemieszczeń i odległości,
- wizyjnymi lub taktylnymi (dotykowymi) systemami rozpoznawania stanu przedmiotów, narzędzi lub elementów środowiska,
- układami sterowania zdolnymi realizować pewne zadania z dziedziny tzw. sztucznego (maszynowego) intelektu - roboty inteligentne.

Po robotach II generacji pojawić się mają roboty III generacji. Przyjmuje się, że będą one dysponować bardziej rozbudowanym układem sztucznego (maszynowego) intelektu, układem decyzyjnym i rozwiniętymi systemami przyjmowania informacji o środowisku zewnętrznym [2, 3].

Nasylenie układów sterujących elementami elektronicznymi rośnie wraz z rozwojem teorii i techniki sterowania maszynami i urządzeniami przemysłowymi. Szczególnie duży ich udział występuje w komputerowych układach sterujących. W chwili obecnej daje się zauważyć szerokie zainteresowanie techniką komputerową i możliwościami jakie może ona stworzyć w automatyzowaniu procesów przemysłowych.

Współczesne maszyny przemysłowe M, A, P (rys. 4) sterowane za pomocą komputera przedstawiono na schemacie funkcjonalnym (rys. 6). Komputer 1 oddziałuje na obiekt 2, w którym steruje napędem głównym 3 i napędem pomocniczym 4. Napędy zasilane są ze źródła energii 5. Produkcyjny proces maszynowy 6 realizowany jest dzięki wprawieniu w ruch ω_3 i ω_4 członów wykonawczych obiektu 2. Realizacja procesu zależy również od wymuszeń ω pochodzących od naddatków i innych zmiennych oporów rachunku 6.

Wielkości wyjściowe y oraz parametry ruchu ω_3 i ω_4 członów wykonawczych mierzone są za pomocą czujników 8 i przetworzone w przetworniku 9 wprowadzane są do komputera 1. Dane o materiale, stosowanych narzędziach itd. oraz sygnały y_0 zadawane są w postaci programu za pomocą urządzenia 10 i wprowadzane do komputera 1.



Rys. 6

Procesy produkcyjne można przedstawić jako zbiór podsystemów [1]:

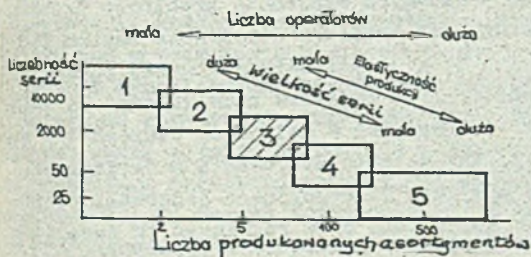
- podsystem technologiczny,
- podsystem transportu i manipulacji przedmiotami obróbki,
- podsystem narzędzi,
- podsystem kontroli jakości produkcji,
- podsystem sterowania i informacji,
- podsystem pomocniczy (utrzymujący gotowość do pracy systemu).

Roboty przemysłowe mają obecnie zastosowanie jako środki automatyzacji podsystemu technologicznego, transportu i kontroli jakości produkcji. Układy sterowania robotami mogą być podsystemami sterowania w zautomatyzowanych liniach produkcyjnych. Optymalna realizacja procesów produkcyjnych jest możliwa przy elastycznym powiązaniu jednostek operacyjnych w linie produkcyjne.

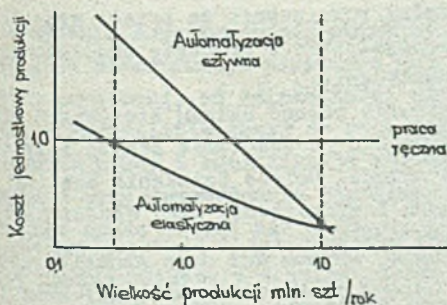
Rozwój elastycznych systemów produkcyjnych rozpoczął się w latach sześćdziesiątych i trwa obecnie. Można wydzielić trzy okresy tego rozwoju: I lata 60-70 - opracowanie i sprawdzenie podstawowych zasad technologii przyszłościowej, II lata 80 - opracowanie i wytwarzanie elementarnej techniki i technologii przyszłościowej, III lata 90- prognozuje się opracowanie i wytwarzanie automatycznych elastycznych systemów produkcyjnych.

W I okresie pojawiły się: robot przemysłowy i centrum obróbkowe. Okres II charakteryzuje się pierwszymi próbami realizacji lokalnej automatyzacji elastycznej produkcji. Powstały elastyczne moduły, linie i odcinki, a także eksperymentalne automatyczne wydziały elastycznej produkcji. Dotychczasowe doświadczenia wykazały, że nawet niedoskonałe jeszcze elastyczne systemy produkcyjne pozwoliły zwiększyć współczynnik wykorzystania maszyn i urządzeń produkcyjnych średnio o 30%. Najszersze zastosowanie elastycznych systemów produkcyjnych obserwuje się w zakładach budowy ma

szyn. Stosuje się typowe struktury - moduły elastyczne, tworzące linie i odcinki produkcyjne. Moduł składa się na ogół z centrum obróbkowego, zasobnika palet lub kaset i środków programowego sterowania numerycznego. Wciąż jeszcze stosowane są tzw. linie sztywne stanowiące automatyczne linie produkcyjne o niezmiennym programie, przeznaczone do wielkoseryjnej lub masowej produkcji wytworów określonego asortymentu.



Rys. 7



Rys. 8

(rys. 8) to automatyzacja elastyczna jest opłacalna także przy produkcji w granicach od dziesiątek tysięcy do kilku milionów sztuk rocznie. Powyżej 10 milionów korzystniejsza jest automatyzacja sztywności [4].

3. Zagadnienia analizy i syntezy w procesie projektowania

Proces projektowania jednostki operacyjnej przebiega w pięciu etapach:

1. Sformułowanie i analiza zadania projektowego,
2. Synteza schematu strukturalnego, kinematycznego i cyklogramu jednostki operacyjnej oraz wyznaczenie jej parametrów podstawowych,

Podstawowe cechy elastycznej automatyzacji to: łatwość i szybkość opracowania i wprowadzenia oraz zmiany programu pracy jednostki operacyjnej. Należy pamiętać, że elastyczne systemy produkcyjne nie mogą zastąpić wszystkich tradycyjnych sposobów produkcji. Na rysunku 7 przedstawiono strefy racjonalnego stosowania różnych rodzajów automatyzacji produkcji w zależności od wielkości serii i liczby asortymentów produkcji. Oznaczono na nim: 1 - linia sztywna, 2 - elastyczne moduły, 3 - elastyczny system produkcyjny, 4 - jednostki operacyjne sterowane numerycznie, 5 - jednostki technologiczne uniwersalne.

Jeżeli porówna się koszt własny jednostkowy wyrobu w zależności od rocznej produkcji jak przedstawiono na wykresie

3. Sporządzenie modelu matematycznego - opis matematyczny mechanizmów obiektu z elementów automatyki - zespołu sterującego,
4. Rozwiązywanie równań i wyznaczanie zależności zmiennych szukanych od zmiennych i stałych zadanych,
5. Obliczenia parametrów eksploatacyjnych i wskaźników techniczno-ekonomicznych.

Niezależnie od rodzaju projektowanej jednostki operacyjnej (M, A, P) zadanie projektowe dotyczy dwóch związanych wzajemnie problemów technicznych: problemu mechaniki jednostki oraz problemu sterowania ruchem jej członów. Oba problemy rozwiązywane są w przedstawionych wyżej pięciu etapach projektowania jednostki operacyjnej. Najpierw rozwiązywane są zadania problemu mechaniki jednostki operacyjnej w kolejnych etapach 1-5 stanowiące w efekcie projekt koncepcyjny obiektu sterowania w wariantach. Na podstawie wybranego wariantu projektu koncepcyjnego jednostki operacyjnej można sformułować zadanie sterowania oraz rozwiązać to zadanie w etapach 2-5.

Niektóre etapy projektowania obiektu i układu sterującego mogą być rozwiązywane równolegle. Trzeba pamiętać, że na etapach projektowania koncepcyjnego istnieje potrzeba prowadzenia uzgodnień projektantów mechaników i automatyków czy elektroników. Optymalne rozwiązania są przede wszystkim wynikiem efektywnej współpracy tych specjalistów w procesie projektowania jednostki operacyjnej sterowanej automatycznie.

Podstawowym celem analizy jest napisanie równań układu sterowania oraz sporządzenie schematu blokowego lub ideowego na podstawie danych fizycznych konkretnego lub zaprojektowanego układu. Dalsze działania analizy mają na celu zbadanie stabilności układu i wyznaczenie jego właściwości statycznych i dynamicznych przy różnych wymuszeniach i zakłóceniach działających na układ. Opis matematyczny poszczególnych elementów układu wymaga skrupulatnego przeanalizowania zasady działania, każdego z nich i znalezienia związków między parametrami wpływającymi na występujące zjawiska fizyczne. Szczególnie dużą uwagę należy skupić na elementach nietypowych i obiektach sterowania, których modele matematyczne decydują w sposób istotny o właściwościach całego układu.

Zadanie syntezy sprowadza się do wyznaczenia odpowiednich modeli matematycznych członów układu sterowania w celu otrzymania pożądaných właściwości układu.

W syntezie układów stosuje się metody analityczne i wykreślne, wykreślno-analityczne i częstotliwościowe w zależności od potrzeby. Dobrze zaprojektowany układ sterowania automatycznego charakteryzuje się nie tylko stabilnością, lecz również odpowiednim zapasem stabilności, np. zmieniających się na skutek wahań napięcia zasilającego lub starzenia się elementów.

Ujęcie teoretyczne wielu dużych i małych problemów opracowania metod sposobów obliczeniowych, metod badania i projektowania jest konieczne dla wprowadzenia i stosowania układów sterowania w praktyce.

W analizie i syntezie mechanizmów obiektu i zespołu sterującego należy kompleksowo ujmować zjawiska kinematyczne i dynamiczne rozpatrując model matematyczny całego układu. Zapewnienie jednostce operacyjnej optymalnych warunków eksploatacyjnych jest uwarunkowane uwzględnieniem w procesie projektowania wymagań technologicznych, konstrukcyjnych i ekonomicznych. Dotyczą one przede wszystkim zapewnienia wymaganych parametrów kinematycznych i dynamicznych mechanizmów głównych i pomocniczych. Parametry te zależą od rozwiązania konstrukcyjnego łańcuchów kinematycznych realizujących ruch, a także od rodzaju i jakości układu sterującego [7] jednostki. Projektant jednostki operacyjnej powinien mieć bardzo dobrze opanowaną dziedzinę teorii maszyn i mechanizmów, a także automatyki i elektroniki lub projektować ją w zespole z automatykiem i elektronikiem.

4. Aspekty socjalno-ekonomiczne rozwoju układów automatycznych

Wszystkie nowe tendencje objawiające się w miarę postępu automatyzacji przemysłu przeobrażają strukturę zatrudnionych (przejście od pracy fizycznej do umysłowej, od działalności wytwórczej do działalności twórczej, od pracy niewykwalifikowanej do pracy wysoko [kwalifikowanej]). Duży wpływ na złożoność pracy i kwalifikacje robotników ma stopień automatyzacji. Na przykład przy wprowadzaniu obrabiarek sterowanych numerycznie liczba robotników spada więcej niż o połowę, podczas gdy liczba technologów wzrasta o 25%. Właśnie tych 25% nowych technologów tworzy się z byłych wysoko kwalifikowanych robotników. Jest rzeczą bezsporną, że automatyzacja ma i może mieć korzystny wpływ na zmniejszenie liczby urazów pracowniczych, chorób zawodowych i innych niesprawności.

Całość efektów wynikających z automatyzacji procesów przemysłowych można podzielić na efekty ekonomiczne i pozaekonomiczne. Efekty ekonomiczne charakteryzują się tym, że wpływają na obniżkę lub wzrost kosztów własnych produkcji. Można je wyliczyć i ocenić za pomocą odpowiednich wskaźników [1]. Efekty pozaekonomiczne (nie wyliczalne) wkraczają w zakres wpływów np. na wzrost kultury pracy, polepszenie warunków zdrowotnych społeczeństwa itp. Przynoszą one pośrednio materialne korzyści jednostkom lub społeczeństwu.

LITERATURA

- [1] J. BUĆ, A. BIAŁECKI: Zastosowanie robotów przemysłowych w automatyzacji procesów technologicznych. Warszawa IMP 1981.
- [2] A. KACZMARCZYK: Roboty przemysłowe lat osiemdziesiątych. WKiŁ, Warszawa 1984.
- [3] M. OLSZEWSKI, J. BARCZYK, J.I. FALKOWSKI, W.J. KOŚCIELNY: Manipulatory i roboty przemysłowe. Automatyczne maszyny manipulacyjne. WNT, Warszawa 1985.
- [4] Robototechnika i gibkije awtomatizirowanije proizvodstwa. Uprawnenije robototeczniczeskimi sistemami i gibkimi awtomatizirownymi proizvodstwami. T. 1, 2, 3. Moskwa, Wysszaja Skola 1986.
- [5] M. SZAFARCZYK: Sterowanie maszyn technologicznych. WPW, Warszawa 1978.
- [6] N.K. ŠAPAREV: Avtomatizacija tipowych technologiczeskich processov metaobrabotki. Wyssza Skola. Kijev-Cdessa 1984.
- [7] Z. SZOPLINSKI: Automatyka stosowana. WKiŁ, Warszawa 1980.
- [8] D. STAWIARSKI: Automatykacja eksploatowanych obrabiarek. WNT, Warszawa 1984.

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МАШИНАМИ И ПРОМЫШЛЕННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

Резюме

Одна из основных закономерностей развития техники на современном этапе заключается во внедрении автоматического управления машинами и другими средствами производства. В докладе рассматриваются различные системы управления. Делается классификация уровней управления производственными процессами. Излагаются вопросы анализа и синтеза управляемых автоматических систем. Даны общие структуральные и функциональные схемы автоматического управления рабочими машинами излагаются проблемы управления гибкими производственными системами. Уделено большое внимание проблемам управления машинами и промышленными работами включающими электронную технику управления. Обращается также внимание на анализу социально-экономических аспектов развития систем управления.

THE PROBLEMS OF THE CONTROL OF MACHINES AND INSTALLATIONS

S u m m a r y

Implementation of automatically controlled machines and other means of productions is one of the main principles of the development of technology by now. Different systems of control have been considered in this paper. The classification of the levels of industrial processes control has been done. The problems of the analysis and synthesis of the systems under automatic control have been presented. The problems of flexible productive systems have been also included. A special attention has been paid to control of automatic machines and industrial robots including electronic technology. An attention has been also paid to social and economical problems of the development of the automatic systems.

Recenzent: Prof. dr inż. Tadeusz Tyrlik

Wpłynęło do redakcji 31.XII.1986 r.