

Podsekcja Informatyki Sekcji Informatyki, Automatyki  
i Pomiarów II Kongresu Nauki Polskiej

Dr hab. inż. Andrzej Grzywak

Biuro II Kongresu Nauki Polskiej  
wpłynęła data 23 IX 72 BM/14/72

Automatyzacja kompleksowa procesów produkcyjnych

Katowice, czerwiec 1972 r.

## Spis treści

1. Uwagi wstępne
2. Stan rozwoju badań podstawowych w zakresie kompleksowej automatyzacji procesów
3. Środki kompleksowej automatyzacji
4. Problemy oprogramowania maszyn cyfrowych sterujących procesami.
5. Problemy wireżeń przemysłowych systemów automatyzacji kompleksowej.
6. Wnioski końcowe.

## 1. Uwagi wstępne

Rzeczony nauki o systemach sterowania, przekazywaniu i tworzeniu informacji, doprowadził w ostatnich dziesięciu latach do powstania nowej dyscypliny naukowej mającej podstawowe znaczenie dla rozwoju techniki - automatyzacji kompleksowej.

Automatyzacja kompleksowa powstała jako gałąź wiedzy w pewnym sensie interdyscyplinarna obejmująca swym zakresem zagadnienia teorii sterowania procesami, zagadnienia struktur i środków umożliwiających kompleksowe sterowanie jak również problemy oprogramowania maszyn cyfrowych ~~sterujących procesami~~.

Referat niniejszy przedstawia stan obecny automatyzacji kompleksowej i jej perspektywy rozwoju w zakresie badań podstawowych, rozwoju środków automatyki kompleksowej i prac nad tworzeniem oprogramowania maszyn cyfrowych sterujących procesami.

## 2. Stan rozwoju badań podstawowych w zakresie kompleksowej automatyzacji procesów.

Automatyzacja kompleksowa jako wyodrębniona dziedzina techniki powstawała w oparciu o rozwój maszyn cyfrowych i środków przekazywania informacji.

W realizowanych technicznie systemach dążono do zastąpienia przez maszynę cyfrową zdolną do realizacji programów w czasie rzeczywistym, człowieka w jego czynnościach kontroli, nadzoru i sterowania.

W tym rozumieniu automatyzacja kompleksowa jest dziedziną wiedzy tworzącą podstawy do realizacji układów zastępujących człowieka w obsłudze złożonych procesów przemysłowych.

Należy zwrócić uwagę na ścisłe powiązanie rozwoju przemysłowego układów automatyzacji kompleksowej z rozwojem wytwarzania środków automatyki kompleksowej.

Dotyczy to przede wszystkim rozwoju mikroelektroniki, która pozwoliła w sposób opłacalny z punktu widzenia ekonomicznego i niezawodny z punktu widzenia technicznego realizować złożone struktury automatyzacji kompleksowej.

Sformalizowanie podstaw naukowych automatyzacji kompleksowej nastąpiło z pewnym opóźnieniem w stosunku do realizacji konkretnych układów automatyki kompleksowej, które były realizowane w początkowym okresie metodami projektowania inżynierskiego-intuicyjnego.

W wyniku kilkuletnich prac podstawowych w zakresie automatyzacji kompleksowej ustalono, że u podstaw tej nowej gałęzi wiedzy leżą trzy grupy zagadnień:

- analiza i synteza procesu sterowania, prowadzona metodami umożliwiającymi formułowanie zagadnienia sterowania w sposób nadający się do wprowadzenia do maszyny cyfrowej
- badanie elementów składowych procesu przemysłowego i systemu sterowania takich jak: modele składowe procesu, algorytmy obsługi procesu, systemy operacyjne maszyny cyfrowej sterującej procesem, programy użytkowe obsługujące proces,
- zagadnienia struktur układów sterowania i techniczno-technologicznych możliwości realizacji środków automatyki kompleksowej.

Efektem prac w wymienionym zakresie jest stworzenie podstaw naukowych umożliwiających sformalizowanie opisu różnych procesów przemysłowych w sposób pełny nie związany tylko z wycinkowymi modelami procesu.

Należy zwrócić uwagę na fakt, że większość procesów przemysłowych wymaga formalizacji opisu w stanach normalnej pracy, stanach awaryjnych i stanach rozruchu względnie zatrzymywania urządzeń technologicznych.

Tworzenie opisu procesów przemysłowych bazuje w pewnej części na konwencjonalnych w sensie matematycznym środkach jak równania algebraiczne, równania różniczkowe względnie różnicowe, metody analizy funkcjonalnej.

Znaczna część procesów technologicznych związana jest jednak z występowaniem pewnych czynności sekwencyjnych i czynności, w których występują powiązania logiczne /np. zagadnienia występujące w sieci transportowej kopalni głębinowej/.

Dla tych przypadków konwencjonalne środki matematyczne nie pozwalają stworzyć opisu procesu i w tych przypadkach różne formy zapisu graficznego umożliwiają rozwiązanie problemu.

Omawiając problem tworzenia modeli procesów technologicznych należy zwrócić uwagę, że z punktu widzenia historycznego początkowo w zagadnieniach kompleksowych systemów sterowania stosowano modele procesu statystyczne. Była to próba traktowania procesu technologicznego jako czarnej skrzynki i statystycznego badania zależności interesującej cechy procesu i parametrów mających na nią wpływ.

Podejście takie wynikało z braku dogłębnego poznania strony fizycznej procesu i mimo pozornej wygody postępowania stwarzało zasadnicze trudności w przypadku zmiany technologii procesu. Jakkolwiek bowiem zmiana technologii wymagała zmiany modelu co związane było z żmudnymi badaniami statystycznymi nowych warunków.

Wady tej pozbawiona jest obecnie stosowana metoda tworzenia modeli typu fizyko-chemicznego, które umożliwiają dokonywanie zmian w procesie bez konieczności opracowywania nowego modelu.

Analiza i synteza procesów przemysłowych realizowana podanymi powyżej metodami stanowi jeden z elementów teorii automatyzacji kompleksowej. Istotnymi dla realizacji systemów kompleksowego sterowania stają się również zagadnienia ustalenia algorytmów obsługi procesu i oprogramowanie maszyn cyfrowych sterujących tymi procesami.

Struktury współczesnych systemów kompleksowej automatyzacji, które będą omówione w następnym punkcie referatu mają z reguły budowę modułową. Dla obsługi tego typu struktur konieczne jest rozwiązywanie zagadnienia programu operacyjnego maszyny, który umożliwia przy dowolnym skonfigurowaniu struktury na obsługę wszystkich jego elementów.

Programy operacyjne stanowią ustalony element współczesnych systemów kompleksowej automatyzacji, które determinują niezawodność i efektywność pracy systemu.

Przy istnieniu programów operacyjnych dla każdego systemu automatyzacji kompleksowej konieczne jest tworzenie związanych z technologią procesu programów użytkowych.

Stало się to między innymi punktem wyjścia do prac teoretycznych w zakresie języków zorientowanych i matematycznych podstaw programowania. Wy tej dziedzinie dąży się do opracowania metod tworzenia programów za pomocą systemów konwersacyjnych w których operator wprowadza do maszyny jedynie przeznaczenie programu i dane procesu. Prace te nie są jednak zbyt daleko zaawansowane.

Rozwinięciem technicznym tego rodzaju struktur było wprowadzenie rozwiązań w których MC wymuszała własnym ustalonym cyklem kontakt z obiektem. Było to wprowadzenie do układów automatyki kompleksowej wielopozycyjnych komutatorów.

Obecny stan rozwoju struktur automatyki kompleksowej odbiega w zasadniczy sposób od opisanego powyżej dwu rozwiązań.

Praktycznie realizowane na obecnym etapie rozwoju struktury układów automatyki kompleksowej zakładają asynchroniczną pracę MC w ten sposób, że obiekt wymusza pracę jednostki centralnej.

Organizacja interfac'u maszyny zorganizowana jest w postaci rozwiązania modułowego /kart/, przy czym przyjęta jest zasada, że jakkolwiek zmiana stanu obiektu powoduje przerwanie na odpowiednim poziomie priorytetowym pracy maszyny.

Tego typu struktury w zasadniczy sposób upraszczają sposób komunikowania się MC z obiektem.

Prace w zakresie struktur układów kompleksowych wiązały się w sposób nierozdzielny z rozwojem MC stosowanych do sterowania procesami.

Współpraca MC stosowana do sterowania /tzw. minikomputer/ wykazuje następujące cechy funkcjonalne:

- budowę modułową,
- ustalenie listy rozkazów maszyny w sposób preferujący operacje logiczne,
- wyposażenie maszyny w kanały informacyjne,
- wprowadzenie do bloku komunikacji maszyny z obiektem bufora priorytetów z maskowaniem programowym dowolnego poziomu,
- organizację struktury umożliwiającą transferowanie informacji w możliwie dużym zakresie poza arytmetycznym,
- wyposażenie jednostki centralnej w bezpośredni dostęp do dużej i szybkiej pamięci operacyjnej /DMA/,
- wyposażenie jednostki centralnej w bogaty zestaw urządzeń peryferyjnych umożliwiających jej kontakt z operatorem.

Należy podkreślić, że współczesne minikomputery realizowane są z reguły nowoczesnymi technologiami. Polski stan rozwoju struktur automatyki kompleksowej można scharakteryzować w sposób następujący:

- Realizowane w kraju układy automatyzacji kompleksowej bazują na strukturach pracujących wg zasady wymuszania cyklu pracy maszyny przez obiekt. Odpowiada to aktualnemu poziomowi światowemu w tym zakresie.
- Jednostki centralne stosowane do sterowania lub projektowane do stosowania realizowane są technologiami z lat sześćdziesiątych.

Rozwiązywane są one w oparciu o elementy scalone w zasadzie podstawowej integracji serii TTL, obwody drukowane ~~dwustronne~~ i pamięci operacyjne typu ferrytowego.

Jednostki te wyposażone są w bardzo ograniczony zestaw urządzeń peryferyjnych. Brak jest z reguły display'i monitorowych, pamięci dyskowych z głowicami stałymi i współczesnych środków indykacji stanu obiektu.

Polska technika realizacji środków automatyki kompleksowej może być określona w sposób następujący:

- realizacja oparta o elementy scalone podstawowej integracji /IC/ serii TTL, co odpowiada istnieniu do 10 bramek na płytce, czasowi propagacji 10 ns i poborowi mocy przez element rzędu 10 mW,
- budowie MC w oparciu o obwody dwustronne drukowane z metalizacją otworów,
- wyposażeniu maszyn w pamięci ferrytowe o czasie dostępu rzędu 1  $\mu$ s - 15  $\mu$ s

Światowe tendencje w tym zakresie przyjmują stosowanie elementów dużej integracji /LSI/ posiadających powyżej 1000 bramek na jednej płytce.

Uwidacznia się również ogólnoświatowa tendencja do tzw. stosowania w MC elementów scalonych typu ECL pracujących bez wprowadzania tranzystorów w stan nasycenia. Elementy te pracują z czasem propagacji poniżej 1 ns.

Zasadnicza różnica pomiędzy stanem rozwiązań polskich minikomputerów a stanem światowym uwidacznia się w zakresie pamięci operacyjnych.

Tendencje światowe przyjmują wprowadzenie do maszyn cyfrowych szybkich pamięci operacyjnych typu MOS lub bipolarnego.

Pamięci tego typu pracują z czasem dostępu rzędu 50 ns.

Należy podkreślić, że wprowadzenie pamięci półprzewodnikowych datuje się

już od 1969 r. gdy firma IBM wprowadziła do seryjnej maszyny typu 360/85 pamięć typu RAM /pamięć o stałym dostępie/ dla realizacji mikrooperacji

W latach 1970 istniały już maszyny całkowicie wyposażone w pamięci półprzewodnikowe.

Technologia budowy maszyn w oparciu o elementy typu ECL dużej integracji, pamięci operacyjne półprzewodnikowe i obwody drukowane wielowarstwowe w zasadniczy sposób podnosi niezawodność pracy tych urządzeń, przyspiesza ich pracę, obniża koszty wytwarzania i stwarza nowe możliwości w zakresie oprogramowania. W zakresie technologii realizacji interfac'u przemysłowego maszyn cyfrowych rysuje się w świecie tendencja rozwiązywania go w oparciu o elementy scalone wysokoprogowe serii HTL o dużym zakresie odporności na zakłócenia przemysłowe. Krajowy przemysł elektroniczny nie ma praktycznie żadnego dostępu do tego typu elementów.

O rozwoju technologicznym w zakresie elementów świadczą dane firmy Texas z roku 1970. Według tych danych profil produkcji tej firmy kształtował się wg następujących zasad:

Elementy podstawowej integracji	IC - 9%
Elementy średniej integracji	MSI - 40%
Elementy dużej integracji	LSI - 42%
Pamięci o swobodnym dostępie	RAM - 3%
Pamięci stałe	ROM - 6%

Należy zwrócić uwagę, że polski przemyśł elektroniczny nie dysponuje w pełni swobodnym dostępem do elementów podstawowej integracji. Zagadnienia technologiczne w zasadniczy sposób ograniczają rozwój prac w zakresie środków automatyki kompleksowej.

#### 4. Oprogramowanie systemów automatyki kompleksowej

Drugim poza rozwiązaniami hardwareowymi problemem automatyzacji kompleksowej jest problem oprogramowania systemów sterujących procesami przemysłowymi. Klasyfikując prace z tego zakresu, ~~opracowania~~ można wyróżnić następujące elementy tych prac:

- problemy języków MC od strony gramatyki i składni,
- rozwój struktur języków,
- organizację pracy programów w MC,
- systemy współpracy programów.

W zakresie języków systemy kompleksowego sterowania wykorzystują obecnie języki wewnętrzne maszyny lub języki typu assembler. W pewnych fragmentach uwidacznia się tendencja wykorzystywania języków typu autokodu /np. Fortran, Algol/ do programowania zagadnień sterowania procesem.

Obecny rozwój prac z zakresu oprogramowania wykazuje wyraźnie braki w zakresie języków zorientowanych i języków konwersacyjnych przystosowanych do zagadnień automatyki kompleksowej.

Stan obecny prac z zakresu oprogramowania maszyn cyfrowych sterujących procesami, można by scharakteryzować w następujący sposób:

1. Oprogramowanie maszyn cyfrowych sterujących procesami kompleksowymi bazuje w zasadniczym stopniu na językach wewnętrznych maszyn i językach typu assembler.
2. Systemy oprogramowania z reguły przyjął istnienie dla MC sterujących procesami programów operacyjnych umożliwiających blokowe konfigurowanie programów i pełną obsługę urządzeń interfac'u.



### 3. Nowoczesne programy operacyjne umożliwiają lokowanie bloków informacyjnych w dowolnych optymalnie dobranych obszarach pamięci MC.

Polskie maszyny cyfrowe przewidziane do celów automatyki kompleksowej wyposażone są zasadniczo tylko w możliwości programowania w językach wewnętrznych lub językach typu assembler o stałej adresacji.

Konieczny jest rozwój prac z zakresu podstaw teoretycznych programów operacyjnych, systemów oprogramowania umożliwiających dynamiczne lokowanie bloków informacyjnych w pamięci operacyjnej maszyny.

Wyraźną perspektywą prac z zakresu softwar-u maszyn cyfrowych sterujących procesami jest również stworzenie możliwości pracy wieloprogramowej maszyny w systemie pracy w interrapcie urządzeń zewnętrznych.

Również konieczny jest rozwój języków zorientowanych przystosowanych do problemów sterowania.

Należy równocześnie podkreślić ścisły związek jaki istnieje między rozwojem hardware'u i oprogramowania MC.

Nowoczesny hardware stwarza pełniejsze możliwości w racjonalnym oprogramowaniu maszyny.

### 5. Problemy udrożeń przemysłowych systemów automatyzacji kompleksowej

Realizacja przemysłowa systemów automatyzacji kompleksowej jest przedsięwzięciem złożonym, wymagającym współdziałania specjalistów wielu branż i zaangażowania poważnych środków technicznych i organizacyjnych.

Z tego względu problem ten wymaga ustalenia metody postępowania, pozwalającej na skuteczną realizację określonych przedsięwzięć przemysłowych.

Wprowadzenie do eksploatacji konkretnych układów automatyzacji kompleksowej wymaga z reguły prac związanych z ustaleniem celu technicznego i ekonomicznego automatyzacji, prac związanych z identyfikacją procesu i ustaleniem jego modelu, oszacowaniem obiektu, skonfigurowaniem systemu automatyzacji odpowiadającego konkretnym warunkom technicznym oraz oprogramowania jednostki centralnej w sposób umożliwiający realizację zadanego algorytmu sterowania.

W Polsce prace nad automatyzacją kompleksową konkretnych obiektów przemysłowych rozpoczęto w latach 1969 - 1974. Realizacja tych prac doprowadziła do wypracowania ustalonej metody działania. Metoda ta polega na zakończeniu prac wstępnych nad automatyzacją obiektu przemysłowego, wykonaniem jego modelu i przeprowadzeniem na nim badań opracowanego algorytmu sterowania.

Taki sposób postępowania pozwala wykryć istniejące niedociągnięcia w konfiguracji systemu i w algorytmie sterowania.

Sposób ten pozwala również na najbardziej przejrzyste przedstawienie problemu kompleksowej automatyzacji technologon, którzy ustalając różne sytuacje produkcyjne mogą doświadczalnie ocenić przydatność opracowanego algorytmu sterowania.

Badania modelowe układów automatyzacji kompleksowej przed ich wdrożeniem przemysłowym stanowią bez wątpienia istotny dorobek polskich prac z tego zakresu.

Analizując rozwój prac wdrożeniowych systemów automatyzacji kompleksowej można stwierdzić, że dotyczą one wielozakości branż przemysłowych.

W referacie omawiane zostaną tylko niektóre przemysłowe zastosowania automatyzacji kompleksowej.

Rozpatrując to zagadnienie z punktu widzenia historycznego należy zauważyć że automatyzacja kompleksowa w Polsce była wprowadzona w pierwszej kolejności do górnictwa węglowego.

Kopalnia węgla z punktu widzenia technicznego i ekonomicznego jest bowiem szczególnie predysponowana do wprowadzenia automatyzacji kompleksowej.

Wynika to przede wszystkim z dużej jednorodności procesów technologicznych występujących w kopalni dużej koncentracji produkcji oraz wysokiego modułu kosztów robocizny w kosztach produkcji.

Zasadniczym celem automatyzacji kompleksowej w górnictwie jest:

- maksymalizowanie w określonych przedziałach czasu /np.doby/ strugi urobku opuszczającej kopalnię przez optymalne sterowanie systemem transportu poziomego i pionowego,
- sterowanie systemem przewietrzania kopalnią, zwłaszcza w stanach awaryjnych /pożar lub wyrzuty metanu/ w sposób zmniejszający zagrożenie dla ludzi zatrudnionych na dole,
- sterowanie zakładem przeróbki mechanicznej węgla w ten sposób, aby podnieść jakość produktu /węgiel o odpowiedniej czystości i małym zapopleniu/.

Praktycznie zrealizowany w r 1970 układ kompleksowej automatyzacji kopalni JAN wykazał możliwość realizacji podanych powyżej celów.

Zasadnicze efekty ekonomiczne uzyskiwane są przez realizację pierwszego celu automatyzacji.

W oparciu o badania ruchowe zrealizowanego systemu można wykazać, że automatyzacja kompleksowa zwiększa wykorzystanie maszyn urabiających /kombajny, strugi węglowe/ o około 10% oznacza to, że wydobyte dobowe kopalni wzrasta przy tych samych środkach technicznych i ludzkich w tym samym stosunku.

Pozytywne wyniki pracy systemu automatyzacji kompleksowej w kopalni JAN stały się podstawą do zrealizowanego obecnie planu wdrażania tych systemów do kilku dużych kopalń PW posiadających złożone układy transportu dolowego. Przyjmuje się, że docelowo wszystkie kopalnie o produkcji powyżej 8000 t/anną będą objęte systemami automatyzacji kompleksowej.

Poza górnictwem daleko zaawansowane prace nad automatyzacją kompleksową wykazuje hutnictwo żelaza i stali. W hutnictwie planowane jest wprowadzenie kompleksowych systemów sterowania do takich procesów jak:

- walcowanie blach i taśm,
- wytop konwertorowy stali,
- procesy spiekalnico,

Jako instalację pilotującą w Zjednoczeniu Hutnictwa Żelaza i Stali realizowany jest układ automatyzacji kompleksowej walcarki taśmy w Hucie FLORIAN.

Należy podkreślić, że celem automatyzacji kompleksowej w hutnictwie jest zwiększenie wydajności procesu, poprawa jakości produktu oraz zwiększenie uzysku przez lepsze dotrzymywanie tolerancji wymiarowych wyrobów.

Szacuje się, że np. układy automatyzacji kompleksowej walcowni blach grubych przyniosą efekty roczne rzędu 60 - 70 mil. zł tylko na skutek zwiększenia uzysku produkcji.

Podobne jak w hutnictwie celem automatyzacji kompleksowa wprowadzana do takich branż przemysłowych jak chemia, huty szkła, cementownie.

Bardzo istotne z punktu widzenia możliwości uzyskania dużych efektów ekonomicznych są prowadzone w kraju prace nad automatyzacją kompleksową transportu.

Z tego zakresu należy wymienić realizowane w kraju prace nad automatyzacją dużych okręgów kolejowych i prace związane z kompleksową automatyzacją siłowni okrętowych.

## 6. Wnioski końcowe

Przedstawiona w referacie analiza prac prowadzonych w zakresie zagadnień związanych z automatyzacją kompleksową stanowi wstępną próbę ujęcia tego zagadnienia od strony prac teoretycznych, prac związanych ze środkami automatyki i zagadnieniami wdroteń w warunkach przemysłowych.

Przedstawione w referacie materiały pozwalają sformułować następujące wnioski końcowe:

1. Automatyzacja kompleksowa jest dziedziną nauki i techniki mającą zasadniczy wpływ na przemysłowe procesy technologiczne w sensie ich modernizacji i zwiększenia wydajności.  
Z tego powodu prace związane z zagadnieniami automatyzacji kompleksowej powinny być rozwijane i intensyfikowane.
2. W zakresie prac teoretycznych należy szczególny nacisk położyć na stworzenie matematycznych podstaw oprogramowania maszyn cyfrowych sterujących procesami, rozwoju systemów konwersacyjnych i rozwinięcia prac związanych z rozwojem języków zorientowanych.
3. Rozwój struktur układów automatyzacji kompleksowej wymaga uwolnienia dostępną w kraju bazy mikroelektroniki.  
Współczesne maszyny sterujące procesami przemysłowymi muszą być oparte o elementy scalone średniej lub dużej integracji, pamięci operacyjno typu monolitycznego.

Sugeruję, aby podane w pkt. 1 do 3 kierunki prac badawczych zostały włączone do programowego referatu przygotowywanego na II Kongres Nauki Polskiej.