

**BIULETYN
PRZEMYSŁOWEGO
INSTYTUTU AUTOMATYKI
I POMIARÓW
- MERA - PIAP -**

1-2/39/40 1973



ZJEDNOCZENIE PRZEMYSŁU
AUTOMATYKI I APARATURY
POMIAROWEJ „MERA”



SPIS TREŚCI

1. H. Bagińska, A. Niederliński, M. Strokowski – Problemy identyfikacji i automatyzacji filtrów próżniowych w procesie sodowym	5
2. A.V. Semke – Automatyzacja produkcji sody kalcynowanej	21
3. V.J. Żuplew – System zautomatyzowanego sterowania bezopadowym cięciem wyrobów walcowanych	31
4. W.A. Litwinow, G.A. Kozlik, T.P. Dejnicko, Ju.S. Filimnow – Aparat przekształcania form informacji przy sprzężeniu elektronicznej maszyny cyfrowej z obiektem	39
5. B. Horwat – Ogólna charakterystyka wybranych podsystemów Modułowego Systemu Automatyki Cyfrowej (SMA)	47
6. M. Piernikowska – Program sterujący systemu Odra 1325–SMA	57
7. R. Fudala – Odra 1325 – Organizacja logiczna i główne parametry użytkowe	63
8. M. Pociask, A. Rej – System kompleksowej automatyzacji kopalń z użyciem maszyny cyfrowej	79
9. R. Sawwa, J. Witkowski – Algorytm i program optymalnego „rozdziału obciążeń” równoległych urządzeń technologicznych na przykładzie kolumn karbonizacyjnych (komunikat)	87
10. M. Staszczak – Analiza koncepcji sterowania procesem rektyfikacji alkoholu etylowego przy pomocy algorytmu minimalizującego koszt jednostkowy rektyfikatu	99
11. E.A. Melikow, P. A. Aliew – Układ optymalnego sterowania procesem rektyfikacji ekstrakcyjnej	115
12. R. Marcinkowski – Wstępny model statyczny kolumny karbonizacyjnej (komunikat)	125
13. J. Kopaczyk – Przyrządy pomiarowe użyte do automatyzacji maszyny papierniczej w Ostrołęckich Zakładach Celulozowo-Papierniczych	135
14. Kronika	143

mgr inż. Marek POCIASK

mgr inż. Andrzej REJ

Zakłady Konstrukcyjno-Mechanizacyjne

Przemysłu Węglowego

Katowice

SYSTEM KOMPLEKSOWEJ AUTOMATYZACJI KOPALŃ Z UŻYCIEM MASZYNY CYFROWEJ

1. Zadania kompleksowej automatyzacji w górnictwie węglowym

Zakłady Konstrukcyjno-Mechanizacyjne Przemysłu Węglowego prowadzą prace poświęcone kompleksowej automatyzacji kopalń.

Kopalnia jest obiektem szczególnie trudnym dla automatyzacji zarówno ze względu na specyficzne cechy procesu technologicznego, jak i ze względu na szczególne wymagania dotyczące warunków BHP.

System kompleksowej automatyzacji według koncepcji ZKMPW jest zespołem środków technicznych i organizacyjnych wiążących proces wydobywczo-przerobczy w jedną całość kontrolowaną i sterowaną centralnie ze względu na interes kopalni jako całości. W związku z powyższym system kompleksowej automatyzacji powinien spełniać następujące funkcje:

- W zakresie procesu wydobywania - maksymalizować strumień urobku poprzez umożliwienie bieżącego nadzoru, centralnego sterowania i automatycznego podejmowania optymalnych decyzji.
- W zakresie BHP - minimalizować ilość wypadków i zagrożeń poprzez automatyczne wykrywanie przekroczeń parametrów BHP, automatyczną regulację sieci wentylacyjnej i prognozowanie zagrożeń.
- W zakresie usprawnienia zarządzania - prowadzić automatyczną ewidencję ilości produkcji w węzłowych punktach, ewidencję ruchu załogi oraz chronometraż pracy maszyn i urządzeń.

Bieżąca kontrola procesu wydobywania jest utrudniona ze względu na duże odległości pomiędzy poszczególnymi jego ogniwami, jak również ze względu na złożoność technologii górniczej. Wystarczy tu powiedzieć, że średnia długość obwodu teletechnicznego w dyspozytoriach kopalnianych wynosi 3,5 km, a ilość informacji niezbędna dla automatyzacji jednej tylko ściany wydobywczej przekracza 1000 bitów. Z tych też względów oddzielne ogniwa procesu technologicznego automatyzowane są z pomocą tzw. automatów lokalnych, takich jak ASI i Besta dla ścian wydobywczych, PL1OR dla systemów taśmociągowych oraz WTFT dla węzłów trakcji. Zbiorcze informacje o działaniu tych układów są przesyłane do jednostki centralnej.

Charakterystyczną cechą kopalni jako obiektu automatyzacji jest silnie rozwinięta sieć transportu. Od sprawnej pracy tej sieci zależą w dużej mierze wyniki pracy kopalni. Analiza ekonomiczna wykazuje, że optymalizacja pracy sieci transportowej może przynieść efekty rzędu 10% wzrostu wydobywania bez dodatkowych nakładów na urządzenia. Dodatkowym utrudnieniem dla automatyzacji jest konieczność spełnienia przez urządzenia dołowe warunków iskrobezpieczeństwa oraz innych wymagań wynikających z szczególnie trudnych warunków pracy.

2. Zestaw środków technicznych koniecznych dla realizacji zadań sterowania kompleksowego

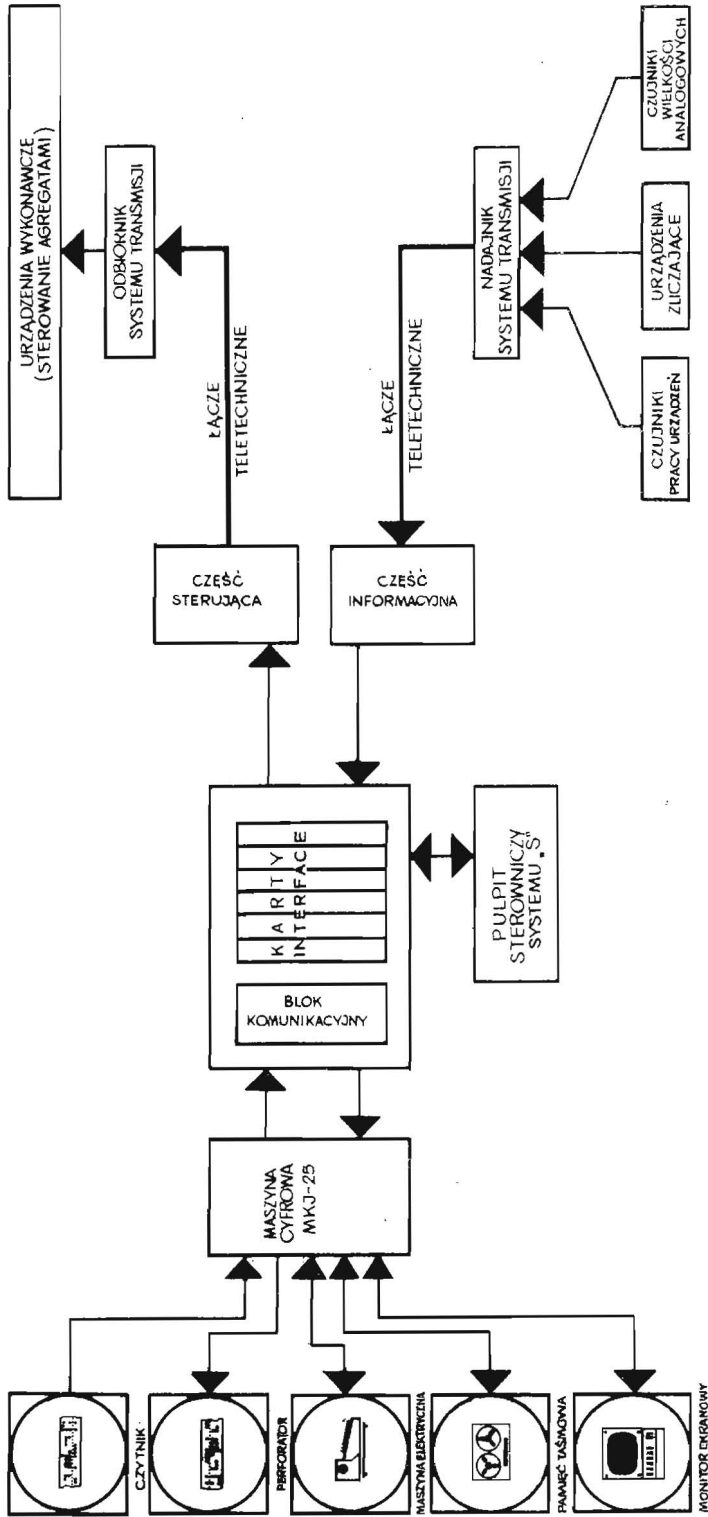
Wprowadzenie systemu automatyzacji kompleksowej wymaga wyposażenia automatyzowanego obiektu w zestaw środków niezbędnych dla realizacji zadań sterowania. W odniesieniu do przemysłu węglowego dotyczy to zarówno pełnej mechanizacji prac dołowych jak i systemów zbierania i przekazywania informacji dla celów sterowania. Na rys. 1 przedstawiono schemat blokowy systemu kompleksowego sterowania kopalnią. Wszystkie obiekty ciągu technologicznego, takie jak maszyny urabiające, obudowy i urządzenia transportowe wyposażone są w układy automatyki lokalnej.

Automaty lokalne pozwalają z jednej strony na autonomiczną pracę tych obiektów, z drugiej zaś umożliwiają zdalne sterowanie za pośrednictwem sygnałów przekazywanych z centralnego punktu sterowania.

Sygnały o stanie pracy układów automatyki lokalnej przesyłane są za pośrednictwem systemu transmisji do centrum sterowania kopalnią. Na podstawie danych otrzymanych z obiektu w oparciu o ustalone algorytmy sterowania wypracowywane są decyzje sterujące, które w formie rozkazów przekazywane są do urządzeń wykonawczych, zainstalowanych w obiekcie. Ze względu na dużą ilość informacji wejściowych oraz konieczność zapewnienia dużej szybkości działania jedynie właściwą realizację algorytmów sterowania może zapewnić zastosowanie cyfrowej maszyny sterującej.

Maszyna cyfrowa przeznaczona do sterowania wyposażona jest w specjalistyczny kanał współpracy z obiektem oraz w system przerywań priorytetowych. W kanale współpracy z obiektem pracują urządzenia umożliwiające przyjmowanie informacji z obiektu oraz wstępną obróbkę i selekcję danych. Kanał ten wyposażony jest w zegar czasu realnego. System przerywań priorytetowych daje możliwość zewnętrznej ingerencji w pracę maszyny cyfrowej, dzięki czemu maszyna cyfrowa może wykonywać szereg funkcji o różnej hierarchii ważności. Zgodnie z tą hierarchią każdej funkcji przyporządkowany jest odpowiedni poziom priorytetowy. Pojawienie się sygnału na wyższym poziomie przerywa program wykonywany na poziomach niższych. Po zakończeniu programu priorytetowego maszyna kontynuuje przerywany program przyporządkowany niższemu priorytetowi.

System przerywań priorytetowych zapewnia możliwość pracy w czasie rzeczywistym. Zbieranie i przesyłanie informacji dla celów kompleksowej automatyzacji kopalni odbywa się z pomocą częstotliwościowego systemu transmisji typu TFF, opracowanego w ZKMPW. Istotą przekazywania informacji w tym systemie jest przekształcanie sygnałów binarnych na sinusoidalny sygnał o określonej częstotliwości.



SYSTEM KOMPLEKSOWEJ AUTOMATYZACJI TYPU »S« SCHEMAT ORGANIZACYJNY

Rys. 1.

Sygnaly o r3nych częstotliwościami, za pośrednictwem nadajnika, przesyłane są wspólną parą przewodów, a następnie rozdzielane przy pomocy filtrów elektrycznych w odbiorniku. W ten sposób na jedną parę przewodów przypadają 24 rozdzielone częstotliwościowe binarne sygnaly.

Zespół nadajnika, odbiornika i zasilacza, przeznaczony do pracy w obiekcie, nazwano stacją lokalną. Stacje lokalne umieszcza się w pobliżu kontrolowanego węzła technologicznego tak, by średnia długość przewodów doprowadzających pojedynczo informacje była minimalna.

Sygnaly analogowe przetwarzane są w stacji lokalnej na cyfrowe i w tej postaci przesyłane na powierzchnię. W przypadku, gdy liczba binarnych sygnalów w stacji lokalnej przekracza ilość kanałów częstotliwościowych, następuje dalsze rozszerzenie pojemności systemu poprzez zastosowanie krotnie rozdzielczo-czasowych.

Ze stacji lokalnych sygnaly przesyłane są w postaci częstotliwościowej do centrum, gdzie zamienia się je powtórnie na postać binarną. W analogiczny sposób odbywa się przesyłanie rozkazów w przeciwną stronę. Układ TFF posiada możliwość testowania poprawnej pracy kanałów przez MC bez przerywania pracy systemu.

Dla sprzężenia obiektu z MC zastosowano urządzenie UZO-4 obsługujące specjalistyczny kanał wejścia-wyjścia minikomputera. Urządzenie UZO-4 przystosowane jest w szczególności do współpracy z minikomputerem MKJ-25 i dokonuje transferu danych przez standard interface zawierający:

- 16 bitów informacji wejściowej
- 16 bitów informacji wyjściowej
- 8 bitów adresowania
- 5 sygnalów obsługi
- 4 poziomy przerywania
- 5 sygnalów zajętości poziomów przerywania

Struktura urządzenia sprzężenia z obiektem UZO-4 zawiera blok komunikacyjny i standardowe karty interface podłączone równolegle do magistrali wejścia oraz magistrali wyjścia. Zadaniem bloku komunikacyjnego UZO-4 jest wprowadzanie i wyprowadzanie informacji z kart oraz formowanie sygnalów przerywających pracę procesora. Dokonuje on deszyfracji adresów, selekcji priorytetów oraz generuje impulsy wpisujące dane i zerujące zgłoszenia na kartkach interface.

Karty interface są produkowane dla określonych rodzajów wejść i wyjść. Szeroki asortyment kart interface UZO-4 umożliwia w praktyce realizację każdej konfiguracji systemu cyfrowego sterowania. Każdej karcie odpowiada moduł software, który wiąże się w maszynie cyfrowej z programem użytkowym przez program operacyjny UZO.

Poszczególne karty interface pracujące z przerywaniem priorytetowym są podłączone do jednego z czterech poziomów przerwań, dostępnych w UZO-4 zależnie od sposobu i czasu obsługi przerywania. W kanale przemyślowym UZO-4 można zestawiać dowolne kombinacje kart interface, przy czym hierarchia obsługi na tym samym poziomie wyznaczona jest przez odpowiednie okablowanie kasety. Czas transferu 16-bitowego słowa z UZO do procesora wynosi około 0,5 μ s. Czas potrzebny w UZO na wygenerowanie sygnalu przerywania i rozpoznanie adresu zgłoszenia wynosi około 1 μ s.

3. Zadania maszyny cyfrowej w systemie kompleksowego sterowania kopalnią

Informacje przekazywane z obiektu do centrum sterowania można podzielić na trzy grupy:

- Informacje dotyczące sytuacji technologicznej obiektu; do grupy tej zalicza się sygnały cyfrowe informujące o stanie pracy poszczególnych urządzeń oraz sygnały licznikowe określające pewne wielkości charakterystyczne dla przebiegu procesu technologicznego, np. położenie maszyny urabiającej w ścianie, ilość wydobytych skipów, zapelnienie zbiorników wyrównawczych, zużycie energii elektrycznej itp.
- Informacje o stanie gotowości urządzeń do pracy. Informacje te określają miejsce i rodzaj awarii każdego z urządzeń wchodzących w skład ciągu technologicznego. Znajomość stanu gotowości urządzenia zapobiega wysłaniu sygnału rozruchu do urządzeń uszkodzonych.
- Informacje o stanie zabezpieczeń BHP. Zalicza się tu sygnały cyfrowe o przekroczeniu wartości granicznych oraz sygnały analogowe takie jak stężenie CO i CH₄ we wszystkich punktach pomiarowych, kąt otwarcia tam wentylacyjnych, wydajność pomp odwadniających itp.

Współpraca maszyny cyfrowej z obiektem odbywa się za pośrednictwem kanału informacyjnego oraz systemu przerw priorytetowych. System przerw umożliwia pracę w czasie rzeczywistym oraz pozwala na hierarchizację zadań wykonywanych przez maszynę cyfrową w procesie sterowania kompleksowego.

Najwyższy priorytet przyporządkowany jest funkcjom związanym z kontrolą zabezpieczeń BHP. Maszyna cyfrowa prowadzi bieżącą rejestrację takich parametrów, jak temperatura, ciśnienie, stężenie CO i CH₄ itp. Fakt przekroczenia przez te parametry wartości granicznych jest sygnalizowany włączeniem odpowiedniego sygnału alarmowego, jednocześnie w wyniku realizacji odpowiedniego algorytmu maszyna cyfrowa wypracowuje ciąg decyzji sterujących, których celem jest usunięcie nieprawidłowych sytuacji. Kolejny priorytet przyporządkowany jest funkcjom sterowania. Możliwości sterowania ujawniają się w pełni w czasie postojów technologicznych lub awarii. Algorytm sterowania wykorzystuje zarówno informacje dostarczone z czujników zainstalowanych w obiekcie, jak również pewne stałe charakterystyczne dla danego procesu technologicznego (np. średnie natężenia przepływu urobku w magistralach transportowych). W wyniku realizacji algorytmu sterowania maszyna cyfrowa wydaje ciąg decyzji sterujących zmierzających do osiągnięcia stanu obiektu najbardziej korzystnego z punktu widzenia sytuacji technologicznej. W przypadku awarii będzie to ciąg decyzji zmierzających z jednej strony do minimalizacji skutków awarii, z drugiej zaś do jak najszybszego usunięcia uszkodzeń.

Na podstawie informacji uzyskanych z obiektu przeprowadzone jest programowanie przebiegu technologicznego na najbliższy okres. W opracowaniu prognoz wykorzystywane są dodatkowe dane pochodzące z obliczeń statycznych przeprowadzonych przez maszynę. Dane te dotyczą między in-

nymi średnich czasów awarii poszczególnych urządzeń, średnich czasów postojów technologicznych, średnich wydajności maszyn urabiających itp. Dane statystyczne podlegają bieżącej aktualizacji.

Wszelkie informacje dotyczące przebiegu procesu technologicznego udostępniane są w postaci raportów drukowanych automatycznie przez maszynę cyfrową. Po zakończeniu każdej zmiany drukowany jest raport zmiany. W raporcie tym podawane są wielkości charakterystyczne dla przebiegu procesu technologicznego, np. wielkość wydobycia, urobek poszczególnych ścian wydobywczych, ilość skipów, czasy pracy i postojów poszczególnych urządzeń itp. Po zakończeniu każdej doby drukowany jest raport dobowy, zawierający ważniejsze informacje, takie jak: wielkość wydobycia na poszczególnych zmianach, wykonanie dziennego planu wydobycia, wydajność dołowa.

Wykonanie funkcji związanych ze sterowaniem kompleksowym kopalni nie zajmuje całego czasu dyspozycyjnego maszyny cyfrowej. Pozostały czas pracy maszyny sterującej przeznaczony jest na wykonywanie programów testujących. Programy te dotyczą głównie urządzeń peryferyjnych oraz układów logiki samej maszyny. Wykrycie błędnego działania któregoś z elementów sygnalizowane jest odpowiednim wydrukiem na monitorze współpracującym z maszyną cyfrową.

W miejsce programów testujących możliwe jest wprowadzenie programów użytkowych. Programy te wykonywane są w czasie, w którym maszyna cyfrowa nie pracuje dla potrzeb sterowania.

Przykład realizacji systemu kopalni "Jan"

Po raz pierwszy system kompleksowej automatyzacji realizowano kopalni "Jan". Pozwoliło to sprawdzić słuszność założeń systemu oraz środki techniczne przeznaczone dla jego realizacji. Proces technologiczny w kopalni "Jan" jest w pełni zautomatyzowany przy pomocy układów automatyzacji lokalnej. Prosta struktura procesu wydobywczego kopalni "Jan" umożliwiła przy stosunkowo niewielkiej pamięci maszyny (4k) i prostym oprogramowaniu zebrać szereg cennych informacji dotyczących działania, współpracy i oprogramowania, które zostały bezpośrednio wykorzystane przy projektowaniu systemu kompleksowej automatyzacji na innych kopalniach. Określono formę wydruku raportów i informacji o przebiegu sterowania.

W skład podstawowych urządzeń systemu w kopalni "Jan" wchodzi:

- zestaw czujników i sterowników,
- system dwukierunkowej transmisji sygnałów typu TFF, wyposażony w pięć stacji lokalnych,
- pamięć buforowa umożliwiająca współpracę maszyny cyfrowej z obiektem i pulpitem kontrolno-dyspozytorskim,
- pulpit kontrolno-dyspozytorski umożliwiający sterowanie, stałą kontrolę procesu oraz komunikację z maszyną cyfrową,
- specjalistyczna maszyna cyfrowa typu MKJ-25 do sterowania procesem.

Pamięć buforowa w kopalni "Jan" spełnia rolę urządzenia sprzężenia z obiektem i w późniejszych opracowaniach została zastąpiona urządzeniem

UZO-4. Zasadniczym przeznaczeniem pamięci buforowej jest organizacja współpracy między obiektem a maszyną cyfrową oraz współpraca z pulpitem dyspozytora. W wypadku awarii maszyny cyfrowej pamięć buforowa może pracować w sposób autonomiczny, nie przerywając rejestracji danych, a proces produkcyjny jest wtedy sterowany bezpośrednio przez dyspozytora.

Dwuletnia eksploatacja systemu w kopalni "Jan" oraz osiągnięte konkretne rezultaty ekonomiczne i techniczne potwierdzają słuszność założeń systemowych pozwalających na dopracowywanie środków technicznych i programów.