

Andrzej Brede, Jan Majcherczyk, Aniceta Malczewska  
Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Systemów Mechanizacji  
Elektrotechniki i Automatyki Górniczej

## ANALIZA PROCESU ODSTAWY KOPALNIANEJ ZA POMOCĄ KOMPUTERA

**Streszczenie.** Referat omawia problemy związane z automatyczną analizą pracy ciągów wydobywczo-transportowych w kopalniach, proponując sposób reprezentacji sieci technologicznej oraz określając sposób jej analizowania.

### 1. Wstęp

Obserwacja pracy urządzeń wydobywczych i transportowych w kopalni ma podstawowe znaczenie dla zapewnienia prawidłowości przebiegu procesu produkcyjnego.

Każde urządzenie stanowi element całej sieci technologicznej wyposażony w indykator stanu (praca/postój) i zabezpieczony przed szkodliwym działaniem innych elementów sieci w układzie automatyki lokalnej. Obserwacja pracy sieci technologicznej umożliwia:

- > automatyczną rejestrację przerw w pracy,
- określenie elementów powodujących przerwy,
- wykrywanie najbardziej zawodnych elementów,
- obliczanie parametrów dynamicznych przerw (czas trwania, częstotliwość występowania); dzięki złożoności dokonywanych analiz stanowi pomocny instrument operatywnego kierowania siecią technologiczną.

Zagadnienie to ma pewną tradycję i doczekało się kilku prototypowych rozwiązań. Obecnie w górnictwie polskim eksploatuje się dwa - odmienne pod względem koncepcji rozwiązania, jak również zastosowanego sprzętu - systemy obserwacji stanu pracy urządzeń, zainstalowane w KWK "LENIA" (m.c. T2000/20) i KWK "MANIFEST LIPCOWY" (rejestrator cyfrowy SMC-3). Referat prezentuje inną koncepcję systemu - realizowaną na podstawie bardzo ogólnych założeń sformułowanych przez Centralny Ośrodek Informatyki Górnicztwa - skupiając się na sposobie komputerowej reprezentacji sieci technologicznej oraz opisie algorytmów analizy stanu sieci.

### 2. Reprezentacja struktury

Istotnym czynnikiem, określającym efektywność analizy ciągów technologicznych, jest sposób ich odwzorowania w pamięci operacyjnej komputera.

Sieć technologiczną można przedstawić w postaci grafu

$$G = \{ W \quad P \}$$

$$W = \{ 1, 2 \dots M \} \quad - \text{zbiór węzłów,}$$

$$P = \{ \dots (i, k) \dots \} \quad - \text{zbiór krawędzi}$$

Węzły reprezentują urządzenia, zaś krawędź  $i, k$  określa połączenie między węzłami oznaczające, że węzeł  $i$ -ty przekazuje strumień masy do węzła  $k$ -tego. Ze swej natury proces narzuca pewien kierunek, co sprawia, że  $G$  jest zorientowany. W dalszych rozważaniach tak połączone węzły będą określone jako "poprzednik" i "następnik". Graf  $G$  jest spójny i nie zawiera cykli, a zatem jest drzewem. Z  $i$ -tym węzłem związana jest pewna liczba krawędzi, których ilość określa rząd  $D(i)$

W drzewie można wyróżnić pewne charakterystyczne węzły, a to:

- źródło  $\forall i (i, K) \notin P$ ;
- spływ  $\forall i (K, i) \notin P$ ;
- węzeł prosty  $D(K)=2$ , posiada pojedynczego następnika i poprzednika;
- węzeł zbieżny  $D(K)>2, \exists (i, j, \dots) \{ (i, K) \in P, (j, K) \in P, \dots \}$ ;
- węzeł rozbieżny  $D(K)>2, \exists (i, j, \dots) \{ (K, i) \in P, (K, j) \in P, \dots \}$ ;

Drogą  $L_{i,K}$  nazywa się uporządkowany zbiór węzłów, między którymi istnieje przejście zgodnie z kierunkiem krawędzi od węzła  $i$ -tego do  $K$ -tego. W szczególności droga może być zbiorem pustym/np. drogą między źródłami/. Jeśli węzeł  $i$ -ty jest źródłem, a  $k$ -ty spływem, wówczas  $L_{i,k}$  stanowi ciąg, odpowiadający ciągowi technologicznemu przodek - odstawa - punkt załadowczy. Dla sieci z pojedynczym spływem /bez węzłów rozbieżnych/ istnieje tyle ciągów ile źródeł.

Reprezentacja struktury w pamięci operacyjnej jest zasadniczym problemem reprezentacji grafów przy spełnieniu dwu zasadniczych wymagań:

- łatwości (szybkości) poruszania się po krawędziach grafu,
- możliwości zmiany grafu, tzn. rozrywania krawędzi, instalowanie krawędzi, instalowanie i kasowanie węzłów.

Dogodna w tym przypadku jest struktura listowa dwukierunkowa /rys.1/, która spełnia oba wzmiankowane warunki. Oznacza to, że każdemu węzłowi przyporządkowana jest tablica, której dwie początkowe pozycje określają łączniki do węzłów sąsiednich (o ile takie istnieją). W przypadku rzędu  $D > 2$  stosuje się odpowiednio dodatkowe spisy poprzedników lub następników. Dalejsze pozycje tablicy charakteryzują węzeł i są wykorzystywane przez programy analizujące sieć.

Niewątpliwą zaletą takiej reprezentacji grafu jest możliwość szybkiego dotarcia do dowolnego węzła (ile graf jest spójny), zaś kierunek wynika tylko z umiejscowienia łączników, co umożliwia zastosowanie takiej reprezentacji dla grafów niezorientowanych; inną zaletą jest łatwość dokonywania zmian w grafie oraz stały rozmiar tablic.

Wadą jest potrzeba stworzenia stosownego oprogramowania konfigurującego strukturę listową oraz umożliwiającego korzystania z niej /zazwyczaj w języku wyższego rzędu/, co jest uzasadnione tylko wtedy, gdy wymagana jest duża szybkość dostępu do węzłów.

Założwszy istnienie grafu obrazującego sieć technologiczną kopalni oraz jego reprezentację w pamięci operacyjnej, można przystąpić do przedstawienia sposobu analizy procesu odstawy.

$X_i$ -temu węzłowi przyporządkowana jest zmienna boolowska  $X_i \in \{0, 1\}$  o znaczeniu:

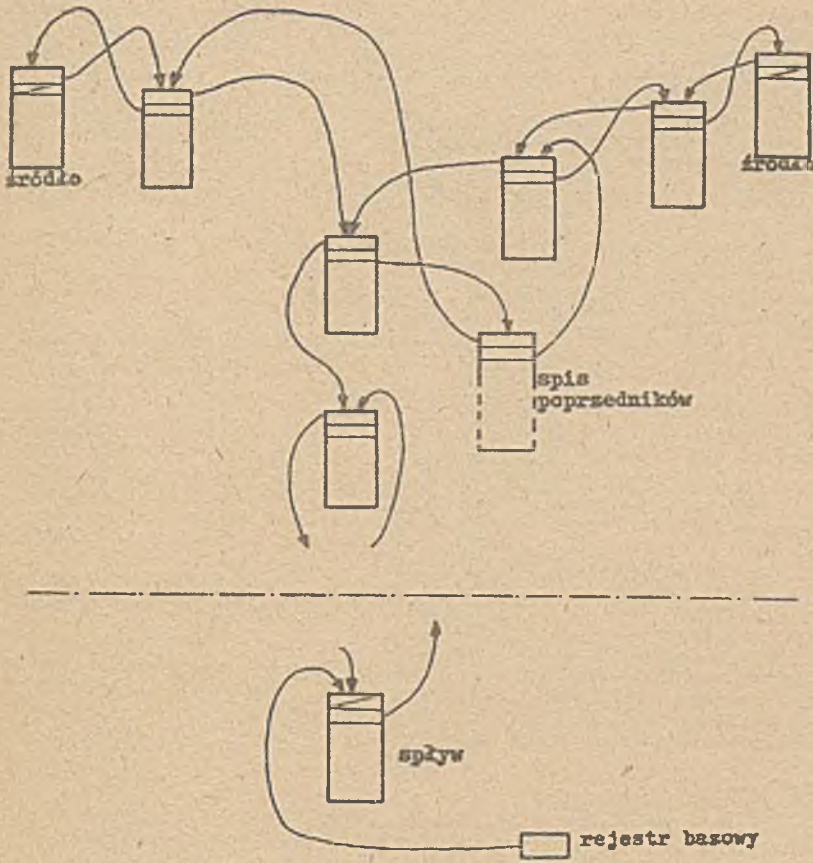
$$X_i = \begin{cases} 1 & \text{- } i\text{-ty węzeł aktywny} \\ 0 & \text{- } i\text{-ty węzeł bierny} \end{cases}$$

Stan aktywności węzła oznacza sygnalizowaną przez czujnik dwustanowy pracę odpowiadającego mu urządzenia. Analogicznie można mówić o aktywności całych ciągów urządzeń rozpatrując iloczyn zmiennych boolowskich. Każdej drodze  $L_{i,K}$  można przyporządkować zmienną stanu  $S_{i,K}$  złożoną z iloczynu zmiennych  $X_i$  boolowskich przyporządkowanym węzłom należącym do  $L_{i,K}$

$$S_{i,K} = \prod_{m \in L_{i,K}} X_m$$

Umożliwia to, rozpatrywanie większych części składowych drzewa i wyodrębnianie gałęzi aktywnych i biernych.

Zadanie analizy logicznej polega na znalezieniu, na podstawie zmiennych stanu węzła biernego, który wymusił bierność innych węzłów, mających z nim wspólną drogę.



Rys.1 Schemat odwzorowania sieci technologicznej

### 3. Analiza logiczna sieci

Celem odzworowania konkretnej struktury technologicznej w pamięci komputera jest skuteczna i szybka analiza stanu układu składającego się z powiązanych między sobą elementów. W przypadku odstawy kopalnianej oznacza to wykrywanie przerw w pracy ciągów, lokalizowania i identyfikacji przyczyny postoju.

Aktualny stan układu otrzymuje się poprzez dokonanie programowego odczytu sygnałów dwustanowych i zmianę zawartości tablic przyporządkowanych konkretnym urządzeniom.

Wyznaczanie przyczyny postoju oznacza wyszukanie węzła "winowajcy" w ciągu transportowym, którym jest węzeł w stanie biernym położony najbliższej spływu.

Stosując terminologię uprzednio wprowadzoną można określić kolejność operacji realizujących algorytm wyznaczania winowajcy:

- a/ wyszukaj w zbiorze W węzeł w stanie biernym (jeśli nie ma to koniec)
- b/ czy węzeł jest spływem jeśli tak, przejdź do a/,
- c/ zbadaj, czy następnik jest w stanie biernym jeśli tak, przejdź do b/,
- d/ jeśli nie, to ostatni rozpatrywany węzeł jest winowajcą, przejdź do a/

Powyższe postępowanie dotyczy prostszych struktur, gdzie nie występują węzły rozbieżne.

Dwukierunkowa struktura listowa stwarza możliwość wyznaczania w zbiorze W podzbioru węzłów, których stan bierności został wymuszony z chwila przejścia określonego węzła w stan bierny. Szczególnie interesujące są zatrzymane w ten sposób źródła, czego fizycznym odpowiednikiem jest wyznaczanie wszystkich przodków unieruchomionych (z wymuszonym stanem biernym) ze względu na postój elementu w ciągu odstawy urobku.

Powyższe postępowanie realizowane jest przez następujący algorytm:

a/ sprawdź zbliżność węzła; jeśli tak, to dopisz poprzedników do spisu b/ przejdź do poprzednika i sprawdź, czy jest źródłem; jeśli nie, to idź do a/

c/ ostatnio rozpatrywany węzeł jest źródłem

d/ czy spis jest pusty; jeśli nie, to idź do b/; jeśli tak, to koniec.

Algorytm odwodływania winowajcy oparty jest na znalezieniu w zbiorze G co najmniej jednej drogi od źródła do winowajcy, która jest w stanie aktywnym, co oznacza uruchomienie ciągu zatrzymanego przez element - winowajcę.

### 4. Przykładowa realizacja systemu

Dla realizacji systemu rejestracji pracy ciągów technologicznych w kopalni przyjęto następującą konfigurację sprzętu komputerowego:

- jednostka centralna: rejestrator cyfrowy SMC-3 posiadający pamięć operacyjną 16 k oraz kanał przemysłowy wyposażony w karty wejść cyfrowych nieprzerywających
- szybki czytnik taśmy papierowej CT2200
- drukarka mozaikowa DZM 180
- monitor ekranowy ALFA 311A
- perforator taśmy papierowej DT105S
- pamięć taśmowa PT105

Oprogramowanie systemu podzielono ze względów funkcjonalnych na dwa moduły:

- moduł konfiguracji struktury obiektu
- moduł pracy bieżącej systemu

Moduł konfiguracji struktury obiektu przetwarza przygotowane na taśmie papierowej zbiory rekordów opisujących parametry poszczególnych węzłów, ich wzajemne powiązania oraz oczujnikowanie tworząc w pamięci rejestratora zbiór ciągów technologicznych. Ustala za pomocą konwersacji wstępnej operatora z systemem warunki początkowe pracy systemu (nazwa obiektu, data i godzina rozpoczęcia pracy, ewentualne zmiany w konfiguracji powiązania pomiędzy tablicami opisującymi poszczególne węzły a tablicą opisującą zbiór czujników stanu).

Operator systemu posługuje się zbiorem zleceń, które wprowadza do systemu z klawiatury monitora ekranowego.

Moduł pracy bieżącej dokonuje cyklicznego odczytu stanu X, poszczególnych węzłów posiadających czujnik (podprogram obsługi przerw zegara systemowego).

Sygnały X, podlegają filtracji programowej dla wyeliminowania krótkich przypadkowych zmian stanu.

Po wykryciu zmiany stanu co najmniej jednego węzła z aktywnego na bierny lub odwrotnie następuje realizacja algorytmu opisanego w punkcie 3 niniejszego referatu. Moduł posiada podprogramy przetwarzające dane dotyczące pracy ciągów, urządzeń (węzłów), przerw ruchowych, awarii.

Prowadzi rejestrację postojów urządzeń i ciągów, która uzupełniona o identyfikację przyczyn postoju daje informację wyprowadzaną w postaci zbioru rekordów na taśmie papierowej wykorzystywanego do dalszej analizy na wyższym szczeblu zarządzania. Analiza pozwoli określić stopień wykorzystania poszczególnych urządzeń kopalnianych oraz umożliwi planowanie remontów.

Dla celów ewidencyjnych moduł formuje i drukuje odpowiednie raporty podające takie dane, jak: czasy pracy urządzeń, czasy dyspozycyjne, procentowe wykorzystanie czasu pracy, liczbę wyłączeń, liczbę i rodzaj awarii, wykazy aktualnie niepracujących ciągów technologicznych oraz historię pracy za żądany okres czasu.

Raporty drukowane są na drukarce mozaikowej automatycznie w określonych momentach czasowych (godzina, zmiana, doba) lub wyświetlane na żądanie na ekranie monitora.

Dane, zbierane w cyklach dobowych, tygodniowych i miesięcznych gromadzone będą w pamięci taśmowej, która stanowi kopalniany bank danych.

## 5. Wnioski

Przedstawiony sposób komputerowej reprezentacji grafu może znaleźć zastosowanie w szerokiej klasie zagadnień obejmujących strukturę wielo-elementowe z wewnętrznymi zależnościami między elementami.

W referacie zakłada się znajomość stanu węzła na podstawie czujnika, lecz można dopuścić niepełne oczujnikowanie sieci, co w praktyce jest spotykane najczęściej. Rzecz jasna, można dokonać przybliżonej analizy sieci, a dokładność tej analizy zależy od stopnia oczujnikowania sieci.

W praktycznych realizacjach zakłada się reakcję na zmianę stanu sieci po upływie pewnego interwału, by wyeliminować błędy w odczycie stanu lub pominąć krótkie zmiany stanu.

W referacie przedstawiono konkretną realizację, dla której istnieją układy automatyki lokalnej, lecz w ogólności można realizować sterowanie stanem poszczególnych węzłów, jeśli tylko określony jest przepis podający oddziaływanie dla każdego stanu sieci.

## LITERATURA

- 1 Skłupski S: Zastosowanie urządzeń informatycznych do badania efektywnego czasu pracy kombajnów ścianowych; prace naukowo-badawcze OBR SWEAG, 1/1978.
- 2 Filch-Kowalczyk J: Akwizycja danych z procesu wydobywczego kopalni przy użyciu minikomputerów; referat na sympozjum "Zastosowanie maszyn matematycznych w górnictwie", Nowa Ruda 1975.
- 3 Steiglitz K: Wstęp do systemów dyskretnych; WNT, Warszawa 1977.
- 4 Foster J. M: Przetwarzanie struktur listowych, PWN, Warszawa 1976.

## АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ГОРНОЙ ДОСТАВКИ ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРОННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

### Резюме

В работе анализируются проблемы, касающиеся автоматизации анализа действия добывающие - транспортного оборудования в шахтах.

Предлагается способ представления технологической сети и дается её анализ.

## A COMPUTER ANALYSIS OF SOME TRANSPORTATION PROBLEMS IN COAL MINES

### Summary

A method for the description and automatic analysis of transportation networks in coal-mines is presented.