

Inteligentne układy monitorowania i diagnostyki górniczych maszyn transportu poziomego

W referacie zamieszczono przegląd nowoczesnych czujników i przetworników pomiarowych stosowanych do pomiarów eksploatacyjnych, monitoringu oraz badań diagnostycznych maszyn górniczych. Przedstawiono modele matematyczne oraz modele fizyczne układów elektromechanicznych górniczych maszyn transportu poziomego, jak również podstawowe przyczyny awarii tych maszyn. Omówiono nowoczesny, inteligentny układ sterowania i diagnostyki maszyn górniczych transportu poziomego, zapewniający bieżącą kontrolę on-line parametrów eksploatacyjnych maszyn oraz diagnostykę predykcyjną ich układu napędowego i elektromechanicznego. Opisano korzyści wynikające z zastosowania nowoczesnych metod sterowania oraz badań diagnostycznych w górniczych maszynach transportowych, a także efekty ekonomiczne uzyskiwane przy zastosowaniu inteligentnych układów sterowania oraz monitorowania maszyn transportu poziomego.

1. WPROWADZENIE

W polskich kopalniach węgla kamiennego są stosowane systemy eksploatacji oparte na wysokiej koncentracji wydobywania. Wymaga to użycia wydajnych maszyn urabiających oraz niezawodnych systemów transportowych transportu poziomego i pionowego. Dla zapewnienia ciągłości wydobywania węgla stosuje się dyspozytorskie systemy monitorowania i nowoczesne układy: sterowania, zabezpieczeń, diagnostyki maszyn urabiających oraz maszyn transportu poziomego (przenośniki zgrzeblowe oraz taśmowe). Zapewniają one realizację złożonych algorytmów sterowania, transmisję danych oraz ich archiwizację, a także wizualizację realizowanych procesów i wyników obliczeń. Nowoczesne układy sterowania pracą kopalni powinny również uwzględniać funkcjonowanie wszystkich układów napędowych maszyn górniczych pod względem płynności odstawy urobku, niezawodności oraz energooszczędności. Dlatego celowym wydaje się zastosowanie sterowania wielokryterialnego oraz predykcyjnej diagnostyki ewentualnych stanów awaryjnych. W artykule przedstawiono modele matematyczno-fizyczne maszyny górniczej jako obiektu sterowania oraz badań diagnostycznych. Przedstawiono nowoczesne czujniki

i przetworniki pomiarowe oraz komputerowe metody analizy danych. Opisano program komputerowy Diagnostyzem oraz przykłady jego zastosowania w badaniach diagnostycznych maszyn górniczych.

Wyniki badań eksploatacyjnych oraz oceny stanów technicznych potwierdziły przydatność opracowanych metod sterowania i diagnostyki w układach napędowych różnych ciągów technicznych i technologicznych stosowanych w przemyśle wydobywczym.

2. MODELE MATEMATYCZNE ORAZ FIZYCZNE GÓRNICZYCH MASZYN TRANSPORTU POZIOMEGO

System transportu urobku w podziemnym zakładzie górniczym jest to uporządkowany wewnętrznie zbiór obiektów znajdujących się na powierzchni i w podziemiach kopalni, wraz z relacjami istniejącymi między obiektami oraz ich właściwościami, którego działanie jest podporządkowane osiągnięciu założonego celu transportowego [1]. System transportu służy do przewozu urobku, osób i materiałów oraz realizacji wszystkich procesów związanych z przeładunkiem, składowaniem i magazynowaniem przewożonych materiałów. Na pracę systemu trans-

portu mają także wpływ procesy zachodzące w obiektach składowych systemu oraz w jego otoczeniu. Do otoczenia systemu transportu zalicza się: system wydobywczy, aktualny stan rozwoju techniki, otoczenie naturalne, warunki ekonomiczne, zasady organizacji pracy, energooszczędną pracę zespołów napędowych, synchronizację dostawy urobku transportem poziomym do urządzeń transportu pionowego, zbiór obowiązujących przepisów, instrukcji i norm prawnych oraz „czynniki ludzkie”. Nowoczesny układ zasilania i sterowania maszyn i urządzeń pośredniczących w transporcie urobku powinien zapewniać bieżącą kontrolę podstawowych parametrów eksploatacyjnych, znaczny stopień automatyzacji pracy poszczególnych urządzeń, sygnalizację stanów awaryjnych oraz predykcijną diagnostykę stanów awaryjnych. Model matematyczny ciągu maszyn górniczych powinien zatem uwzględniać właściwy wybór struktury systemu, zależny od wymagań realizowanego procesu transportowego, środki techniczne oraz metody projektowania zadań transportowych. Model matematyczny maszyny górniczej należy rozpatrywać jako wielowymiarowy obiekt regulacji i analizować z uwzględnieniem metod statystycznych [1, 2, 3]. Pracę przENOŚNIKA TAŚMOWEGO PRZEMIESZCZAJĄCEGO SIĘ po trasie o założonej konfiguracji, dla modelu z więzami nieholonomicznymi, w oparciu o równania Lagrange’a II rodzaju, przy 4 stopniach swobody oraz dla współrzędnych uogólnionych q_{ki} , można opisać przy pomocy równania:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \mathcal{E}_K}{\partial \dot{q}_{ki}} \right) - \frac{\partial \mathcal{E}_K}{\partial q_{ki}} = Q_{ki} \quad (1)$$

gdzie:

$k = 1, 2, 3, 4$, odnoszą się odpowiednio do wielkości:

$$X_i, Z_i, \Phi_{X_i}, \Phi_{Z_i},$$

$i = 1, 2, \dots, n$,

$X_i, Z_i, \Phi_{X_i}, \Phi_{Z_i}$ – współrzędne układu odniesienia.

W modelu fizycznym procesu odstawy urobku rozpatruje się system transportu zawierający zbiorniki akumulacyjne na stacjach przeładunkowych oraz zakłada się stochastyczny dopływ urobku ze ścian roboczych o rozkładzie zbliżonym do rozkładów Erlanga lub normalnego [2, 3]. Zakłada się także wielkość układów transportowych, ich parametry eksploatacyjne oraz wydajności maksymalne. Proces transportu w przedziale czasu $k \times \Delta t$ można opisać wektorem stanu $X(k)$ postaci:

$$X(k+1) = X(k, \Delta t) \quad (2)$$

gdzie:

N – liczba jednostek transportowych,

z – liczba zbiorników załadowniczych,

$k = 0, 1, 2, \dots, K$,

$K = T/\Delta t$ – liczba kroków dyspozycyjnych,

T – czas dyspozycyjny,

$X(k)$ – wektor stanu opisujący położenie jednostki transportowej S_i oraz zapelnienie zbiorników akumulacyjnych V_j ,

przy czym:

$$X(k) = [S_1(k), S_2(k), \dots, S_N(k), V_1(k), \dots, V_N(k)]^T.$$

Zakładając, że Δl_i jest minimalną odległością między obiektami transportowymi, a na odcinkach z punktami przeładunkowymi w chwili czasu $k\Delta t$ może znajdować jeden środek transportu, równanie stanu procesu transportu przyjmuje postać:

$$X(k+1) = G[x(k), u(k)] \quad (3)$$

gdzie:

$G = \{g_1[x(k), u(k)], \dots, g_N[x(k), u(k)], f_0[x(k), u(k)], \dots, F_z^T[x(k), u(k)]\}^T$ – wektor stanu uwzględniający sposób sterowania,

$S_u(k+1) = g_u[x(k), u(k)]$, $u = 1, 2, \dots, N$,

$V_u(k+1) = f_u[x(k), u(k)]$, $u = 1, 2, \dots, z$,

$u(k)$ – sposób sterowania podejmowany w chwilach $k < t$, przy czym: $u(k) \in U(x)$,

$U(x)$ – zbiór możliwych tras przemieszczania się środków transportu.

Składowe funkcji G są wyznaczane dla poszczególnych odcinków trasy oraz rodzajów środków transportu (zbiorniki akumulacyjne, stacje przeładunkowe, transport kołowy i transport przENOŚNIKOWY, transport pionowy). Szczegółowy sposób wyznaczania składowych funkcji G przedstawiono w [4]. W podziemiach kopalń są eksploatowane maszyny górnicze urabiające oraz transportowe (przenośniki ścianowe, przenośniki zgrzeblowe). Są one napędzane silnikami indukcyjnymi klatkowymi i zasilane z sieci trójfazowej bezpośrednio lub przez zasilacz przekształtnikowy. Maszyny te zawierają układy napędowe, w których praktycznie nie przewiduje się regulacji prędkości obrotowej, natomiast zasilacz przekształtnikowy umożliwia przeprowadzenie płynnego rozruchu (rozrusznik tyrystorowy) [4]. W układach zasilania maszyn górniczych są stosowane także tranzystorowe lub tyrystorowe sterowniki prądu przemiennego (układy *soft startu*) oraz pośrednie przemienniki częstotliwości (falowniki napięcia). Nowoczesne układy sterowania i diagnostyki maszyny górniczej powinny zapewniać realizację sekwencji rozruchowych, kontrolę parametrów eksploatacyjnych przed i po uruchomieniu maszyny, sygnalizację stanów awaryjnych oraz wyłączenie zasilania pod-

czas zwarć i przeciążeń. Układy sterowania powinny zapewniać sterowanie: lokalne – z szafy sterowniczej maszyny, zdalne – wykorzystujące sterowanie radiowe lub lokalne sieci komputerowe (CAN, MPI), a także automatyczne (z komputera nadrzędnego), wykorzystujące sieci transmisyjne (Profibus DP, Profinet, Ethernet lub łącza internetowe) [4, 6]. Układy diagnostyki powinny monitorować pracę maszyny górniczej, sygnalizować stany przeciążeniowe oraz wyłączać i diagnozować stany awaryjne. Komputer nadrzędny powinien posiadać odpowiednią bazę danych oraz bazę wiedzy eksploatowanych maszyn górniczych, specjalne programy diagnostyczne i sterujące, zapewniające quasi-optimalne sterowanie pracą maszyny górniczej, zgodnie z realizowanymi zadaniami wydobywczymi, przy optymalnym zużyciu energii. Funkcję celu dla quasi-optimalnego sterowania pracą maszyny transportowej można sformułować w postaci zależności:

$$\exists |U_i, f_i| \cap \{W_i = opt, \eta_i \leq \eta_{max}, Q \leq Q_{max}, v = v_{max}\} \quad (4)$$

Istnieją parametry zasilania silników napędowych U_i, f_i , które dla danej maszyny transportowej realizują quasi-optimalne zadania transportowe: $Q < Q_{max}$, przy określonej prędkości przesuwu taśmy $v = v_{max}$, przy ograniczonym zużyciu energii: $W = opt, \eta < \eta_{max}$.

Dynamikę przenośnika taśmowego można opisać w sposób uproszczony układem równań:

$$\frac{dv_i}{dt} = \frac{1}{m_i} \left[\frac{F_{i+1} - F_i + P(i)}{L_i} - W_i \cdot sign v_i \right] \quad \text{dla } i \in (1, k-1) \quad (5)$$

$$\frac{dF_i}{dt} = \frac{A \cdot E}{L_{i-1}} \left[v_i - v_{i-1} + \tau \frac{d(v_i - v_{i-1})}{dt} \right] \quad \text{dla } i \in (1, k)$$

gdzie:

- F_i, v_i – wartości chwilowe sił i prędkości przesuwu taśmy w i -tym punkcie taśmy,
- m_i – jednostkowa masa zastępcza odcinka taśmy między i -tym oraz $i+1$ punktem taśmy,
- W – zastępcze opory przenośnika,
- A, E – współczynniki konstrukcyjne maszyny transportowej,

Dynamikę indukcyjnego silnika napędowego napędzającego przenośnik opisuje układ równań różniczkowych:

$$u_s = R_s i_s + (L_{\delta s} + L_s) \frac{di_s}{dt} + M_{s,w} \frac{di_w}{dt}$$

$$u_w = R_w i_w + (L_{\delta w} + L_w) \frac{di_w}{dt} + M_{s,w} \frac{di_s}{dt}$$

$$M = \sum_{k=1}^n \left(i_{sk} M_{s,w,k} \frac{\partial}{\partial g} i_{w,k} \right)$$

$$M - M_{abc} = J_z \frac{d\omega_M}{dt} \quad (6)$$

gdzie:

- i_s, i_w, u_s, u_w – prądy i napięcia fazowe uzwojeń stojana i wirnika,
- R_s, R_w, L_s, L_w – rezystancje i indukcyjności własne uzwojeń stojana i wirnika,
- $L_{\delta s}, L_{\delta w}$ – indukcyjności rozproszenia uzwojeń stojana i wirnika,
- $M_{s,w}$ – indukcyjność wzajemna uzwojeń stojana i wirnika.

Równania (1-6) są wykorzystywane do opracowania modelu kinematycznego maszyny transportowej oraz do opracowania optymalnego sterowania pracą przenośnika. Opracowane algorytmy sterowania umożliwiają realizację zadań transportowych przenośnika przy założonej funkcji celu [2, 3]. Programy sterujące są umieszczone w pamięci komputerów sterujących: komputera nadrzędnego oraz komputerów lokalnych. Komputer nadrzędny współpracuje z urządzeniami peryferyjnymi, tj. z modułami konfiguracji, modułami wizualizacyjnymi, modułami komunikacyjnymi, drukarkami, oraz z dodatkowymi komputerami, przechowującymi bazy danych wszystkich maszyn sterowanych z komputera nadrzędnego.

3. METODYKA BADAŃ DIAGNOSTYCZNYCH GÓRNICZEJ MASZyny TRANSPORTOWEJ

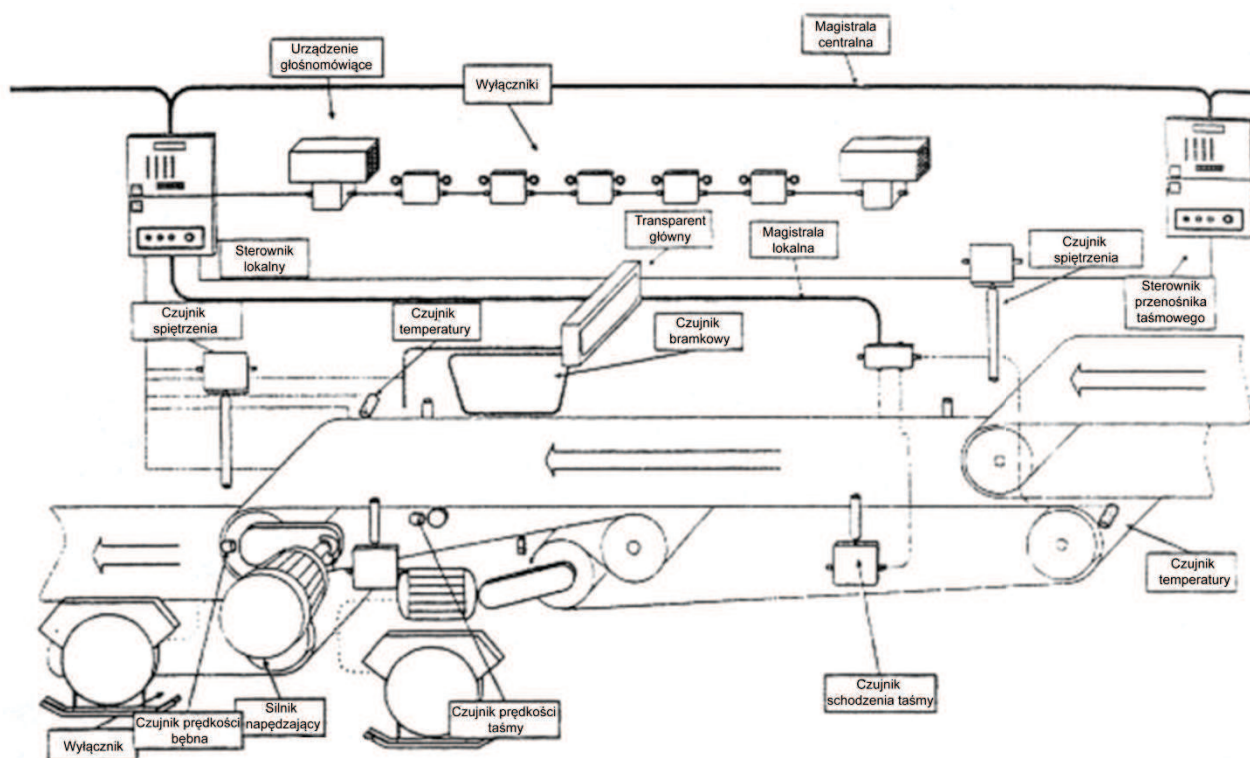
Niezawodność pracy maszyn górniczych zależy w znacznym stopniu od prawidłowej oceny stanu technicznego obwodów: elektrycznych, hydraulicznych, pneumatycznych, elektronicznych, elektromechanicznych oraz mechanicznych. Ocenę taką można zrealizować w sposób globalny, wykorzystując centralne stanowisko diagnostyczne, lub w ograniczonym zakresie, wykorzystując elementy diagnostyczne zainstalowane w maszynie. Diagnostykę globalną powinno się przeprowadzać w sposób okresowy [1, 5, 6]. Ocena lokalna powinna być realizowana przed każdym uruchomieniem maszyny. W ramach diagnostyki lokalnej sprawdza się stan techniczny silnika napędowego, układu zasilania, obwodów sterowania i obwodów zabezpieczeń, jak również parametry i stan techniczny elementów transportowych: bębnow napędowych oraz taśmy przenośnika. Ocenia się także skuteczność pracy układu hamulcowego. Specjalny program symulacyjny Diagoprzem (opracowany przez autora) oraz odpowiednie czujniki i przetworniki pomiarowe umożliwiają realizację pomiarów w sposób automatyczny. Wyniki obliczeń numerycznych i symulacyjnych, uzyskanych na podstawie modeli matematycznych silników napędowych, zasilacza przekształtnikowego oraz układu

mechanicznego, są prezentowane w sposób tabelaryczny i graficzny na ekranie monitora oraz drukowane w postaci protokołu badań diagnostycznych. Ocenę stanu technicznego silnika napędowego można przeprowadzić przy wykorzystaniu wyników analizy harmonicznych napięć i prądów stojana przy zasilaniu trójfazowym i dwufazowym oraz analizy sygnału napięciowego indukowanego w dodatkowym uzwojeniu umieszczonym w żłobkach stojana, stosując metody wibromechaniczne albo akustyczne [1, 5, 6]. Przy bieżącej kontroli stanu technicznego silnika napędowego można ograniczyć zakres pomiarów do pomiarów rezystancji uzwojeń stojana, rezystancji izolacji uzwojenia stojana i kontroli stanu technicznego łożysk silnika [1, 5]. Ocenę stanu technicznego układu zasilania (tranzystorowy lub tyrystorowy falownik napięcia) przeprowadza się, sprawdzając elementy wykonawcze i zabezpieczenia zwarciove oraz realizując programy testujące umieszczone w pamięci sterownika mikroprocesorowego (nastawy zabezpieczeń przeciążeniowych, zwarciowych, kontrola ciągłości napięć zasilających oraz obwodów sprzężeń zwrotnych). Do diagnostyki układu mecha-

nicznego i kinematycznego przenośnika wykorzystuje się sygnały z czujników umieszczonych na przenośniku. Są to m.in. czujniki temperatury, ruchu taśmy, spiętrzenia urobku oraz inteligentne czujniki uszkodzeń taśmy, bębnow napędowych oraz przekładni. Sygnały z czujników są przesyłane do komputera nadrzędnego magistralą komunikacyjną, gdzie są wykorzystywane zarówno do celów diagnostycznych, jak i do optymalnego sterowania pracą przenośnika.

4. NOWOCZESNE CZUJNIKI I PRZETWORNIKI POMIAROWE W NAPĘDACH MASZYN TRANSPORTU POZIOMEGO

Większość kopalń węgla kamiennego wykorzystuje do głównej odstawy urobku przenośniki taśmowe. W zależności od rodzaju przenośnika układy napędowe powinny uwzględniać czynności związane ze skracaniem długości przenośnika oraz wstępnym napinaniem taśmy. Na rys. 1. przedstawiono przykładowe wyposażenie przenośnika typu Smartveyor.



Rys. 1. Rozkład czujników w przenośniku taśmowym [1, 5]

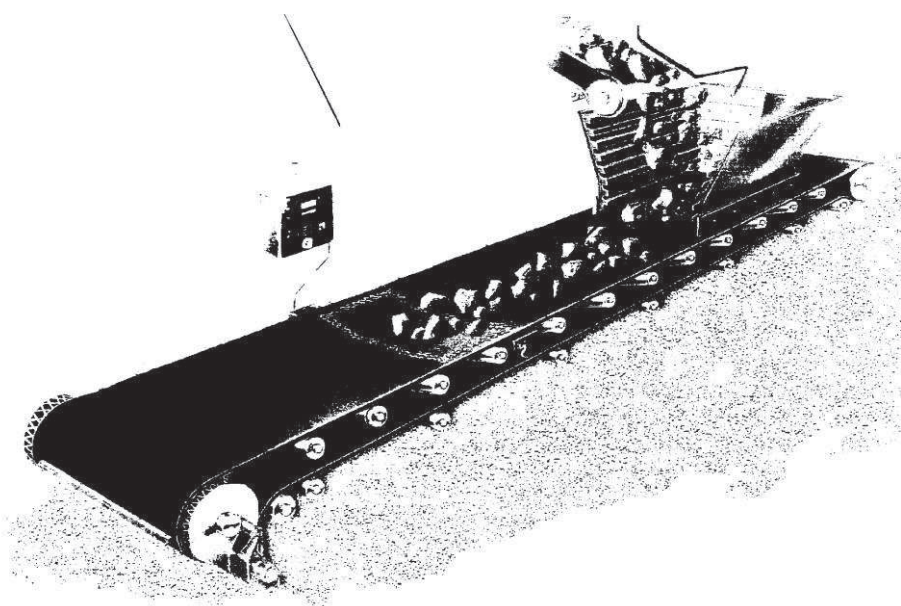
Układ sterowania zapewnia automatyczne napinanie taśmy w zależności od ilości urobku. Do pomiaru wielkości urobku stosowane są taśmowe wagi elektroniczne, natomiast do jego oceny jakościowej wykorzystuje się przetworniki izotopowe lub komputerową analizę obrazu z kamery przemysłowej [1, 5]. Do kon-

trolu pracy przenośnika oraz dla celów diagnostycznych obok przenośnika są umieszczone zespoły łączności, wyłączniki awaryjne i urządzenia zraszające, natomiast w obrębie bębna napędowego – czujniki prędkości bębna, prędkości taśmy, temperatury, schodzenia taśmy, spiętrzenia urobku oraz bramki materia-

łowe. W pobliżu stacji napinającej umieszcza się czujniki krańcowe oraz czujniki siły napinającej taśmę przenośnika. Zastosowanie sterowników przemysłowych umożliwia wprowadzenie dla celów kontrolnych oraz diagnostycznych dodatkowych czujników, które mogą informować o stopniu zużycia taśmy, przekładni zębatej lub o awarii silnika, łożysk, bębna napędowego, hamulca lub taśmy. W silniku napędowym można zastosować czujniki temperatury uzwojeń, łożysk, medium chłodzącego, przetworniki napięcia, prądu oraz kontroli stanu izolacji.

Układ zasilania powinien posiadać przetworniki napięcia, prądu, temperatury modułu zasilacza i temperatury medium chłodzącego. Układ mechaniczny

oraz układ przeniesienia napędu można wyposażyć w czujniki zużycia okładzin ciernych hamulca, pęknięcia bębna napędowego i uszkodzenia taśmy. Dane z czujników są przesyłane do komputerów sterownika, gdzie w oparciu o zgromadzone informacje z wykorzystaniem odpowiednich programów diagnostycznych oraz modeli matematycznych silnika oraz układu kinematycznego ocenia się stan techniczny układu oraz trwałość i niezawodność pracy układów przenośników taśmowych. Do wykrywania uszkodzeń taśmy mogą być wykorzystane czujniki elektromechaniczne, magnetyczne lub elektroniczne [1, 5]. Na rys. 2. przedstawiono elektroniczny system zabezpieczenia taśmy przenośnika typu Sensor Guard.



Rys. 2. Elektroniczny system zabezpieczenia taśmy przenośnika [1, 6]

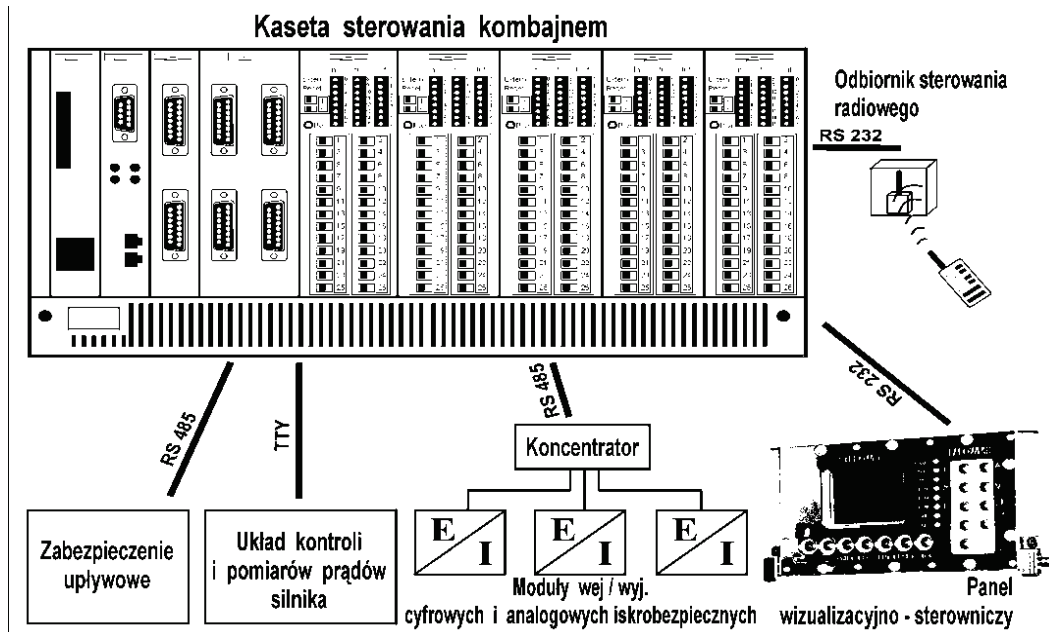
System ten służy do ochrony taśmy przed rozległymi uszkodzeniami (przecięcie taśmy) oraz sygnalizuje ruchy poprzeczne i nadmierny poślizg taśmy. W skład układu wchodzi: pętla linek implantowane w taśmie, detektor uszkodzeń oraz jednostka sterująca. Czujniki i głowice detektora są sprzężone polem elektromagnetycznym. Jeśli nastąpi uszkodzenie taśmy, to zostanie uszkodzony czujnik, wtedy detektor wykrywa uszkodzenie i wyłącza taśmę. Innym wariantem jest czujnik elektroniczny typu Contitronic, który wymaga zastosowania taśmy z zaimplantowanymi transponderami. Szczegółowy opis czujnika przedstawiono w [5]. Do oceny zużycia, korozji oraz do wykrywania pęknięć linek stalowych stanowiących rdzeń taśmy przenośnikowej wykorzystuje się metody magnetyczne. W skład układu wchodzi wzbudnik magnetyczny z magnesami trwałymi, czujniki indukcyjne oraz defektoskop. Uszkodzony pręt powoduje zmiany rozkładu pola magnetycznego wykrywane przez defektoskop.

Nowoczesne, inteligentne czujniki pomiarowe wymagają zmian w konstrukcji taśm przenośnikowych, co wiąże się z określonymi kosztami ekonomicznymi. Dlatego proponuje się wprowadzić do układów diagnostycznych przenośnika układy bazujące na rozbudowanym modelu matematycznym układu elektromechanicznego przenośnika, wykorzystując możliwości obliczeniowe sterowników przemysłowych.

Jedną z przyczyn awarii maszyn górniczych jest awaria wężła łożyskowego. Uszkodzeniu wężła łożyskowego maszyny górniczej towarzyszy wzrost drgań, głośna praca, szum, wzrost temperatury uzwojeń i obudowy. Do diagnostyki wężła łożyskowego wykorzystuje się m.in. metody: SPM (*Shock Pulse Method*), SE (*Spike Energy*), SEE (*Spectral Emitted Energy*), metodę analizy częstotliwościowej, analizy akustycznej oraz metodę detekcji obwiedni. Metoda detekcji obwiedni polega na analizie drgań rezonansowych maszyny. Krótkotrwałe udary widoczne w przebiegach czasowych mierzonego

sygnału maszyny mogą być spowodowane uszkodzeniem wężła łożyskowego. Znając geometrię łożyska, ilość elementów tocznych oraz prędkość obrotową bieżni, można obliczyć częstotliwości rezonansowe układu. Czujnik drgań powinien być umieszczany na badanym elemencie. Sygnał pomiarowy po filtracji w filtrach pasmowo przepustowych i dopasowaniu jest

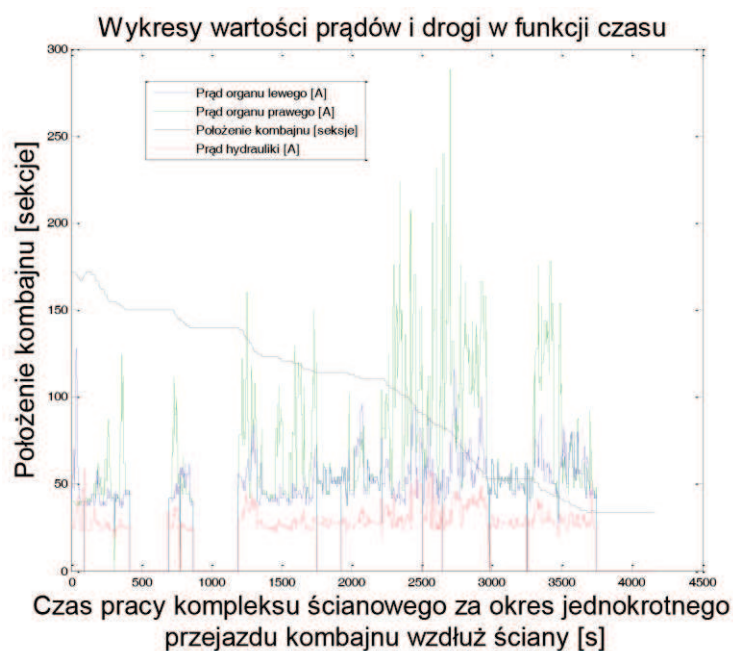
analizowany w pobliżu zdefiniowanych i obliczonych analitycznie częstotliwości rezonansowych. Transformaty Fouriera z otrzymanego sygnału widma pozwalają określić dominujące częstotliwości i określić stopień uszkodzenia. Poglądowy schemat struktury systemu sterowania i diagnostyki kombajnu przedstawiono na rys. 3.



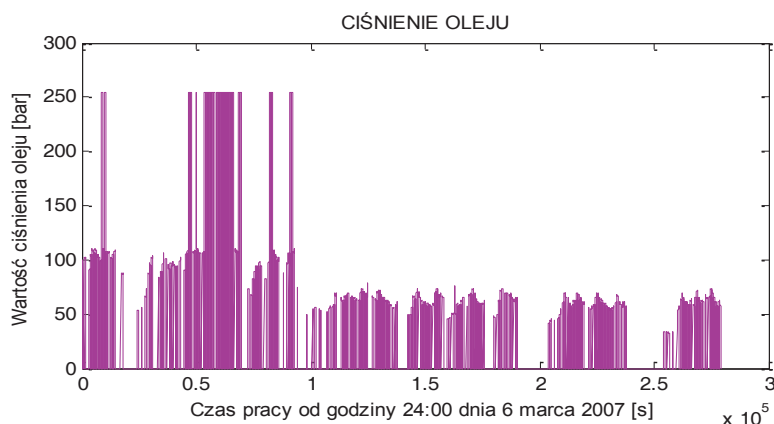
Rys. 3. Poglądowy schemat struktury systemu sterowania i diagnostyki kombajnu [4]

Przykładowe wyniki badań diagnostycznych wykonanych na kompleksie ścianowym w kopalni węgla kamiennego przedstawiono na rys. 4. i 5. Na rys. 4. zamieszczono wykres zmian prądu silnika

i drogi kombajnu w funkcji czasu, a na rys. 5. – przebieg zmian ciśnienia oleju w funkcji czasu pracy kombajnu.



Rys. 4. Wykres zmian prądu silnika i drogi kombajnu w funkcji czasu [4]

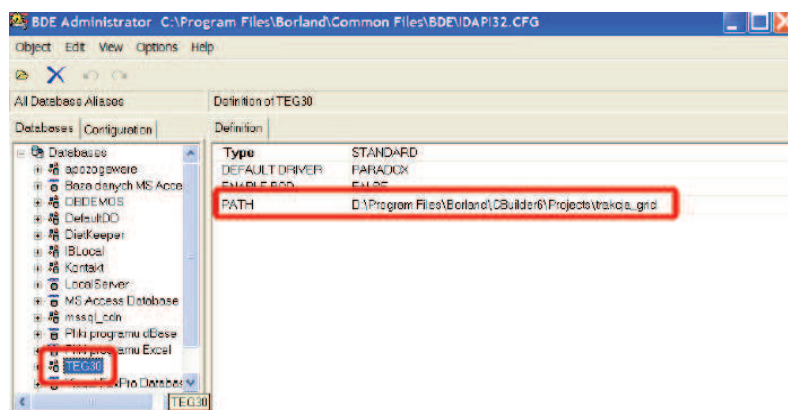


Rys. 5. Przebieg zmian ciśnienia oleju w funkcji czasu [4]

5. ZASTOSOWANIE PROGRAMU DIAGNOPRZEM W DIAGNOSTYCE MASZYN TRANSPORTU POZIOMEGO

Nowoczesne układy zasilania, sterowania oraz diagnostyki maszyn i urządzeń pośredniczących w transporcie urobku powinny zapewniać bieżącą kontrolę podstawowych parametrów eksploatacyjnych, znaczny stopień automatyzacji pracy poszczególnych urządzeń, sygnalizację stanów awaryjnych oraz ograniczoną diagnostykę stanów awaryjnych. Do projektowania i diagnostyki stanu technicznego maszyn transportu poziomego wykorzystuje się program komputerowy Diagnostprzem. Jego instalacja sprowadza się do przekopiowania katalogu zawierającego pliki binarne oraz bazy

danych na dysk twardy docelowego komputera. Do pracy programu niezbędny jest system baz danych *Borland Database Engine (BDE)*. W programie BDE Administrator (*bdeadmin.exe*) należy ustawić parametry: STANDARD, DEFAULTDRIVER PARADOX, opisujące folder dysku, w którym znajdują się wykorzystywane w programie bazy danych (pliki z rozszerzeniami *.dbf). Instalację systemu baz danych BDE wykonuje się jednokrotnie. Na rys. 6. przedstawiono sposób instalacji programu TEG.w.3.0 do obliczeń kopalnianej trakcji elektrycznej, będącego częścią składową programu Diagnostprzem. W skład programu Diagnostprzem wchodzi także pliki do sterowania pracą kombajnu, pracą przenośników ścianowych, podścianowych oraz chodnikowych, a także kolejek podwieszonych.



Rys. 6. Ekran monitora przy instalacji programu TEG.w.3.0 [5]

6. SYSTEM DIAGNOSTER DO STEROWANIA I DIAGNOSTYKI PRZENOŚNIKÓW TAŚMOWYCH

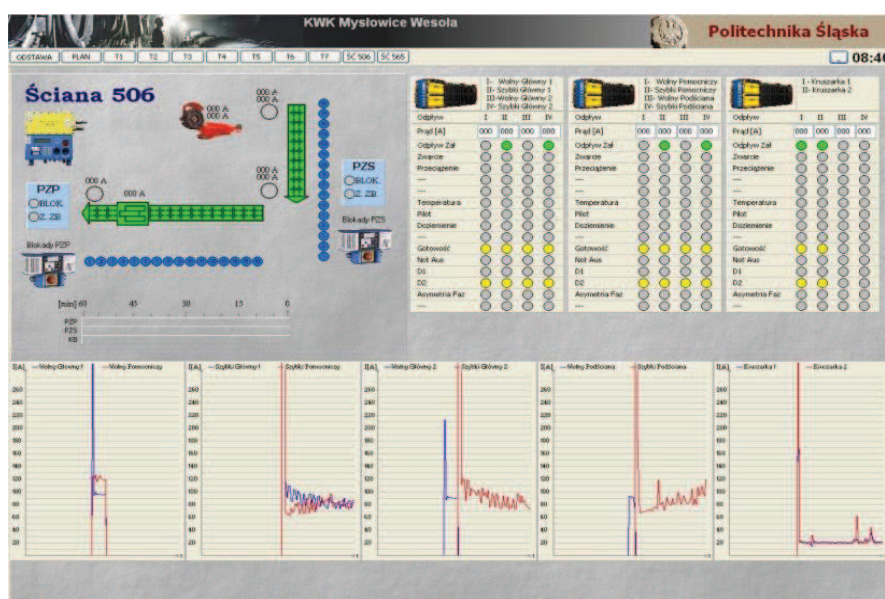
System Diagnoster przeznaczony jest do sterowania i sygnalizacji pracy przenośników taśmowych oraz sygnalizacji ostrzegawczej przed ich uruchomieniem. Składa się on ze sterownika centralnego

oraz ze sterowników lokalnych [6]. Sterownik centralny umożliwia wybór uprawnień dla dowolnej ilości ciągów przenośników w odstawi, sterowanie automatyczne ciągów odstawy, wizualizację stanów pracy poszczególnych przenośników w ciągu oraz transmisję danych do systemu wizualizacji na powierzchni. Mikroprocesorowy sterownik umożliwia: wybór rodzaju pracy za pośrednictwem menu programowania użytkownika („Transport urobku” lub

„Rewizja”), wybór sterowania, sposobu uruchamiania pracy przenośnika taśmowego, emitowania sygnałów akustycznych za pośrednictwem sygnalizatorów akustycznych głośnomówiących, generowanie sygnału informującego o spieczeniu styków w aparaturze łączeniowej zasilającej napęd przenośnika, sygnału informującego o spieczeniu styków w aparaturze łączeniowej zasilającej hamulce przenośnika, kontrolę ciągłości linii w magistrali systemu łączności w trakcie trwania sygnału rozruchowego, awaryjne zatrzymanie przenośnika z dowolnego miejsca wzdłuż jego trasy, sterowanie i kontrolę załączenia aparatury łączeniowej napędu oraz aparatury łączeniowej hamulców przenośnika, dwustronną wymianę danych pomiędzy sterownikiem i sygnalizatorami

akustycznymi zabudowanymi wzdłuż trasy przenośnika taśmowego, odczyt informacji o stanie czujników kontrolowanych przez Układ Kontroli Temperatury Taśmociągu (UKTT) przez układ transmisji danych, identyfikację blokad z wykorzystaniem modułów identyfikacji blokad typu NIB-E, programowanie wybranych parametrów, rodzaju współpracujących czujników lub urządzeń oraz funkcji kontrolnych sterownika przez osoby uprawnione, tzn. znając hasło dostępu.

Na rys. 7. przedstawiono przykładowo wyniki monitorowania pracy systemu przenośników taśmowych z zaznaczeniem układu napędowego, stanu pracy oraz parametrów eksploatacyjnych.



Rys. 7. Monitoring pracy przenośnika w ścianie 506 w KWK Myslowice-Wesola

7. ZAKOŃCZENIE

Zastosowanie komputerów przemysłowych w układach sterowania górniczych maszyn transportowych umożliwia realizację złożonych algorytmów sterowania: sterowanie energooszczędne, z możliwością bieżącej kontroli wybranych parametrów eksploatacyjnych i diagnostyki całego systemu oraz jego zespołów.

Wprowadzenie sterowania rozproszonego zapewnia realizację sterowania lokalnego oraz sterowania centralnego z uwzględnieniem narzuconych priorytetów sterowania. Proponowane algorytmy sterowania oraz diagnostyki umożliwiają realizację sterowania quasi-optimalnego przy stosunkowo niskich kosztach.

Zastosowanie sterowania suboptymalnego w układach sterowania odstawą urobku zapewni energooszczędną, płynną odstawę urobku przy minimalizacji stanów awaryjnych. Proponowane sterowanie maszyn

górniczych może być w pewnych przypadkach rozwiązaniem konkurencyjnym w stosunku do kosztownych i złożonych rozwiązań oferowanych przez firmy profesjonalne.

Literatura

1. Antoniak J.: *Urządzenia i systemy transportu podziemnego w kopalniach*, Wyd. Śląsk, Katowice 1990.
2. Szymański Z.: *Zastosowanie metod sztucznej inteligencji do sterowania, monitorowania i diagnostyki górniczych maszyn transportowych i urabiających*. „Napędy i Sterowanie”, 2008, nr 45.
3. Szymański Z.: *Nowoczesne, energooszczędne układy zasilania górniczych maszyn urabiających i transportowych napędzanych silnikami zintegrowanymi*. „Mechanizacja i Automatyza Górnictwa”, 2004, nr 8.
4. Szymański Z.: *Nowoczesne rozwiązania w zakresie diagnostyki i monitorowania pracy maszyn górniczych jako kluczowy element ograniczania ich awaryjności*. W: Materiały konferencyjne XXII Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków, 18-22.02.2013 r.
5. *Komputery przemysłowe Promos. Dokumentacja techniczno-ruchowa*. Becker Elektrotechnika, Swierklany 2009.

Artykuł został zrecenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów.