

Eugeniusz MATRAS, Ryszard REIZER, Wojciech UMIŃSKI
Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, Radom

OPTYMALIZACJA PRACY CIĄGU PRZENOŚNIKÓW TAŚMOWYCH

Słowa kluczowe

Sterowanie, napęd elektryczny, przetwornica częstotliwości, sterownik PLC.

Streszczenie

W Instytucie Technologii Eksploatacji – Państwowym Instytucie Badawczym w Radomiu opracowano i wdrożono w Kopalni Węgla Brunatnego w Koninie nowoczesny układ napędu taśmociągów oparty na silnikach asynchronicznych zasilanych z przemienników częstotliwości. Dzięki możliwości płynnej regulacji prędkości obrotowej silników napędzających taśmę możliwe jest dostosowanie prędkości przesuwu taśmy do bieżącego obciążenia przenośników. System przenośników taśmowych został wykonany na potrzeby nowej odkrywki Drzewce. Dzięki temu rozwiązaniu uzyskano znaczne efekty ekonomiczne jak i poprawiono parametry eksploatacyjne układów mechanicznych przenośników taśmowych.

Wprowadzenie

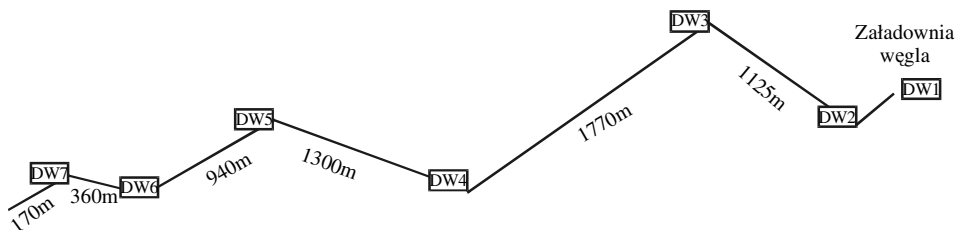
Rozwój konstrukcyjny i technologiczny przenośników taśmowych stymulowany jest rosnącymi wymaganiami inwestorów w przemyśle wydobywczym w aspekcie wydajności i efektywności. Po skutecznym uporaniu się z problemami związanymi z zapewnieniem wymaganej wydajności, elastyczności i niezawodności taśmowych systemów transportowych, uwaga projektantów i użytkowników skupia się przede wszystkim na obniżeniu kosztów eksploatacji

poprzez wdrażanie zaawansowanych rozwiązań energooszczędnych w zakresie sterowania i napędów [2, 4]. Około 70% kosztów energii elektrycznej jakie pokrywa kopalnia, jest związanych z energią pobieraną przez układy napędowe taśmociągów. Eksploatowane obecnie w Kopalni Węgla Brunatnego „Konin” przenośniki taśmowe do transportu węgla pochodzą z lat 70. i napędzane są wysokonapięciowymi silnikami pierścieniowymi o napięciu zasilania 6 kV i stałej prędkości obrotowej. Optymalne zużycie energii elektrycznej występuje wtedy, gdy przenośnik pracuje z nominalnym obciążeniem. Ponieważ obciążenie taśmociągu uzależnione jest od rodzaju materiału przenoszonych przez taśmociąg (węgiel, nadkład) jak i od wydajności koparki automatycznie narzuca się wniosek, że prędkość przesuwu taśmy powinna być dopasowana do bieżącego obciążenia. Zdarzają się również sytuacje, że na jeden taśmociąg sypany jest urobek z kilku taśmociągów, a więc prędkość przesuwu taśmy taśmociągu odbierającego powinna być znacznie większa od prędkości taśmociągów zadających. Problem ten rozwiązany może być poprzez zastosowanie układów napędowych z silnikami asynchronicznymi z przemiennikami częstotliwości [3]. Dodatkową zaletą tego rozwiązania jest to, że moc pobierana przez silniki asynchroniczne maleje wraz ze zmniejszaniem prędkości obrotowej, a więc przy nieobciążonych taśmociągach, a takie sytuacje mają miejsce przy rozruchu całego ciągu taśmowego jak i chwilowych przerwach w pracy koparki można pracować z prędkościami minimalnymi, zużywając znacznie mniej energii elektrycznej.

Stosowanie silników asynchronicznych zasilanych z przemienników częstotliwości wraz z odpowiednimi algorytmami sterowania umożliwi automatyczne dopasowywanie prędkości poszczególnych przenośników taśmowych pracujących w ciągu, w zależności od ich bieżącego obciążenia.

1. Układ napędowy taśmociągu

W Kopalni Węgla Brunatnego „Konin” wybudowano, na potrzeby ciągu węglowego odkrywki Drzewce, nowoczesny ciąg taśmowy składający się z siedmiu przenośników taśmowych różnej długości (rys. 1).



Rys. 1. Schemat ciągu węglowego odkrywki Drzewce

W budowie nowo planowanych stacji napędowych zaproponowano zastosowanie do napędu taśmociągów silników asynchronicznych na napięcie 500 V, zasilanych z przemienników częstotliwości. Dzięki takiemu rozwiązaniu uzyskano łagodny rozruch taśmociągu, możliwość płynnej regulacji prędkości obrotowej silników napędzających taśmociągi, a tym samym możliwość dostosowania prędkości taśmociągów do aktualnych potrzeb.

2. Badania układu napędowego w warunkach rzeczywistych

Badania układów napędowych taśmociągów prowadzone były na poziomym przenośniku DW5 o długości 940 m pracującym w odkrywce Drzewce oraz na przenośniku taśmowym o długości 470 m i wzniesieniu 30 m pracującego w Odkrywce Lubstów. Badania obejmowały pomiary zmian mocy pobieranej przez napędy w zależności od prędkości przesuwu taśmy i jej obciążenia urobkiem.

Przy taśmociągach poziomych, a takie głównie występują w ciągu taśmowym odkrywki Drzewce, mierzono pobór energii przenośników taśmowych w funkcji zmian prędkości przesuwu taśmy przy stałym obciążeniu (koparka pracowała ze stałą wydajnością). Zużycie energii jest praktycznie proporcjonalne do prędkości przesuwu taśmy (rys. 2).

Przy przenośniku pochyłym w pewnych warunkach pracy przenośnika determinowanych przez wzrost obciążenia taśmy urobkiem zaobserwowano wzrost poboru mocy przy zmniejszeniu prędkości przesuwu taśmy. Zjawisko to przedstawiono na rys. 3, obrazującym wpływ zmian prędkości taśmy, przy różnych jej obciążeniach urobkiem, na zmiany poboru mocy przez napędy wyrażone współczynnikiem $p[\%]$ określonym jako:

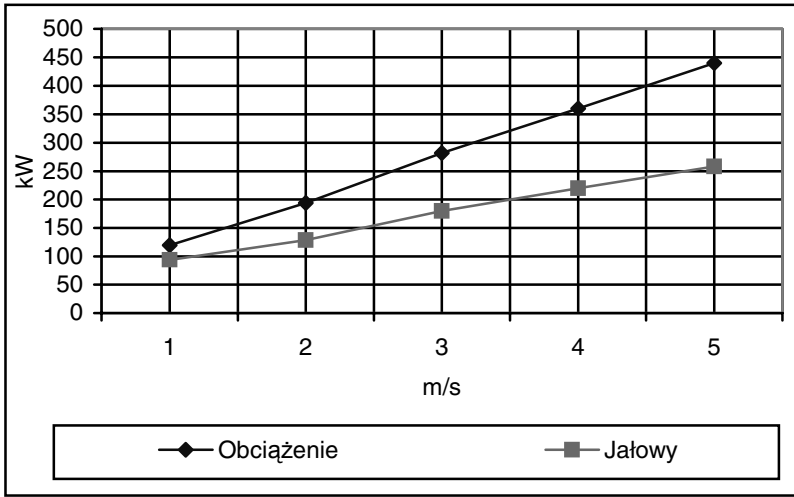
$$p[\%] = [(P_n - P)/P_n] \cdot 100\%$$

gdzie: P – moc pobierana przez przenośnik,

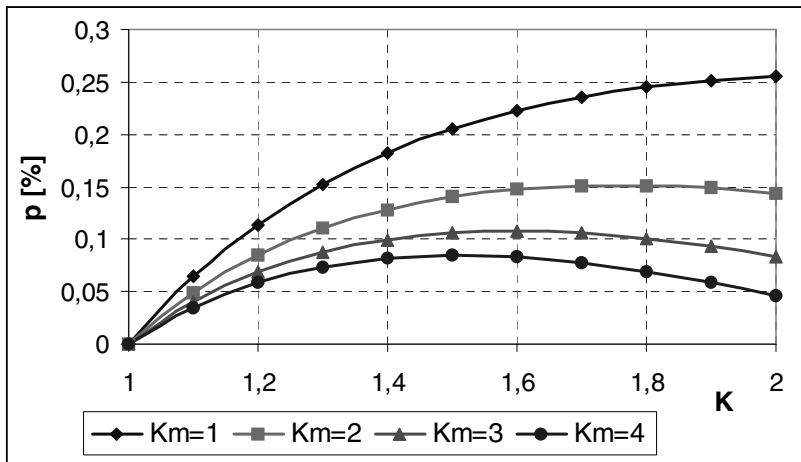
P_n – moc pobierana przez przenośnik przy prędkości nominalnej taśmy.

Pomiary przeprowadzono przy różnych obciążeniach taśmociągu, realizowanych przez zmianę masy „m” urobku na taśmie wyrażoną iloczynem współczynnika krotności masy $K_m = 1, 2, 3, 4$. Współczynnik $K_m = 4$ oznacza, że masa urobku na taśmociągu była cztery razy większa niż przy $K_m = 1$.

Efekt wzrostu poboru mocy przy malejącej prędkości taśmy jest wynikiem dużego kąta wzniosu przenośnika, a co za tym idzie konieczności wyniesienia urobku na odpowiednią wysokość. Przy zmniejszaniu prędkości przesuwu taśmy maleje energia kinetyczna i pogarsza się stosunek energii kinetycznej do potencjalnej.



Rys. 2. Zależność poboru mocy układów napędowych płaskiego taśmociągu pustego i z obciążeniem w zależności od prędkości przesuwu taśmy

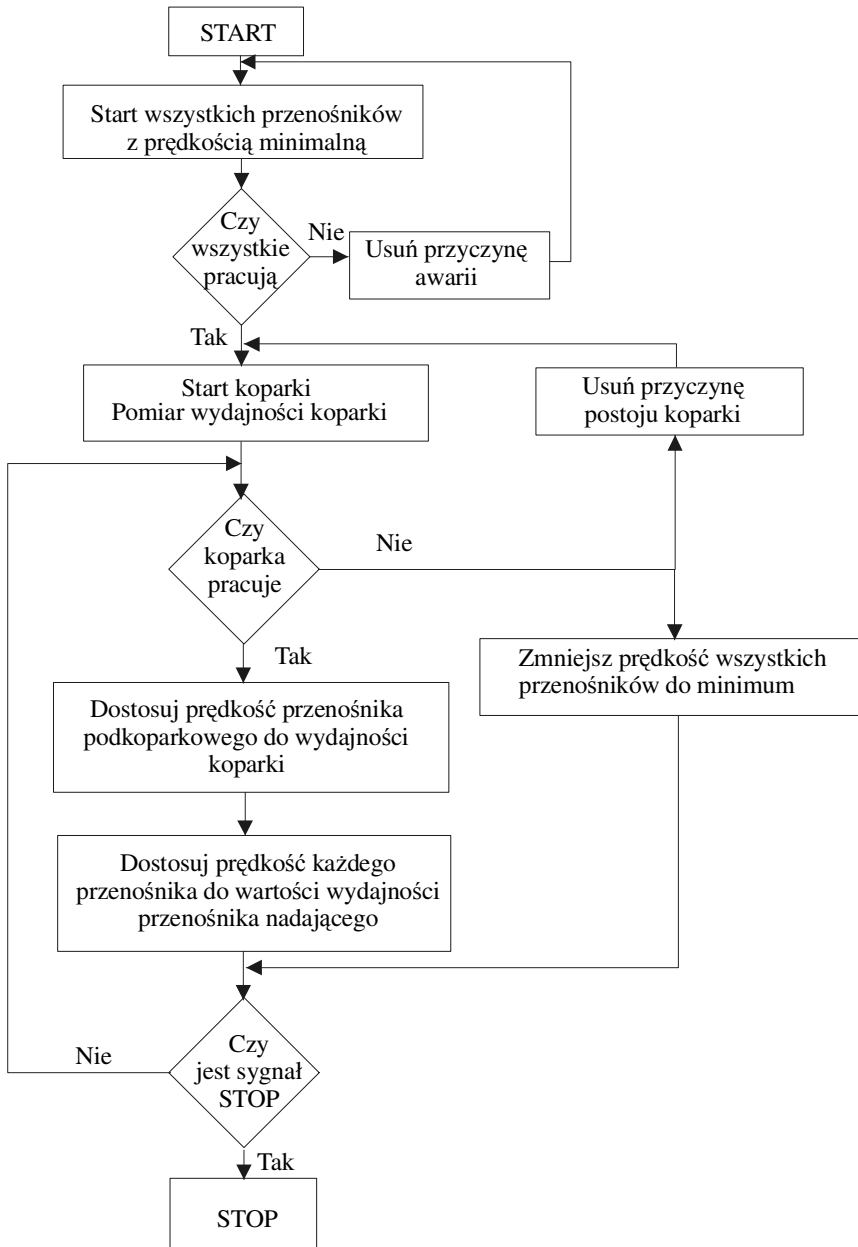


Rys. 3. Zależność poboru mocy przez układ napędowy taśmociągu pochylego w funkcji zmian prędkości przesuwu taśmy przy różnych obciążeniach wyrażonych współczynnikiem krotności masy K_m

O sumarycznym poborze energii całego ciągu przenośników taśmowych decydują najdłuższe, poziome taśmociągi (DW2, DW3, DW4 i DW5), na których w układach napędowych pracują trzy lub cztery silniki o mocy 315 kW. Jak wynika z badań, im mniejsza prędkość przesuwu taśmy przenośników poziomych, tym mniejsze zużycie energii elektrycznej. W optymalizacji pracy ciągu taśmowego powinno się dążyć do pracy przy możliwie małych prędkościach starając się utrzymać optymalne wypełnienie przenośników.

3. Układ z pomiarem wydatku na każdym taśmociągu

Algorytm pracy ciągu węglowego przedstawia rys. 4. Po sygnale START z dyspozytorni wszystkie przenośniki, bez względu na obciążenie, ruszają



Rys. 4. Algorytm pracy ciągu z pomiarem wydajności na przenośnikach

z prędkością minimalną. Po potwierdzeniu pracy wszystkich przenośników koparka może rozpocząć pracę. Sterownik przenośnika podkoparkowego dostosowuje prędkość przesuwu taśmy tego przenośnika do wydajności koparki. Każdy kolejny przenośnik dostosowuje swoją prędkość do bieżącego obciążenia taśmociągu nadającego, przy czym prędkość ta nie może być mniejsza od prędkości przenośnika nadającego. W przypadku przerwy w pracy koparki prędkość wszystkich przenośników zmniejsza się do prędkości minimalnej. Przenośnik kończy pracę w momencie otrzymania sygnału STOP z dyspozytorni.

Jeżeli w ciągu przenośników znajdują się przenośniki pochyłe, wynoszące urobek na pewną wysokość, należy ich prędkość dostosować do minimalnego poboru energii, a nie do wydatku taśmociągu nadającego, przy czym prędkość ta nie może być mniejsza od prędkości przenośnika nadającego.

4. Układ bez pomiaru wydatku na przenośnikach taśmowych

Algorytm pracy ciągu węglowego przedstawia rys. 5. Po sygnale START z dyspozytorni wszystkie przenośniki, bez względu na obciążenie, ruszają z prędkością minimalną. Po potwierdzeniu pracy wszystkich przenośników koparka może rozpocząć pracę. Sterownik przenośnika podkoparkowego dostosowuje prędkość przesuwu taśmy tego przenośnika do wydajności koparki. Jeżeli wszystkie przenośniki były puste, należy dostosować prędkość każdego przenośnika do prędkości przenośnika podkoparkowego po czasie $\frac{l}{V_{pod}}$, gdzie:

l – odległość początku danego przenośnika od miejsca sypania koparki na przenośnik podkoparkowy, V_{pod} – prędkość przesuwu taśmy przenośnika podkoparkowego.

Jeżeli przenośniki były wypełnione urobkiem, prędkość poszczególnych przenośników należy natychmiast dostosować do prędkości przenośnika podkoparkowego. W przypadku przerwy w pracy koparki prędkość wszystkich przenośników zmniejsza się do prędkości minimalnej, do czasu ponownego uruchomienia koparki. W układzie dokonywany jest czas postoju koparki. Jeżeli czas postoju koparki był dłuższy od czasu $\frac{l}{V_{min}}$, to dany przenośnik dostosowuje

swoją prędkość do prędkości przenośnika podkoparkowego po czasie $\frac{l}{V_{pod}}$.

Podsumowanie

Zastosowanie silników asynchronicznych zasilanych z przetwornic częstotliwości do napędu układów wymagających płynnej regulacji prędkości obrotowej powoduje szereg korzyści eksploatacyjnych:

1. Mniejsze zużycie energii elektrycznej poprzez dostosowanie prędkości do aktualnych potrzeb.
2. Mniejsze koszty remontów silników asynchronicznych w porównaniu z pierścieniowymi silnikami prądu stałego.
3. Zwiększenie trwałości zespołów mechanicznych w wyniku łagodnego (płynnego) rozruchu układu napędowego.
4. W układach wielonapędowych pracujących na wspólne obciążenie (przenośniki taśmowe) automatyczne utrzymanie jednakowego obciążenia wszystkich napędów przy różnych warunkach pracy.
5. Utrzymanie momentu obrotowego na założonym poziomie, co wpływa na zwiększenie żywotności wszystkich elementów konstrukcyjnych, takich jak: przekładnie, łożyska bębnowe, krążniki i inne.
6. Możliwość pozyskania dodatkowych informacji o pracy napędu (prędkość obrotowa, obciążenie) bez ponoszenia dodatkowych kosztów.

Praca naukowa finansowana ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, wykonana w ramach realizacji Programu Wieloletniego pn. „Doskonalenie systemów rozwoju innowacyjności w produkcji i eksploatacji w latach 2004–2008”.

Bibliografia

1. Gospodarczyk A., Matras E., Reizer R.: System sterowania i pomiaru parametrów elektrycznych układów napędowych. *Problemy Eksploatacji* 1'97, 193–199.
2. Duda Z., Kowalski Z., Ziębiński S.: Perspektywy zastosowania w budowie przenośników taśmowych w KWB „Bełchatów” S.A. napędów nowej generacji. *Symposium Naukowo-Techniczne Bełchatów 2003*.
3. Köhler U., Lehmann L.: Przenośniki taśmowe z regulowaną prędkością. *Transport Przemysłowy* 3(9)/2002, 48.
4. Gładysiewicz L.: Niekonwencjonalne napędy przenośników taśmowych. *Transport Przemysłowy* 1/2000, 5.
5. Konczewski P.: Kompleksowa rekonstrukcja i modernizacja jako praktyczne rozwiązanie problemu przedłużenia żywotności maszyn podstawowych. *Problemy urabiania i przeróbki skał – VII Krajowa Konferencja Górnictwa Odkrywkowego* 3/94. Szklarska Poręba 1994.

6. Żur T., Hardygóra M.: Przenośniki taśmowe w górnictwie. Wyd. „Śląsk”. Katowice 1996.

Recenzent:
Grzegorz KAMIŃSKI

Optimization of conveyor work

Key words

Steerage, Electrical Drive, Frequency Converter, PLC Controller.

Summary

A modern conveyor driving system with application of adjustable frequency drives supplying asynchronous motors has been worked out in the Institute for Sustainable Technologies - National Research Institute in Radom and implemented in Brown Coal Mine Konin. Due to the possibility of rotation speed line adjustment of conveyor propelling motors, the adjustment of speed conveyor to actual load conveyor is possible. The system fulfils the technical requirements of the Drzewce strip mine. Due to this solution improvement of economic effects and mechanical systems exploitations parameters has been obtained.

