

Jerzy ANTONIAK, Krzysztof KRYKOWSKI, Zygmunt SZYMAŃSKI  
Politechnika Śląska, Gliwice

## **BADANIA PRZENOŚNIKA TAŚMOWEGO TYPU LEGMET N 1000 Z NADAŻNYM NAPINANIEM TAŚMY**

**Streszczenie.** Przenośnik taśmowy typu Legmet N 1000 z nadażnym napinaniem taśmy poddano badaniom przemysłowym, których wyniki zamieszczono w pracy. Badania prowadzono dla różnych wariantów układu napędowego: napęd jednym silnikiem S3 lub S4 oraz napęd dwoma silnikami o jednakowych prędkościach obrotowych. Teoretycznie rozważono napęd silnikami dwubiegowymi oraz napęd dwoma silnikami o różnych prędkościach obrotowych. Warianty układu napędowego umożliwiające zmianę prędkości taśmy przenośnika mogą dać widoczne efekty ekonomiczne.

## **INVESTIGATIONS OF BELT CONVEYOR TYPE LEGMET N 1000 WITH FOLLOW UP SYSTEM OF BELT STRETCHER**

**Summary.** Belt conveyor type Legmet N 100 with a belt stretcher follow up system underwent industrial test. Results of these tests are presented in the paper. The research was conducted with different variants of drives: single drive S3 or S4 and two drives with identical rotational speed. The paper includes theoretical elaboration on driving the conveyor with two-speed drives and drives of unequal speeds. Variants of drive systems that allow variable belt speed may provide substantial economical effects.

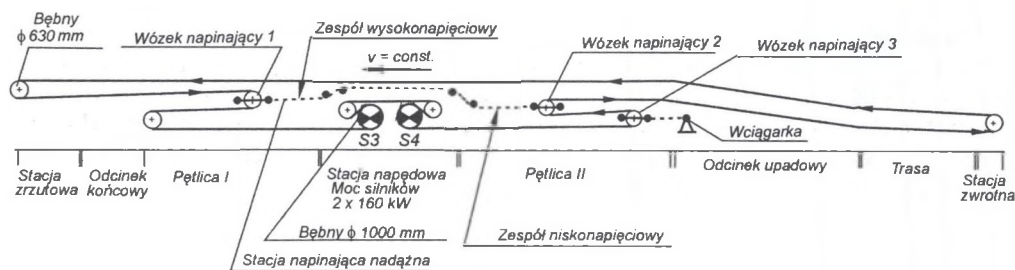
### **1. Wprowadzenie**

W polskim przemyśle wydobywczym stosowane są rozproszone oraz zintegrowane systemy eksploatacji, wykorzystujące wysoką koncentrację wydobywania. Wymaga to zastosowania wydajnych maszyn urabiających oraz niezawodnych systemów transportu: poziomego oraz pionowego. Systemy transportu poziomego powinny pracować w sposób ciągły i zapewniać płynną odstawę urobku do stacji załadowniczych na podszybiu, lub jego transport bezpośrednio na powierzchnię [1]. Systemy transportu pionowego (skipowe szyby wydobywcze) powinny być skoordynowane z dostawą urobku. Do głównej odstawy urobku wykorzystuje

się przede wszystkim układy przenośników taśmowych oraz w ograniczonym zakresie transport szynowy. W napędach górniczych maszyn transportowych wyraźną poprawę wskaźników energetycznych i ekonomicznych uzyskuje się przez: zastosowanie nowych rozwiązań układów napędowych (silniki wielobiegunowe, silniki o różnych prędkościach znamionowych), zastosowanie nowoczesnych zasilaczy przekształtnikowych, sterowanie optymalne systemu transportowego. W pracy przedstawiono opis układu napędowego oraz analizę pracy przenośnika taśmowego typu Legmet N 1000 z nadążnym napinaniem taśmy. Przenośnik ten zabudowany w podziemnej kopalni był obiektem badań i pomiarów.

## 2. Dane techniczne obiektu badań przemysłowych

Nowoczesne systemy transportu poziomego pracują w sposób ciągły (przenośniki taśmowe), zapewniając płynną odstawę urobku od przodków wydobywczych do stacji załadunkowych na podszybiu lub odstawę urobku bezpośrednio na powierzchnię. Przenośniki taśmowe są zasilane w urobek układami transportu przerywanego (system komorowofilarowy), lub ciągłego (system długościanowy). W pracy ograniczono się do analizy pracy przenośnika taśmowego typu Legmet. Jest to przenośnik z napędem dwusilnikowym z nadążnym naciąganiem taśmy. Przenośnik Legmet (o symbolu S320) jest wyposażony w dwie jednostki napędowe zawierające: silniki napędowe S3, S4, sprzęgła hydrodynamiczne, przekładnie, hamulce.



Rys. 1. Schemat obiegu taśmy w przenośniku taśmowym z nadążną stacją napinającą  
Fig. 1. Scheme of belt circulation in belt conveyor with follow up systems of belt stretcher

Silniki napędowe mogą mieć identyczną lub różną prędkość obrotową. Moce silników napędowych są tak dobrane, aby praca przy napędzie jednym silnikiem spełniała zadania transportowe przenośnika. Stacja napinająca jest umieszczona przy bębnie zrzutowym. Taka lokalizacja stacji napinającej zmniejsza siły napięcia w taśmie podczas rozruchu przenośnika oraz ogranicza zjawisko zrywania taśmy przenośnika. Rozruch taśmy odbywa się łagodnie bez niepotrzebnych uderzeń dynamicznych na taśmę [1]. Dane techniczne przenośnika za-

mieszczono w tabeli 1, natomiast schemat kinematyczny przenośnika Legmet N 1000 przedstawiono na rys. 1.

Tabela 1

Dane techniczne badanego przenośnika taśmowego Legmet N 1000

Wyszczególnienie	Wyszczególnienie
Długość $L = 1250$ m	Szerokość taśmy: $B = 1000$ mm
Profil trasy – poziomy; $+0^{\circ}7'$	Prędkość taśmy: $v_t = 2,5$ m/s
Typ taśmy – Depreux 1600/1 monopyl PVG	Punkty załadowcze urobku: kraty: 23, 20 i 14
Masa jednostkowa taśmy $m_t = 30$ kg/m	Średnice kół <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ nośne przegubowe <math>d_n = 133</math> mm</li> <li>➤ dolne sztywne <math>d_d = 133</math> mm</li> </ul>
Wydajność $Q$ : <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ teoretyczna – 1700 t/h</li> <li>➤ obliczeniowa – 420 t/h</li> </ul>	Rozstaw zestawów <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ górnych – 0,83 m</li> <li>➤ dolnych – 1,25 m</li> </ul>
Wykładziny bębnowe napędowych: gumowe, rowkowe	Napięcie zasilania $U = 500$ V
Silniki napędowe S3 i S4 o parametrach: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ moc znamionowa: 160 kW,</li> <li>➤ prędkość obrotowa: 1000 obr/min</li> </ul>	Typ silnika napędowego Sg 355 S6, praca S1
Nadążne urządzenie napinające o przełożeniu 1:6 (rys. 3)	Napęd dwóch luzowników o sile 1 kN i wciągarki dwubębnowej z silnikiem o mocy znamionowej: 22 kW

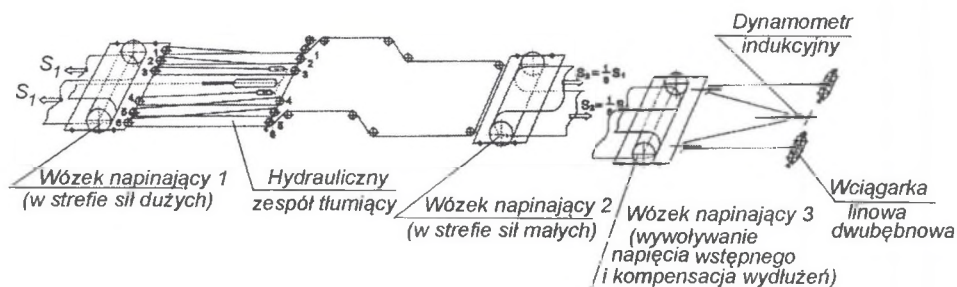
Napęd elektryczny przenośnika taśmowego jest złożony z dwóch silników napędowych: S3 oraz S4, o danych znamionowych: typ Sg 355 S6, moc znamionowa  $P_N = 160$  kW, napięcie zasilania  $U_{1n} = 500$  V $\Delta$ , praca S1, prędkość znamionowa  $n_n = 990$  obr/min oraz dwóch luzowników 1 kN. Załadunek urobku na przenośnik odbywa się w trzech punktach załadowczych usytuowanych w rejonie zwrotni (rys. 2).



Rys. 2. Uproszczony schemat układu załadowczego przenośnika taśmowego Legmet N 1000  
 Fig. 2. Simplified scheme of the loading system of belt conveyor Legmet N 1000

Urobek jest dowożony do tych punktów odbioru, zwanych kratami, przegubowymi wozami samowyładowniczymi na podwoziu ogumionym, o średniej ładowności około  $12 \times 10^3$  kg lub ładowarkami łyżkowymi [2]. Kopalnie rudy miedzi preferują ciężarowe układy napinania taśmy z uwagi na ich prostotę budowy i niezawodność działania. Jednak w tych miejscach, gdzie nie jest możliwe wykonanie wgnęki w stropie (wysokość wieży napinającej wynosi od

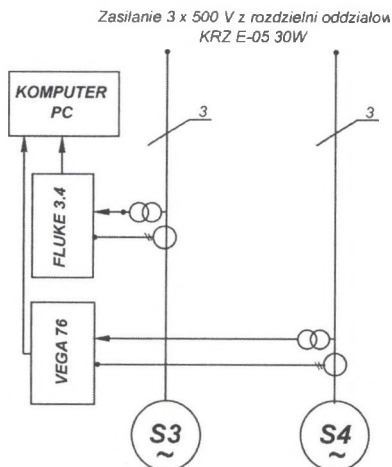
6 do 7 m), stosowane są nadążne układy napinania wstępnego taśmy (rys. 3). Układy te wymuszają zainstalowanie dodatkowych bębnow odchylających i złożonego układu olinowania.



Rys. 3. Schemat obiegu taśmy i układu napinania nadążnego taśmy przenośnika taśmowego Legmet  
Fig. 3. Scheme of the belt circulation and follow up systems of belt stretcher of the belt conveyer Legmet

### 3. Badania przemysłowe przenośnika taśmowego Legmet N 1000

Badania przeprowadzono na przenośniku Legmet N 1000, pracującym w jednym z podziemnych zakładów wydobywczych [2]. Układ napędowy przenośnika (dwa silniki napędowe: S3, S4 oraz luzowniki) jest zasilany z rozdzielnic KRZ E-05 30 W, która jest zasilana z trzech niezależnych źródeł. Dla określenia parametrów energetycznych oraz elektrycznych przenośnika taśmowego S 320 o stałej prędkości taśmy, dla różnych warunków pracy, przeprowadzono pomiary: napięcia zasilania, prądów pobieranych z sieci, mocy czynnych, mocy biernych pobieranych z sieci oraz energii elektrycznej. Schemat układu pomiarowego przedstawiono na rysunku 4.



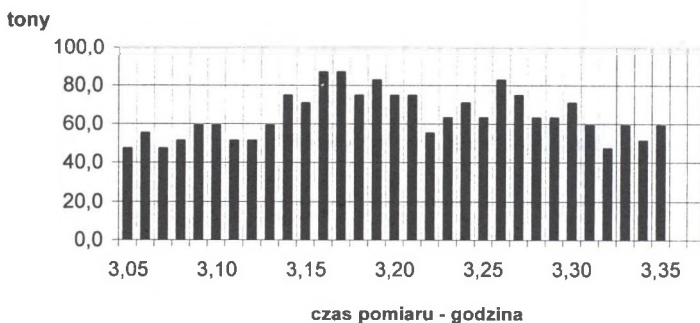
Rys. 4. Schemat układu pomiarowego do rejestracji parametrów elektrycznych i energetycznych  
Fig. 4. Scheme of the measured system for registration of electric and energetic parameters

Program badań przenośnika S 320 obejmował m.in.: rozruch, odłączenie przenośnika próżnego oraz obciążonego, pomiary mocy czynnej pobieranej przez układ napędowy przenośnika próżnego i obciążonego, przy napędzie jednym oraz dwoma silnikami, określenie liczby zatrzymań, czasów przerw (w czasie zmiany roboczej) oraz w cyklu 24 h, rejestracja parametrów energetycznych w czasie czterech zmian roboczych przenośnika.

Do pomiarów wykorzystano przyrządy pomiarowo-rejestrujące: Fluke 3.4 oraz Vega 76. Przyrządy te umożliwiają bezpośredni pomiar parametrów elektrycznych i energetycznych obwodu zasilającego, bez zapamiętania oraz w cyklu rejestrującym, a także analizę zapamiętanych danych po przesłaniu ich do komputera.

W trakcie pomiarów wielkości elektrycznych prowadzono rejestrację przybywania wozów samowyładowczych lub ładowarek oponowych do poszczególnych krat w czasie trwania czterech zmian wydobywczych, co po uśrednieniu pozwoliło na zbudowanie wykresów obciążenia urobkiem przenośnika taśmowego w funkcji czasu (rys. 5). Maksymalne obciążenie przenośnika występowało na zmianie czwartej, podczas której urobek był rozładowywany na trzech kratkach.

**Zmiana 4 - Maksymalne obciążenie przenośnika  
pomiar 17.11.2007 godz. 3:05-3:35**

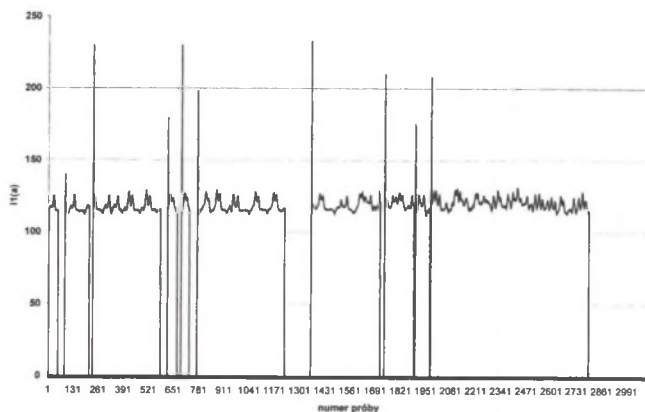


Rys. 5. Obciążenie przenośnika w dniu 17.11.2007 w godzinach 3:05-3:25

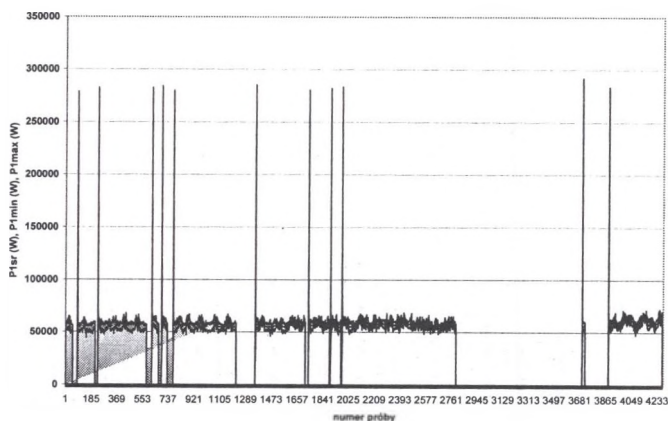
Fig. 5. Conveyor loading in 17.11.2007 in hours 3:05-3:25

Przykłady wyników pomiarów wielkości elektrycznych przedstawiono na rys. 6 i 7.

Na rysunku 6 pokazano przebieg zmian wartości prądów  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ , pobieranych z sieci przez silnik S3 w okresie 24 godzin, a na rys. 7 przebieg zmian energii oraz mocy czynnej średniej, minimalnej i maksymalnej w czasie 24 h. W tabeli 2 podano zestawienie czasów pracy, przerwy oraz średnie wartości mocy zastępczych wyznaczone dla poszczególnych zmian roboczych.



Rys. 6. Przebieg zmian wartości prądów  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$ , pobieranych z sieci przez silnik S3 w okresie 24 h  
 Fig. 6. Process of change supply currents  $I_1$ ,  $I_2$ ,  $I_3$  received with motor S3 during 24 hours



Rys. 7. Przebieg zmian energii, mocy czynnej średniej, minimalnej oraz maksymalnej w czasie 24 h  
 Fig. 7. Process of change an energy, average, minimum and maximum active power during 24 hours

Analiza wyników pomiarów przeprowadzonych w cyklu 24 h wykazała znaczną rozpiętość efektywnego czasu pracy w zależności od okresu zmiany roboczej: najdłuższe czasy pracy wystąpiły na II i IV zmianie. Czasy przerw spowodowanych celowymi (wynikającymi ze względów technologicznych) lub wymuszonymi (awarie) zatrzymaniami przenióska nie przekraczają 10% efektywnego czasu pracy przenióska. Pobór mocy czynnej przez jednostki napędowe przenióska Legmet N 1000 (silnik S3 oraz S4) nie przekracza mocy znamionowej jednego silnika ( $P_N = 160$  kW). Ułatwia to przyszłościowe wydłużenie przenióska do ponad 2000 m. Zapewnia to także prawidłową pracę przenióska z napędem jednosilnikowym, niezależnie od stopnia obciążenia taśmy (obciążenie maksymalne taśmy – pobór mocy 132 kW). Jest to szczególnie ważne podczas awarii jednego silnika napędzającego przenióska. Analiza wyników pomiarów wykazała także celowość zmian układu napędowego przenióska przez

wprowadzenie napędu dwoma silnikami o różnych prędkościach znamionowych oraz o różnych mocach znamionowych. Rozwiązanie to zapewni skokową regulację prędkości taśmy przenośnika, w zależności od wielkości urobku na taśmie, oraz pewne oszczędności energetyczne (rzędu 20%), spowodowane zmniejszeniem poboru mocy czynnej przez silniki napędowe, przy poprawie współczynnika mocy.

Wykorzystując dane pomiarowe i techniczne przenośnika taśmowego, wyznaczono metodą analityczną wartości współczynnika głównych oporów ruchu (tzw. fikcyjnego współczynnika tarcia), który dla przenośnika próżnego wynosi  $f_0 = 0,023$ , a dla przenośnika częściowo załadowanego urobkiem  $f_z = 0,0205$ . Na główne opory ruchu składają się: opory obracania krażników spowodowane ich ułożyskowaniem i uszczelnieniem smarem, opory obracania krażników wywołane różnego typu skośną nierównością, opory wywołane samoczynnym ustawianiem się przegubowych zestawów z wyprzedzeniem, opory wgniatania taśmy w krażniki, opory przeginania taśmy oraz opory falowania urobku.

Tabela 2

Zestawienie czasów pracy i przerw oraz średnie wartości mocy zastępczych wyznaczone dla poszczególnych zmian roboczych

Zmiana	Czas pracy min	Czas przerwy min	Moc zastępcza, kW	
			silnik S3	silnik S4
I zmiana 800 – 1230	191	49	57	50,2
II zmiana 1235 – 1650	249	6	58	49,5
III zmiana 2000 – 020	223	37	61	49,7
IV zmiana 035 – 4 45	238	12	62	50,0

Z badań przeprowadzonych w wielu ośrodkach naukowych wynika, że najmniejsze wartości współczynnika  $f_z$  występują dla obciążenia od 0,25 do 0,35 obciążenia znamionowego wynoszącego około 1700 t/h (lub 189 kg/m). W badanym przenośniku dla obciążenia względnego 0,238 współczynnik  $f_z = 0,0205$ , a więc  $f_0 > f_z$ , (czyli  $0,023 > 0,0205$ ), co wskazuje na poprawną pracę przenośnika taśmowego. Zwiększona wartość  $f_0$  (standardowa 0,02) jest wynikiem znacznej liczby bębnow odchyłających oraz ustawiania się z wyprzedzeniem przegubowych zestawów krażników nośnych.

Wyniki z tabeli 2 wskazują, że napęd bębna S3 jest bardziej obciążony od napędu bębna S4. Różnica w obciążeniu rośnie w miarę zwiększania się obciążenia całego przenośnika taśmowego i dochodzi do 20% obciążenia napędu S3. Okazuje się więc, że układ napinania z dwoma wózkami napinającymi połączonymi układem linowym o stałym przełożeniu ( $i = 6$ ), pomimo regulacji sprzęgieł hydrodynamicznych, nie przyczynia się do pełnego wyrównania obciążenia obydwóch napędów.

W przypadku wyłączenia napędu bębna S4 opór ruchu tego napędu zwiększa napięcie wstępne taśmy i jej napięcie maksymalne po stronie wejścia taśmy na napęd bębna S3. Wyłączenie napędu bębna S3 powoduje natomiast jedynie nieznaczny wzrost napięcia maksymalnego taśmy na wejściu na napęd bębna S4. Zależności te wynikają z analizy wykonanych pomiarów wielkości elektrycznych badanego przenośnika taśmowego.

## BIBLIOGRAFIA

1. Antoniak J.: Przenośniki taśmowe w górnictwie podziemnym i odkrywkowym. Wyd. III. Wydawn. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.
2. Antoniak J., Krykowski K., Szymański Z.: Analiza techniczno-ekonomiczna wykonalności proponowanych rozwiązań w projekcie wynalazczym – energooszczędny przenośnik taśmowy typu SKMR. Praca wykonana w IMG Politechniki Śląskiej, Gliwice 2007.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Antoni Kalukiewicz