

Jerzy Szymański<sup>1</sup>  
 Politechnika Radomska  
 CEiA ELPOL – RADOM



# Zagadnienia logistyczne i ekonomiczne transportu węgla brunatnego w kopalniach z zastosowaniem przenośników o regulowanej prędkości taśmy

Powierzchniowe węglowe przenośniki taśmowe to maszyny górnicze, które zużywają do 10% energii elektrycznej w kopalniach węgla brunatnego. Zwykle stosowane są w Polsce przenośniki węglowe o stałej prędkości taśmy. Poprzez zastosowanie nowych technik do budowy układów napędowych przenośników węglowych, umożliwiających regulację prędkości taśmy, można zmniejszyć zużycie energii elektrycznej nawet do 50%. Transport węgla jest bardzo energochłonny i proces ten musi być obecnie szczególnie nadzorowany w aspekcie minimalizowania zużycia energii elektrycznej. Polska jest jednym z największych producentów węgla brunatnego na świecie i przy wydobyciu rocznym około 62 mln ton, to także ważny czynnik klimatyczny przyczyniający się pośrednio do zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub>.

## Ciąg węglowy z przenośnikami o regulowanej prędkości taśmy

Wiele kopalń stosuje jeszcze silniki pierścieniowe średniego napięcia 6kV z rezystorami rozruchowymi, a czasami silniki klatkowe ze sprzęgłem hydrokinetycznym, które zapewniają łagodny rozruch przenośnika węglowego, ale bez możliwości regulacji prędkości taśmy [1].

Przenośniki bez regulacji prędkości taśmy powinny być głównie wykorzystywane do transportu nadkładu i pracować przy nominalnym obciążeniu. Praca przenośnika z nominalnym obciążeniem taśmy zapewnia najmniejszą energochłonność transportu. W wielu ciągach transportu węgla w polskich kopalniach wykorzystywane są przenośniki o stałej prędkości taśmy.

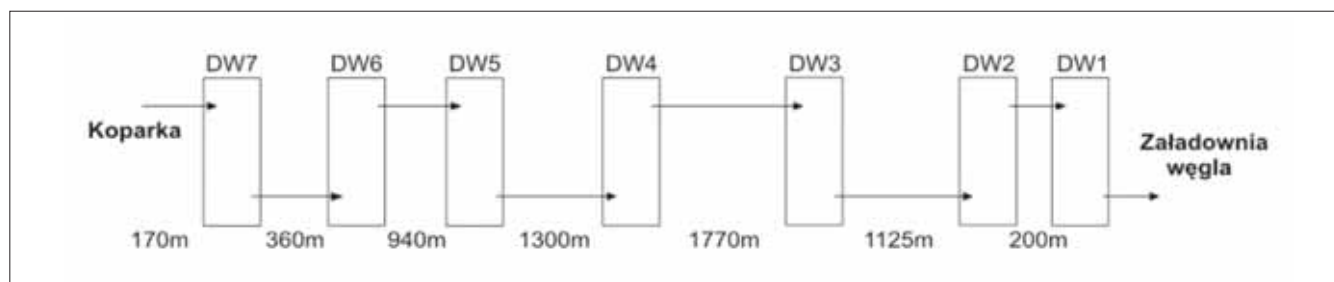
Moce silników w stacjach napędowych przenośników nadkładowych i węglowych zawierają się w granicach 250 kW – 1,2 MW, w ilości 1 – 4, zależnie od długości przenośnika i szerokości taśmy. Górnicza sieć zasilania, to sieć IT. Silniki stacji napędowych przenośników taśmowych zasilane są zwykle napięciem 6 kV, przy mniejszych mocach z sieci niskonapięciowej (na przykład 3 x 0,5 kV).

Nie jest możliwe, ze względu na zróżnicowaną strukturę geologiczną pokładów węgla, zapewnienie stałej wydajności koparki węglowej, aby jednocześnie zapewniła nominalne obciążenie przenośnika taśmowego o stałej nominalnej prędkości (5,24m/s) [2]. W takich zastosowaniach, dla zapewnienia nominalnego wypełnienia taśmy, niezbędne staje się dopasowanie prędkości taśmy przenośnika do chwilowej wydajności koparki (fot. 1).

W artykule przeprowadzono studium rzeczywistego zespołu węglowych przenośników o regulowanej prędkości taśmy, oddanego do eksploatacji w KWB „Konin” z początkiem 2006 roku na nowej odkrywce „Drzewce”. Jest to dotychczas jedyna na tego typu aplikacja w Polsce. Na świecie są one już coraz częściej stosowane [3].



Fot. 1. Ciąg węglowy z przenośnikiem o regulowanej prędkości taśmy 1,5 m/s – 6,0 m/s w odkrywce „Drzewce” w KWB „Konin”. (fot. archiwum Autora).



Rys. 1. Schemat technologiczny przenośników z regulowaną prędkością taśmy O/Drzewce w KWB Konin. 7 stacji napędowych DW1 – DW7 z elektronicznymi przemiennikami częstotliwości do regulacji prędkości obrotowej silników.

<sup>1</sup> Dr inż. J. Szymański jest adiunktem na Wydziale Transportu i Elektrotechniki Politechniki Radomskiej oraz Dyrektorem Centrum Elektroniki i Automatyki ELPOL w Radomiu (przyp. red.).

Ciąg węglowy zawiera zestaw 7 przenośników taśmowych o różnych długościach, od około 200 m do około 2 000 m, poziomych lub wznoszących. W analizowanym ciągu węglowym stacje napędowe przenośników wyposażone są w energooszczędne silniki klatkowe i elektroniczne przemienniki częstotliwości, umożliwiające regulację prędkości obrotowej silników, a tym samym prędkości taśmy przenośnika.

Kopalnia „Konin”, jedna z trzech kopalni węgla brunatnego w Polsce, wydobywa rocznie, a więc i transportuje około:

[65-70] mln m<sup>3</sup> nadkładu (x1,5 ton),

[90-95] mln m<sup>3</sup> wody (x1,0 ton),

**[10-11] mln ton węgla.**

Wydobycie węgla w kopalni „Konin” to blisko 20% krajowej produkcji. Odkrywka „Drzewce”, gdzie zastosowano przenośniki o regulowanej prędkości taśmy, ma ciąg węglowy o długości około 5,9 km (rysunek 1).

Kopalnia „Konin” eksploatuje także 3 inne odkrywki z przenośnikami o nieregulowanej prędkości taśmy ( $v_p = 5,24\text{m/s}$ ) i silnikami pierścieniowymi 320kW/6kV, o całkowitej długości przenośników węglowych rzędu 20 km i przenośników nadkładowych o łącznej długości rzędu 35 km. Energochłonność ciągu węglowego odkrywki „Drzewce”, pracującego ze zmniejszoną prędkością taśm wszystkich przenośników do wartości 2,5 – 3 m/s, jest prawie o 50% mniejsza od energochłonności przenośników pracujących ze stałą prędkością 5,24 m/s w pozostałych odkrywkach [4].

Zagadnienia kosztów transportu węgla w odkrywce górniczej przenośnikami z nieregulowaną i regulowaną prędkości taśmy będą przedmiotem analizy w dalszej części artykułu. Podstawowym celem tej analizy jest wykazanie konieczności szybkiej modernizacji stacji napędowych przenośników, które nie zapewniają możliwości regulacji prędkości taśmy. Według autora, należy pilnie wyeliminować przenośniki z nieregulowaną, stałą (nominalną) prędkością taśmy z ciągów transportu węgla.

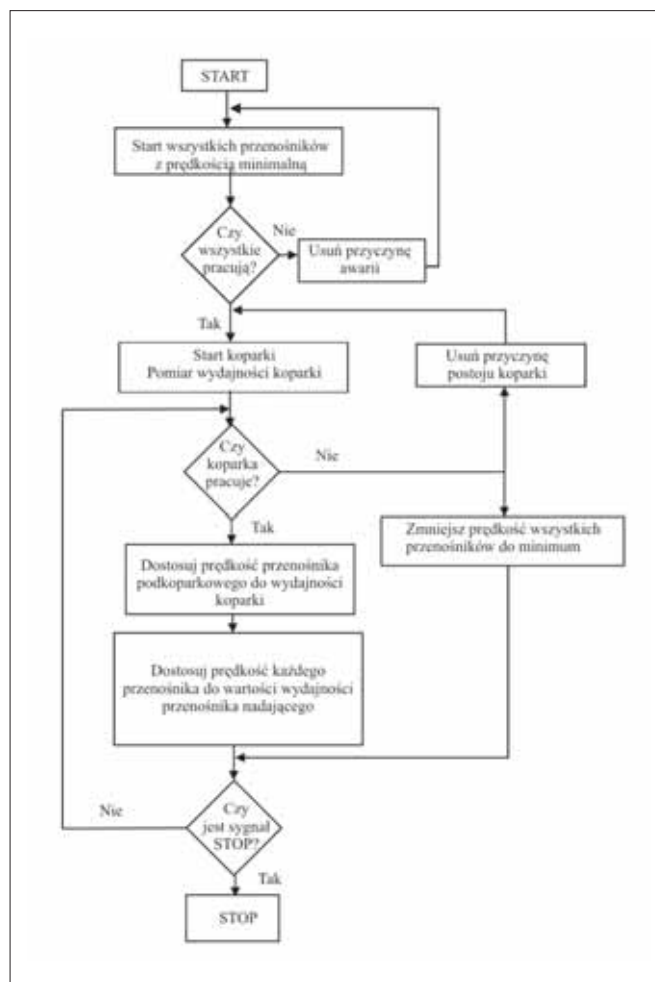
## Zagadnienia logistyczne stacji napędowych przenośników z regulowaną prędkością taśmy

Przykładowy algorytm sterowania przenośnikami z regulowaną prędkością taśmy w ciągu węglowym przedstawia rysunek 2. Można założyć dwa podstawowe kryteria pracy przenośników w ciągu węglowym:

1. Z maksymalnym wypełnieniem taśmy przenośnika węglem, gdy pozwala na to moc silników w stacji napędowej,
2. Z nominalnym obciążeniem przenośnika, jeśli maksymalne wypełnienie taśmy spowoduje przeciążenie silników w stacji napędowej.

Podstawowym kryterium jest tutaj moc silników głównych zainstalowanych w stacji napędowej przenośnika, to znaczy maksymalne wypełnienie taśmy przenośnika jest możliwe jeśli sumaryczna moc silników stacji napędowej nie będzie przekroczona. W przypadku przekraczania mocy silników stacji napędowych należy zmniejszyć strugę węgla.

Prędkość całego ciągu uzależniona jest od wydajności nadawy (koparka węglowa). Wydajność nadawy nie może powodować przeciążenia silników w stacjach napędowych przenośników ciągu węglowego. Przy krótkotrwałych przerwach w pracy koparki ciąg węglowy powinien mieć minimalną prędkość 1,5 – 2 m/s. W transporcie węgla brunatnego masa przemieszczanych części ruchomych przenośnika (taśma, rolki, bębny i inne) ma podstawowe znaczenie na zużycie energii elektrycznej, dlatego praca jałowa przenośników powinna być ograniczona do niezbędnego minimum. Koniecznym jest także stosowanie osłon przenośników chroniących węgiel przed zamoczeniem. Transport mokrego węgla lub nadkładu także znacząco zwiększa koszt transportu tych mediów.



Rys. 2. Algorytm sterowania prędkością taśmy przenośników w ciągu węglowym zależnie od wydajności koparki.

W Polsce należy dokonać gruntownego przeglądu środków technicznych i technik transportowania węgla brunatnego, gdyż obecny poziom jego wydobywania (około 62 mln ton/rok) jest szacowany do roku 2025 lub nawet do roku 2050 [5]. Biorąc pod uwagę ustalenia w zakresie ochrony klimatu na lata 2012 – 2020 należy liczyć się w najbliższym czasie ze skokowym wzrostem cen energii elektrycznej i dodatkowymi ograniczeniami wynikającymi z konieczności dużego zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub> we wszystkich obszarach działalności przemysłowej.

W zakresie logistyki transportu węgla na terenie odkrywki w kopalni węgla brunatnego są następujące zadania:

- wytypowanie właściwego sprzętu dla zapewnienia odpowiedniego poziomu wydobywania węgla
- ustalanie trasy ciągu węglowego po terenie odkrywki w miarę przemieszczania się koparki węglowej
- organizacja przemieszczania przenośników taśmowych ciągu węglowego od miejsca wydobywania do stacji załadunkowej

- utrzymanie sprawności przenośników poprzez właściwe zorganizowanie serwisu specjalistycznego, przeglądów i gospodarki częściami zamiennymi.

Zagadnienia budowy zaplecza serwisowego, w związku z bardzo szybko zachodzącymi zmianami w budowie i własnościach urządzeń elektroniki przetwarzania danych oraz elektronicznych przemienników częstotliwości, staje się skomplikowanym zagadnieniem logistycznym. Właściwa organizacja działań serwisowych (przeładów, wymiany podzespołów) bezpośrednio rzutuje na efektywność ekonomiczną ciągu węglowego z przenośnikami o regulowanej prędkości taśmy.

### Zagadnienia ekonomiczne eksploatacji ciągu węglowego przenośników z regulowaną prędkością taśmy

Koszt energii elektrycznej zużywanej na procesy transportowe decyduje w dużym stopniu o bieżących kosztach eksploatacji kopalni. Koszty transportu węgla są zwykle znacznie mniejsze od kosztów transportu nadkładu, niemniej są znaczące. W tabeli 1 przedstawiono energochłonność ciągów węglowych i nadkładowych w eksploatowanych odkrywkach KWB „Konin” w marcu 2008 roku. Zakładając zbliżone dane w pozostałych miesiącach roku można przyjąć, że na transport nadkładu zużywa się średnio 6,9 razy więcej energii, niż na transport węgla. Przenośniki nadkładowe są zwykle eksploatowane w warunkach pełnego obciążenia i tutaj oszczędności energii należy szukać w minimalizowaniu drogi transportowej oraz właściwym logistycznym zaplanowaniu rozmieszczenia nadkładu [6].

Z tabeli 1, określającej energochłonność ciągów węglowych i nadkładowych w odkrywkach kopalni „Konin” w marcu 2008 roku, można oszacować zużycie energii przez przenośniki węglowe i uzyskać dane o zdolności zaoszczędzenia energii przy transportowaniu węgla przenośnikami o regulowanej prędkości taśmy w zakresie 1,5 m/s – 6,0 m/s.

Na podstawie tabeli 1 można postawić pytanie, dlaczego występują tak duże różnice w zużyciu energii elektrycznej do transportu nadkładu w różnych odkrywkach kopalni? Duże różnice zużycia energii elektrycznej występują nawet przy transportowaniu nadkładu różnymi ciągami transportowymi KTZ w jednej odkrywce. Można zakładać pewne możliwości zaoszczędzenia energii przy działaniach logistycznych, polegających na dopasowaniu wydajności koparki nadkładowej do wydajności nadkładowych przenośników ciągu KTZ.

W tabeli 2 przedstawiono energochłonność transportu węgla za okres pierwszego półrocza 2007 roku we wszystkich odkrywkach kopalni „Konin”. Zużycie energii w ciągach węglowych z przenośnikami o stałej prędkości taśmy (5,24 m/s) jest prawie dwukrotnie większe, niż w ciągu węglowym odkrywki „Drzewce” [2].

Średnie zużycie energii na transport węgla w odkrywkach z przenośnikami węglowymi o nieregulowanej prędkości taśmy w ciągu węglowym wynosi ok. 0,5 kWh/tkm, natomiast w odkrywce z przenośnikami węglowymi o regulowanej prędkości taśmy wynosi 0,26 kWh/tkm, to jest prawie o 50% mniej. Cena zakupu energii elektrycznej na potrzeby kopalni w marcu 2007 roku wynosiła 0,20 PLN/kWh.

Należy tu wnioskować, że w analizowanym okresie wydajność koparki (złóża węglowego) odkrywki „Drzewce” była bardzo mała i ciąg węglowy pracował przy minimalnych dozwolonych prędkościach. Przebieg zużycia energii dla różnych prędkości taśmy przenośnika i przy stałej wydajności koparki przedstawiono na rysunku 3.

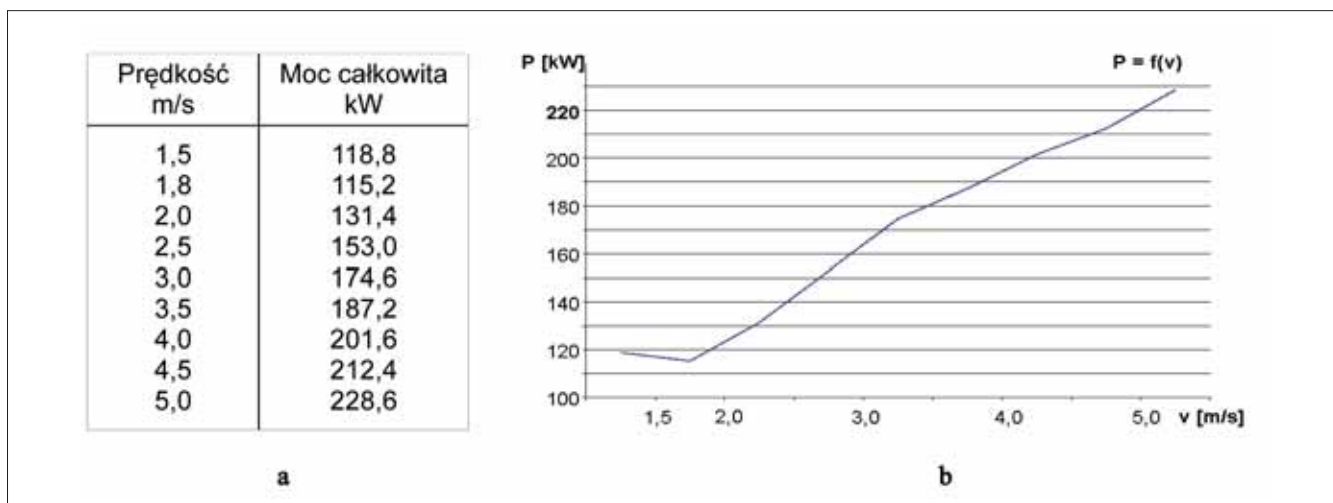
Tab. 1. Energochłonność ciągów węglowych i nadkładowych KWB „Konin” w marcu 2008 roku (bez maszyn podstawowych).

m-c	Odkrywka	Długość ciągu	Zużycie energii za miesiąc	Wydobycie za miesiąc	Wskaźnik energochłonności	
		km	kWh	nakład m <sup>3</sup> węgla t	kWh/m <sup>3</sup> km kWh/tkm	
marzec	Odkrywka „Kazimierz”	KTZ II	2469570	835092	0,457	
		8,469				
	przenośniki węglowe o stałej prędkości taśmy 5,24m/s	węgiel	431911	222506	0,463	
		4,195				
	Odkrywka „Józwin”	KTZ I	4202872	1429030	0,318	
		8,575				
		przenośniki węglowe o stałej prędkości taśmy 5,24m/s	KTZ II	2688720	941546	0,525
			5,435			
		KTZ III	2307324	822632	0,646	
						4,345
	węgiel	1701252	303682	0,594		
	9,435					
	Odkrywka „Lubstów”	KTZ II	1377336	445732	1,091	
		2,833				
przenośniki węglowe o stałej prędkości taśmy 5,24m/s		węgiel	221904	123316	0,442	
4,067						
Odkrywka „Drzewce”	KTZ I	2399653	1129283	0,923		
	2,302					
	przenośniki węglowe o regulowanej prędkości taśmy 1,5m/s - 6,00m/s	węgiel	187196	125280	0,261	
5,716						

Tab. 2. Energochłonność ciągów węglowych KWB „Konin” w I półroczu 2007 roku.

Miesiąc		I	II	III	IV	V	VI
o/Józwin	kWh/tkm	0,657	0,553	0,455	0,443	0,379	0,481
o/Kazimierz	kWh/tkm	0,496	0,516	0,641	0,461	0,428	0,372
o/Lubstów	kWh/tkm	1,179	1,142	0,579	0,472	0,524	0,651
o/Drzewce	kWh/tkm	0,283	0,312	0,263	0,220	0,22	0,435 Remont

Ze zmierzonego poboru mocy czynnej przenośnika węglowego (rysunek 3) można wyznaczyć straty biegu jałowego i zapotrzebowanie przenośnika na moc czynną do transportu węgla. W analizowanym przypadku przenośnik pobiera około 50 kW na pokrycie potrzeb własnych, to jest przesuwu taśmy i na



Rys. 3. Zużycie energii przez przemiennikowy przenośnik węglowy o regulowanej prędkości taśmy 1,5 m/min – 5 m/min. Napęd taśmy posiada dwa przemienniki i dwa silniki SXh55H8Es o mocach 315 kW. Przenośnik węglowy ma długość 200 m, wysokość podnoszenia 18 m. W czasie pomiarów  $P = f(v)$  koparka Rs400 utrzymywała stałą wydajność, którą na podstawie czasu załadunku składów wyliczono na 833 t/h.

a) dane w ujęciu tabelarycznym,  
b) wykres poboru mocy przez przenośnik węglowy w funkcji prędkości.

pędu części wirujących oraz około 70 kW na przetransportowanie węgla (833 t/h). Trzykrotny wzrost prędkości taśmy przenośnika przy stałej wydajności koparki powoduje blisko trzykrotne zwiększenie strat własnych przenośnika. Zakładając zwiększenie prędkości taśmy od wartości 1,5 m/s do wartości 4,5 m/s uzyskujemy:  $P = 3 \times 50 \text{ kW} + 70 \text{ kW} = 220 \text{ kW}$ , co pokrywa się z danymi pomiarowymi przedstawionymi na rysunku 3a.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że tę samą ilość węgla (833 t/h) transportujemy zużywając o 100% więcej energii, niż rzeczywiste zapotrzebowanie, z powodu konieczności pracy przenośnika węglowego ze stałą prędkością 5,24 m/s, a nie z prędkością taśmy 1,5 m/s.

Koszt energii elektrycznej to najważniejszy składnik kosztów eksploatacji przenośnika węglowego, a regulacja prędkości radykalnie redukuje ten koszt. Inne składniki kosztów, wynikające z mniejszego zużycia części mechanicznych przenośnika, dodatkowo ten efekt wzmacniają.

Warto przeanalizować koszty wybudowania (inwestycyjne) stacji napędowej przenośnika węglowego o rozwiązaniu tradycyjnym (z silnikami pierścieniowymi 6 kV) i rozwiązaniu nowym, z zastosowaniem niskonapięciowych przemienników częstotliwości i niskonapięciowych wysokosprawnych silników klatkowych. Korzystnie jest także założyć, że stacje są budowane jako uniwersalne, z 4 silnikami napędowymi, z możliwością wykorzystywania do napędu przenośników nadkładowych. W przybliżonej analizie kosztów inwestycyjnych uwzględniono jedynie koszty elektrycznych podzespołów stacji napędowych.

Zestawienie kosztów budowy stacji napędowej przenośnika węglowego (według cen w roku 2007 – wycena własna autora):

- A *Przenośnik ze stałą prędkością taśmy (rozwiązanie tradycyjne):* Koszt kontenera stacji elektroenergetycznej do zasilania silników pierścieniowych (4 x 320 kW/6kV – bez silników, silniki pozyskane z zasobów własnych) – 1,2 mln zł (300 000 euro),
- B *Przenośnik z regulowaną prędkością taśmy (rozwiązanie nowoczesne):*

Koszt kontenera stacji elektroenergetycznej do zasilania silników klatkowych wraz z silnikami klatkowymi i napięciowymi przemiennikami częstotliwości – NPC (4 x 315 kW / 500 V + 4 x NPC) – 1,5 zł (375 000 euro).

Koszty budowy stacji napędowych obydwu rodzajów są zbliżone. Jeśli uwzględni się zakup nowych silników pierścieniowych do stacji o rozwiązaniu tradycyjnym, to nawet koszt stacji z silnikami klatkowymi i napięciowymi przemiennikami częstotliwości jest o około 20% mniejszy. Interesująca jest też możliwość dalszego wykorzystywania silników pierścieniowych większych mocy (500 kW / 6 kV – 1,2 MW / 6 kV) powszechnie stosowanych w kopalniach węgla brunatnego do napędu przenośników o nieregulowanej prędkości taśmy. Silniki pierścieniowe, przy zwartych uzwojeniach wirnika, można potraktować jak silniki klatkowe i zasilac z elektronicznych przemienników częstotliwości o napięciu znamionowym 6 V [3]. Koszty elektronicznych przemienników częstotliwości o napięciu znamionowym 6 kV mogą w najbliższym czasie ulec znacznemu obniżeniu ze względu na rozpoczęcie krajowej produkcji tych urządzeń. Próby obciążeniowe przemienników częstotliwości o napięciu znamionowym 6 kV i mocach 1,0 MW – 2,5 MW są prowadzone w Instytucie Elektrotechniki w Warszawie [7].

## Podsumowanie

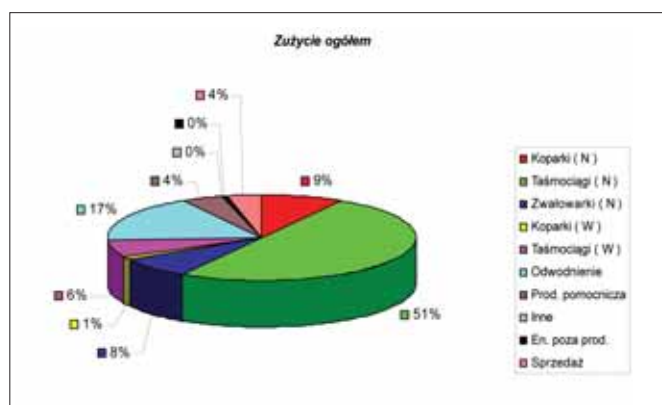
Obecnie trzeba będzie przystąpić do szybkiej modernizacji napędów maszyn górniczych, ponieważ problemy klimatyczne przekładające się na decyzje polityczne i gospodarcze będą wymuszać szybkie poszukiwanie energooszczędnych technik transportowych. Argumenty ekonomistów o niepełnej amortyzacji czy technologów o dobrym stanie technicznym wykorzystywanych stacji napędowych przenośników ze stałą (nieregulowaną) prędkością taśmy, będą mieć drugorzędne znaczenie.

Przeprowadzona analiza jednoznacznie wskazała na konieczność stosowania powierzchniowych przenośników węglowych o regulowanej prędkości taśmy. Ciąg węglowy z przenośnika-

mi o regulowanej prędkości taśmy za pomocą niskonapięciowych przemienników częstotliwości (FOC) jest już zbudowany i eksploatowany od początku 2006 roku w KWB „Konin”, a uzyskiwane efekty nie pozostawiają wątpliwości, co do trafności zastosowanego rozwiązania.

Pełna automatyzacja, monitoring i praca bezobsługowa ciągu węglowego, właściwe logistyczne przygotowanie wydobywania, to dodatkowe czynniki zapewniające dalsze możliwości oszczędzania energii.

Istnieje pewna ostrożność górników przed stosowaniem nowoczesnych urządzeń elektronicznych dużej mocy w górnictwie. Górnictwo odkrywkowe węgla brunatnego stawia jednak inne, często łagodniejsze wymagania, niż górnictwo podziemne. W tych zastosowaniach doświadczenie światowych producentów przemienników częstotliwości i polskich zespołów wdrożeniowych jest na tyle duże, że nie należy obawiać się zmniejszenia niezawodności ciągów węglowych z przenośnikami o regulowanej prędkości taśmy w stosunku do rozwiązań tradycyjnych.



Rys. 4. Zużycie energii KWB „Konin” z podziałem na poszczególne procesy techniczne (N – nadkład, W – węgiel). IX-2007 – całość ok. 30GWh/miesiąc

W kopalniach, a tym samym w kraju, są możliwe do uzyskania duże oszczędności energii. KWB „Konin” zużywa rocznie 350 GWh energii elektrycznej, z czego 6% zużywają węglowe przenośniki taśmowe (rysunek 4). W skali kopalni możliwe jest nawet otrzymanie 3% zmniejszenia zużycia energii elektrycznej, co przy cenie energii elektrycznej 0,2 zł/kWh daje roczne oszczędności na poziomie 2,1 mln zł. Jest to przybliżony koszt 2 stacji napędowych z regulowaną prędkością taśmy. Przyjmując 20 – letni czas pracy zespołów elektromaszynowych i 10 – letni dla urządzeń elektronicznych, zwrotu poniesionych nakładów inwestycyjnych należy spodziewać się najdalej po 5 latach. Niskonapięciowe energoelektroniczne przemienniki częstotliwości – przy obecnych cenach – to około 35% kosztów stacji. W tej uproszczonej analizie uwzględniono jedynie zysk z zaoszczędzonej energii elektrycznej przy założeniu stałej ceny zaopatrzeniowej energii elektrycznej (0,2 zł/kWh).

Największą pozycję w bilansie energetycznym kopalni stanowi energia używana na transport nadkładu – 51%. Niemniej tu trzeba upatrywać oszczędności nie tyle w dopasowywaniu prędkości taśmy przenośnika do wydajności koparki nadkładowej, ile w zapewnieniu koparki (koparek) o odpowiedniej wydajności tak, aby zapewnić nominalne obciążenie przeno-

śnika nadkładowego w ciągu KTZ. Poszukiwanie odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych przenośnika nadkładowego minimalizujących jego straty własne może także przynieść duże oszczędności. Te rozważania są przedmiotem innych opracowań [1, 8, 9].

## Streszczenie

Powierzchniowe węglowe przenośniki taśmowe to maszyny górnicze, które zużywają do 10% energii elektrycznej w kopalniach węgla brunatnego. Zwykle stosowane są w Polsce przenośniki węglowe o stałej prędkości taśmy. Poprzez zastosowanie nowych technik do budowy układów napędowych przenośników węglowych, umożliwiających regulację prędkości taśmy, można zmniejszyć zużycie energii elektrycznej nawet do 50%. Transport węgla jest bardzo energochłonny i proces ten musi być obecnie szczególnie nadzorowany w aspekcie minimalizowania zużycia energii elektrycznej. Polska jest jednym z największych producentów węgla brunatnego w świecie i przy wydobyciu rocznym ok. 62 milionów ton, to także ważny czynnik klimatyczny przyczyniający się pośrednio do zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub>.

## Abstract

Nowadays surface lignite mobile conveyor belts used about 10% of total mine electrical energy. In Poland, lignite conveyors with constant belt speed are typically used. About 50% of these energy consumption is possible to save by usage a new techniques in solution of conveyor belts electrical drive. A lignite transport inside an open coast is a very costly and these processes must particularly be inspected to reduction energy consumption Because annual lignite production in Poland is about 62mln ton the lignite transport energy consumption not only economical problem but it is important climatic aspect too.

## LITERATURA

- [1] Voith Turbo GmbH & Co. KG, *System Competence for Belt Conveyor Drives*, 2007.
- [2] Materiały zaczerpnięte ze Spotkania Służb Elektrycznych, Automatyki i Łączności Kopalń Węgla Brunatnego, Konin – Ślesin, 18-19.10.2007.
- [3] Siemens AG, *Automation and Drives, Large Drives: Higher efficiency in conveyor drives SIMOVERT MV in a brown coal mine*, 2002.
- [4] Kasztelewicz Z., Szymański J.: *Nowa metoda sterowania napędem przenośników o regulowanej prędkości taśmy w kopalniach węgla brunatnego*, Przegląd górniczy, nr 1/2008.
- [5] Kasztelewicz Z., Kozioł W., Klich J.: *Węgiel brunatny najtańszy nośnik energii w Polsce i jego perspektywy*, Górnictwo Odkrywkowe, Poltegor Instytut, Wrocław, nr 7-8/2004.
- [6] Wartecki A.: *Procesy logistyczne kopalni odkrywkowej*, Logistyka, nr 2/2003.
- [7] Szczepankowski P., Zymmer K., Zakrzewski Z., Strzelecki R.: *Czteropoziomowy falownik napięcia 6 kV typu „Diode Clamped”. Budowa i sterowanie*, Przegląd Elektrotechniczny, nr 4/2008.
- [8] Gładysiewicz L., Schwandtke R.: *Inteligentne zawieszenie zestawów krążnikowych w przenośnikach*, Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze, nr 1/2008.
- [9] Antoniak J.: *Wpływ odstawy urobku przenośnikami taśmowymi z węglowych ścian wysokoprodukcyjnych na zmianę modelu kopalni*, nr 1/2008