

prof. dr hab. inż. MARIAN DOLIPSKI
dr inż. PIOTR CHELUSZKA
dr inż. PIOTR SOBOTA
Instytut Mechanizacji Górnictwa
Wydział Górnictwa i Geologii
Politechnika Śląska
mgr inż. STANISŁAW TYTKO
GRUPA KOPEX, Rybnicka Fabryka Maszyn RYFAMA S.A.

Pomiary obciążeń dynamicznych ścianowego przenośnika zgrzeblowego w warunkach eksploatacyjnych

W artykule przedstawiono zagadnienie pomiaru obciążeń dynamicznych w wysoko wydajnym ścianowym przenośniku zgrzeblowym dla potrzeb wyznaczenia obciążenia bębnowo łańcuchowych przenośnika zgrzeblowego oraz określenia ich sprawności. Opracowany został w tym celu układ do pomiaru i cyfrowej rejestracji charakterystyk dynamicznych napędów oraz łańcucha zgrzeblowego ścianowego przenośnika zgrzeblowego, o konstrukcji dostosowanej do warunków podziemnych wyrobisk górniczych. Pomiar obciążenia dynamicznego w łańcuchu zgrzeblowym realizowany był przy tym jednocześnie w gałęzi nabiegającej i zbiegającej. Wykorzystane zostały w tym celu dedykowane ogniwa pomiarowe, stanowiące autonomiczny układ pomiarowo – rejestrujący. Konstrukcja ogniw pomiarowych zapewniała przy tym swobodny ruch łańcucha zgrzeblowego pomiędzy bębnowymi łańcuchowymi wzdłuż trasy przenośnika. Istotnym zagadnieniem, jakie musiało być tu rozwiązane, była synchronizacja wszystkich torów pomiarowych. Opracowany układ pomiarowy zaimplementowany został dla potrzeb badań eksploatacyjnych w przenośniku ścianowym zgrzeblowym RYBNIK 750, eksploatowanym w kopalni węgla kamiennego.

1. WPROWADZENIE

Przenośniki zgrzeblowe stanowią jeden z głównych środków odstawy urobku z przodków w górnictwie podziemnym węgla kamiennego. Rozwój konstrukcji tych maszyn musi więc nadążać za wymaganiami wynikającymi z postępu technicznego, jaki dokonuje się w sferze maszyn urabiających. Przenośniki zgrzeblowe: ścianowe i podścianowe cechują się więc coraz większą wydajnością, a co za tym idzie, coraz większą mocą napędów [1,6]. Istotnym zagadnieniem jest przy tym stałe dążenie do wzrostu trwałości i niezawodności tych maszyn, co skutkować ma dużą żywotnością oraz możliwością bezawaryjnej ich pracy, szczególnie w trudnych warunkach eksploatacyjnych.

Stale rosnące moce napędów, które dochodzą już obecnie do 1500, a nawet 1800 kW [5], są równoznaczne z intensywnym wzrostem obciążenia dynamicznego poszczególnych elementów przenośnika, w tym łańcucha zgrzeblowego oraz bębnowo łańcuchowych, które pośredniczą w przeniesieniu ruchu z napędu na ten łańcuch. Prowadzone badania komputerowe oraz obserwacje eksploatacyjne wskazują na skomplikowany charakter współdziałania bębnowo łańcuchowych z łańcuchem zgrzeblowym, czego skutkiem jest szybkie ich zużycie oraz znaczne straty energii w zazębieniu [2, 3, 4]. Poprawa warunków współdziałania wymienionych elementów jest więc istotnym zagadnieniem, mającym na celu zwiększenie ich trwałości oraz zmniejszenia energochłonności transportu urobku przenośnikami zgrzeblowymi. Jednym z kierunków działań w sferze badawczej jest

określenie wielkości i charakteru rzeczywistego obciążenia dynamicznego bębnow łańcuchowych, napędów oraz łańcuchów wysoko wydajnego przenośnika zgrzeblowego w warunkach eksploatacyjnych. W tym celu w Instytucie Mechanizacji Górnictwa Wydziału Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej opracowane zostały założenia techniczne oraz dokonana została konfiguracja układu do pomiaru obciążeń dynamicznych w wysoko wydajnym przenośniku ścianowym zgrzeblowym. Opracowane tory pomiarowe wykorzystane zostały w pomiarach dołowych przenośnika ścianowego zgrzeblowego RYBNIK 750 w warunkach KWK Chwałowice.

Przyjęta lokalizacja obiektu badań pozwoliła na pomiar i rejestrację rzeczywistych stanów obciążenia dynamicznego napędów przenośnika oraz łańcucha zgrzeblowego generowanego oporami ruchu łańcucha oraz obciążeniem pochodzącym od urobku węglowego. Wielkość tych obciążeń była więc odzwierciedleniem faktycznego stanu wynikającego z warunków pracy badanego przenośnika zgrzeblowego, jego geometrii oraz wielkości strumienia nadawy, jaką był on obciążony w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych. Parametry tego przenośnika odpowiadały przy tym parametrom powszechnie stosowanych przenośników ścianowych w polskim górnictwie węgla kamiennego.

2. OBIEKT BADAŃ

Pomiary obciążeń dynamicznych realizowane były w pochylni transportowej, w której zainstalowany był przenośnik zgrzeblowy RYBNIK 750 o długości 245 m. Wyposażony był on w dwa jednosilnikowe napędy o mocy 250 kW (tab. 1). W napędzie wysypowym zastosowany był silnik dwubiegowy, który poprzez sprzęgło podatne oraz dwustopniową przekładnię zębatą planetarną napędzał bęben łańcuchowy (napęd prostopadły). Z kolei napęd zwrotny wyposażony był w trójstopniową przekładnię zębatą stożkową – planetarną (napęd równoległy). Transport urobku realizowany był za pośrednictwem łańcucha zgrzeblowego 2×34×126 mm. Średnie nachylenie podłużne trasy badanego przenośnika zgrzeblowego wyniosło 24°.

3. KONFIGURACJA TORÓW POMIAROWYCH

Dla potrzeb doświadczalnego wyznaczenia obciążenia dynamicznego bębnow łańcuchowych badany przenośnik zgrzeblowy wyposażony był w układy

Tabela 1

Charakterystyka techniczna obiektu badań

Parametr	Wielkość
Typ przenośnika	RYBNIK 750
Długość	245 m
Średnie nachylenie podłużne	24°
Liczba napędów	2
Moc silników napędowych	85/250 kW
Typ przekładni zębatych:	
– napęd wysypowy	25P33–450
– napęd zwrotny	25KP33–450
Wielkość łańcucha zgrzeblowego	2×34×126 mm
Prędkość łańcucha zgrzeblowego	1,3 m/s

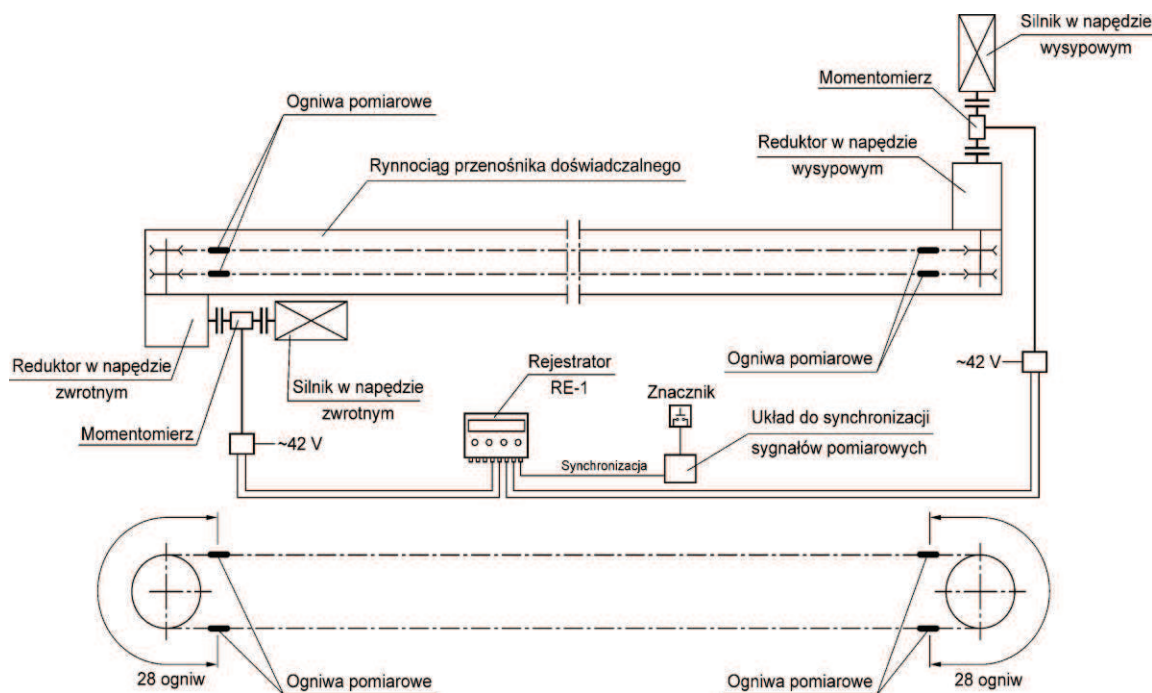
pomiarowe umożliwiające pomiar i rejestrację następujących charakterystyk czasowych:

- momentu obrotowego na wale silnika w napędzie wysypowym,
- prędkości kątowej wirnika silnika w napędzie wysypowym,
- momentu obrotowego na wale silnika w napędzie zwrotnym,
- prędkości kątowej wirnika silnika w napędzie zwrotnym,
- obciążenia dynamicznego w obu pasmach łańcucha zgrzeblowego w czterech miejscach konturu łańcuchowego.

Pomiar wymienionych parametrów realizowany był za pomocą dedykowanych układów pomiarowych, w które wyposażony został rozpatrywany tu przenośnik na czas prowadzenia badań doświadczalnych (rys. 1). Rejestracja sygnałów pomiarowych z częstotliwością 50 Hz realizowana była przy tym dwudrogowo. Sygnały z układów pomiarowych stacjonarnych, to znaczy układów do pomiaru obciążeń dynamicznych napędów przenośnika, doprowadzone zostały do ośmiokanałowego rejestratora cyfrowego RE–1 (prod. firmy SEL z Rybnika). Z kolei przebiegi obciążenia dynamicznego łańcucha zgrzeblowego rejestrowane były za pomocą rejestratorów, stanowiących integralną część zastosowanych w tym celu ogniów pomiarowych.

Sposób rejestracji wymienionych parametrów gwarantować musiał synchronizację wszystkich sygnałów pomiarowych, co, biorąc pod uwagę fakt, iż układy do pomiaru i rejestracji obciążenia w łańcuchu zgrzeblowym przemieszczały się wraz z łańcuchem zgrzeblowym, wymagało zastosowania w tym zakresie specjalnych rozwiązań

Oprócz wymienionych wyżej dwunastu parametrów, mierzonych i rejestrowanych w sposób ciągły, dla potrzeb określenia obciążenia zewnętrznego badanego przenośnika zgrzeblowego ustalono w sposób dyskretny (okresowy) natężenie strugi urobku węglowego transportowanego wzdłuż rynnociągu przenośnika, w czasie, gdy realizowana była odstawa



Rys. 1. Rozmieszczenie elementów układu do pomiaru obciążenia dynamicznego w łańcuchu zgrzeblowym oraz napędach przenośnika zgrzeblowego

urobku ze ściany, z której był on zasilany nadawcą. W tym celu dokonywano pomiaru wymiarów przekroju poprzecznego oraz określano długość strugi transportowanego urobku.

W celu identyfikacji zewnętrznych warunków pracy, przed rozpoczęciem badań dokonano pomiaru nachylenia podłużnego wzdłuż trasy przenośnika z wykorzystaniem dalmierza laserowego wyposażonego w inklinometr Leica DISTO D3.

Program badań obejmował pomiar i rejestrację obciążeń dynamicznych w napędach oraz pasmach łańcucha zgrzeblowego dla dwóch zasadniczych stanów obciążenia przenośnika zgrzeblowego nosiwem:

- przenośnik pusty – ruch łańcucha zgrzeblowego na biegu szybkim i wolnym,
- przenośnik obciążony nosiwem o różnym natężeniu – transport urobku na biegu szybkim i biegu wolnym oraz różnego napięcia wstępnego łańcucha. Napięcie wstępne zmieniane było w wyniku przesuwania kadłuba napędu zwrotnego.

4. UKŁADY DO POMIARU OBCIĄŻENIA DYNAMICZNEGO NAPĘDÓW PRZENOŚNIKA

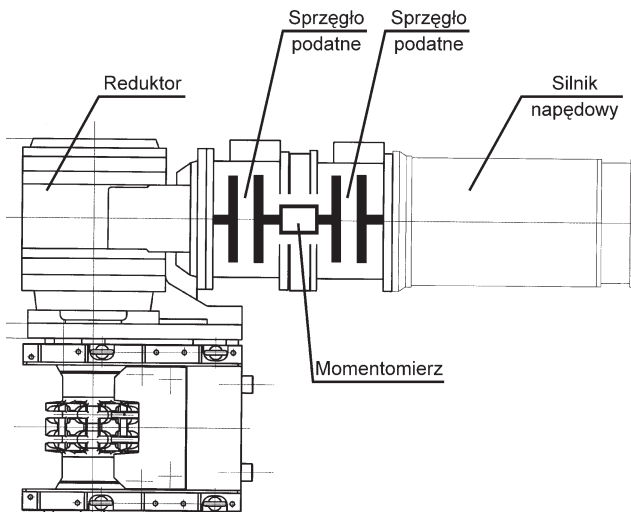
Pomiar momentu obrotowego i prędkości kątowej w obu napędach badanego przenośnika zgrzeblowego realizowany był za pomocą dwóch momentomierzy tensometrycznych typu 1811 produkcji firmy BCM Sensor Technologies b.v.b.a. (Belgia), przystosowa-

nych przez firmę EC ELECTRONICS sp. z o.o. z Krakowa do współpracy z rejestratorem RE-1. Wielkość zastosowanych momentomierzy (zakres pomiarowy momentu obrotowego oraz prędkości kątowej) dobrana została do mocy napędów badanego przenośnika zgrzeblowego (tab. 2). Momentomierze te włączone zostały w łańcuch kinematyczny napędu wysypowego i zwrotnego, pomiędzy silnik oraz sprzęgło podatne, osadzone na wale wejściowym reduktora

(rys. 2). Zabudowa momentomierzy wymagała przy tym modyfikacji konstrukcji napędów przenośnika w obrębie połączenia wału silnika napędowego ze sprzęgłem podatnym, stanowiącym integralną część

Tabela 2
Charakterystyka układu do pomiaru obciążeń dynamicznych w napędach przenośnika zgrzeblowego

Parametr	Wartość
Typ momentomierza	1811
Nominalny zakres pomiarowy momentu obrotowego	0± ±2 kNm
Przebieżalność (w zakresie pomiarowym)	150% wartości nominalnej
Zakres pomiarowy prędkości obrotowej	0÷1500 obr/min
Liczba impulsów na obrót dla pomiaru prędkości obrotowej	60
Maksymalny błąd pomiaru	0,5%
Sygnaly wyjściowe analogowe prądowe	4÷20 mA
Zasilanie	zewnętrzne 42 V AC

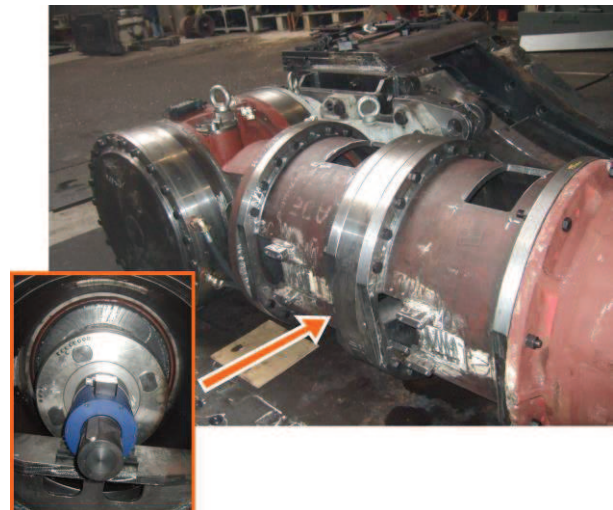


Rys. 2. Sposób zabudowy układu do pomiaru obciążenia dynamicznego w napędzie ścianowego przenośnika zgrzeblowego

tego napędu. W tym celu dla każdego napędu zaprojektowane i wykonane zostały w firmie RYFAMA elementy montażowe w postaci dodatkowej cylindrycznej obudowy sprzęgła oraz wspornika momentomierza, poprzez które silnik napędowy zamocowany był kornierzowo do kadłuba przekładni zębatej. Długość tych elementów wynikała przy tym z długości momentomierza oraz wymiarów dodatkowego sprzęgła podatnego, stanowiącego element łączący wał silnika z czopem wału momentomierza. Próbnny montaż elementów układu do pomiaru obciążenia dynamicznego w napędzie przenośnika dokonany został w hali montażowej firmy RYFAMA (rys. 3). Umożliwił on sprawdzenie prawidłowości wykonania tych dodatkowych elementów, opracowanie technologii montażu w warunkach dołowych oraz przetestowanie torów pomiarowych.

5. UKŁADY DO POMIARU OBCIĄŻENIA DYNAMICZNEGO W ŁAŃCUCHU ZGRZEBLOWYM

Pomiar obciążenia dynamicznego w łańcuchu zgrzeblowym przenośnika zgrzeblowego stanowił duże wyzwanie w zakresie opracowania odpowiedniej konstrukcji elementów pomiarowo – rejestrujących. Ponieważ elementy te wpięte były w łańcuch zgrzeblowy i wraz z nim się przemieszczały wzdłuż trasy przenośnika, cechować się musiały małymi wymiarami gabarytowymi oraz wysoką odpornością na działanie czynników zewnętrznych, w tym obciążenia o charakterze udarowym od spadających brył urobku oraz wody.



Rys. 3. Napęd zwrótny ścianowego przenośnika zgrzeblowego RYBNIK 750 z zabudowanym momentomierzem w hali montażowej firmy RYFAMA

Pomiary obciążeń dynamicznych w łańcuchu zgrzeblowym badanego przenośnika zrealizowano z wykorzystaniem ośmiu dedykowanych siłomierzy, włączonych szeregowo w poszczególne pasma łańcucha. W każdym paśmie łańcucha zabudowane zostały cztery czujniki rozmieszczone w ten sposób, aby możliwy był jednoczesny pomiar obciążenia łańcucha w gałęzi nabiegającej i zbiegającej w obrębie obu napędów przenośnika (rys. 1). Zastosowano specjalnie wykonane ogniwa pomiarowe typu OP 88 produkcji firmy BITS ze Świdnicy. Ogniwa te stanowią element 5-ogniowych odcinków łańcucha ogniowego 34×126 (rys. 4). Wyposażone one zostały w układ do pomiaru siły na bazie pełnego mostka tensometrycznego, sprzężonego ze wzmacniaczem zainstalowanym wewnątrz ogniwa pomiarowego. Układ pomiarowy każdego ogniwa



Rys. 4. Układ do pomiaru obciążenia dynamicznego w łańcuchu zgrzeblowym przenośnika zgrzeblowego (dwa ogniwa pomiarowe zintegrowane z rejestratorami)

pomiarowego połączony jest sygnałowo z własnym rejestratorem cyfrowym zabudowanym w hermetycznej, masywnej stalowej obudowie wraz ze źródłem zasilania. Rejestrator przytwierdzony jest do ogniwa za pomocą czterech śrub, dzięki czemu istnieje możliwość łatwego jego montażu przed rozpoczęciem pomiarów oraz demontażu po ich zakończeniu w celu sczytania zarejestrowanych w pamięci danych. Konstrukcja układów do pomiaru i rejestracji siły w łańcuchu zgrzeblowym przenośnika zgrzeblowego pozwala na rejestrację przebiegów czasowych obciążenia dynamicznego z częstotliwością 50 Hz w czasie do około 2 godzin od włączenia zasilania (tab. 3). Czas pomiaru wynika tu przy tym z jednej strony z pojemności baterii, z drugiej zaś – pojemności zastosowanych kart pamięci.

Tabela 3
Charakterystyka układu do pomiaru obciążeń dynamicznych w łańcuchu zgrzeblowym przenośnika zgrzeblowego

Parametr	Wartość
Typ ogniw pomiarowych	OP 88
Nominalny zakres pomiarowy siły	0÷100 kN
Przeciążalność (w zakresie pomiarowym)	150% wartości nominalnej
Wielkość ogniwa pomiarowego	φ34×126 klasy PW9
Częstotliwość rejestracji	50 Hz
Maksymalny czas rejestracji	~2 godz.
Maksymalny błąd pomiaru	0,5%
Zasilanie	baterijne 9V DC

Wymiary gabarytowe elementów zabudowanych na ogniwach pomiarowych oraz ich lokalizacja wyklucza możliwość kolizji z elementami przenośnika, w tym przede wszystkim z zębami bębnow łańcuchowych oraz elementami trasy przenośnika, szczególnie w przedziale dolnym rynnościagu. Dzięki temu możliwy jest swobodny ruch łańcucha zgrzeblowego wzdłuż rynnościagu przenośnika w czasie pełnego jego obiegu. W efekcie możliwy był ciągły pomiar i rejestracja obciążenia dynamicznego łańcucha zgrzeblowego w czasie kolejnych jego obiegów bez konieczności zatrzymywania przenośnika.

6. INTEGRACJA UKŁADÓW POMIAROWYCH

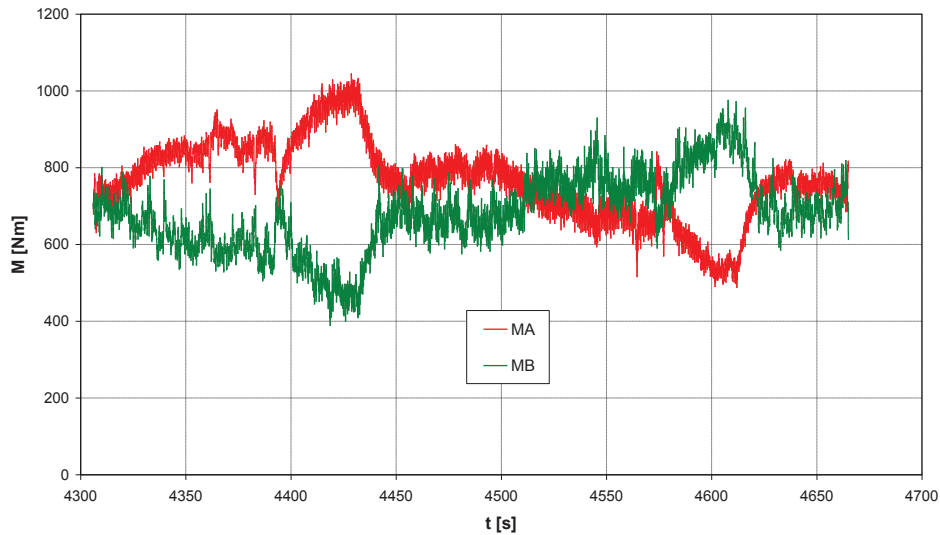
Pomiar obciążeń dynamicznych w badanym ścianowym przenośniku zgrzeblowym realizowano z wykorzystaniem dwunastu torów pomiarowych, połączonych sygnałowo z dziewięcioma rejestratorami (ośmioma mobilnymi – związanymi z ogniwami pomiarowymi

oraz jednym stacjonarnym). Istotnym zagadnieniem, jakie należało rozwiązać na etapie konfiguracji układu pomiarowego, była więc synchronizacja rejestrowanych charakterystyk czasowych. Zestaw do pomiaru obciążenia dynamicznego w łańcuchu zgrzeblowym wyposażony był w tym celu w układ synchronizujący rejestratory ogniw pomiarowych. Po podłączeniu do rejestratorów ogniw pomiarowych, przed ich zabudową na ogniwach pomiarowych, dokonywał on jednoczesnego uruchomienia zegarów czasu rzeczywistego, zainstalowanych w poszczególnych rejestratorach cyfrowych, co zapewniało ich synchroniczną pracę. Rolę synchronizatora spełniał tu dodatkowy dziewiąty rejestrator cyfrowy, który połączony był przewodem z jednym z kanałów rejestratora stacjonarnego RE-1. Za pomocą przycisku istniała możliwość wygenerowania znacznika w postaci impulsu, który zapisywany był jednocześnie w pamięci rejestratora stacjonarnego oraz rejestratora synchronizującego ogniwa pomiarowe. Znaczniki te umożliwiły synchronizację przebiegów czasowych, rejestrowanych przez rejestratory ogniw pomiarowych oraz rejestrator stacjonarny, jak również ich korelację ze stanem obciążenia zewnętrznego badanego przenośnika zgrzeblowego.

7. PRZYKŁADOWE CHARAKTERYSTYKI DYNAMICZNE UZYSKANE NA DRODZE POMIAROWEJ

Na rysunku 5 pokazano przykładowy fragment przebiegu obciążenia dynamicznego napędu wysypowego M_A (linia w kolorze czerwonym) oraz napędu zwrotnego M_B (linia w kolorze zielonym). W rozpatrywanym tu przypadku przenośnik nie był obciążony nosiwem. Moment obrotowy rozwijany przez silnik napędu wysypowego zmieniał się w zakresie od 486,8 Nm do 1045,8 Nm przy wartości średniej $M_{A\text{sr}} = 759,6$ Nm. Natomiast moment obrotowy rozwijany przez silnik napędu zwrotnego, przy niższej wartości średniej wynoszącej $M_{B\text{sr}} = 676,0$ Nm, zmieniał się w zakresie od 387,5 Nm do 976,9 Nm. Napęd wysypowy i zwrotny nie były więc obciążone równomiernie.

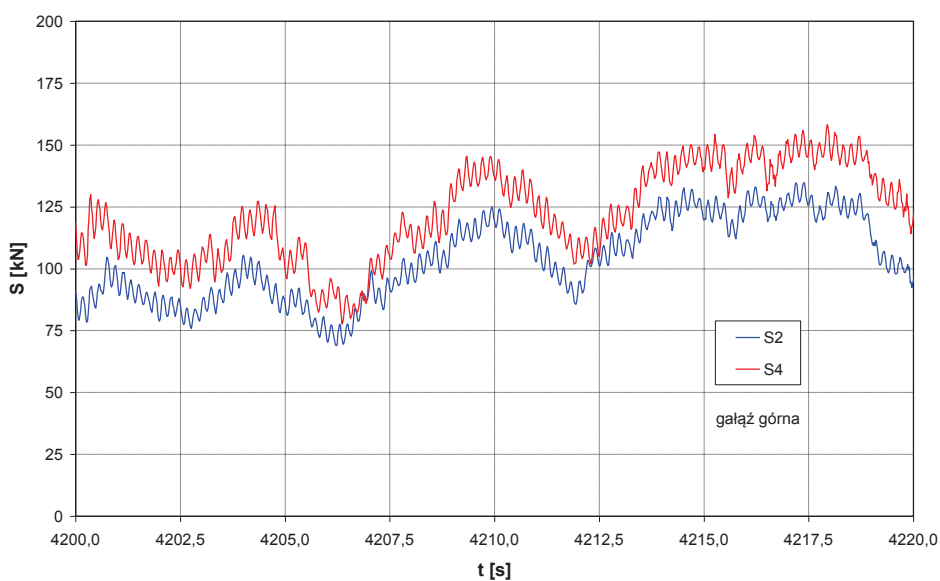
Różnica średnich wartości momentów obrotowych w napędzie wysypowym i zwrotnym dla pełnego obiegu łańcucha zgrzeblowego świadczy o zróżnicowaniu rzeczywistych charakterystyk mechanicznych zespołów napędowych, natomiast chwilowe różnice momentów obrotowych wywołane są zróżnicowaniem podziałek ogni wzdłuż konturu łańcuchowego. Charakterystyczne dla tej przyczyny różnicującej obciążenie napędów jest lustrzane odbicie przebiegów z pierwszej i drugiej połowy obiegu łańcucha zgrzeblowego.



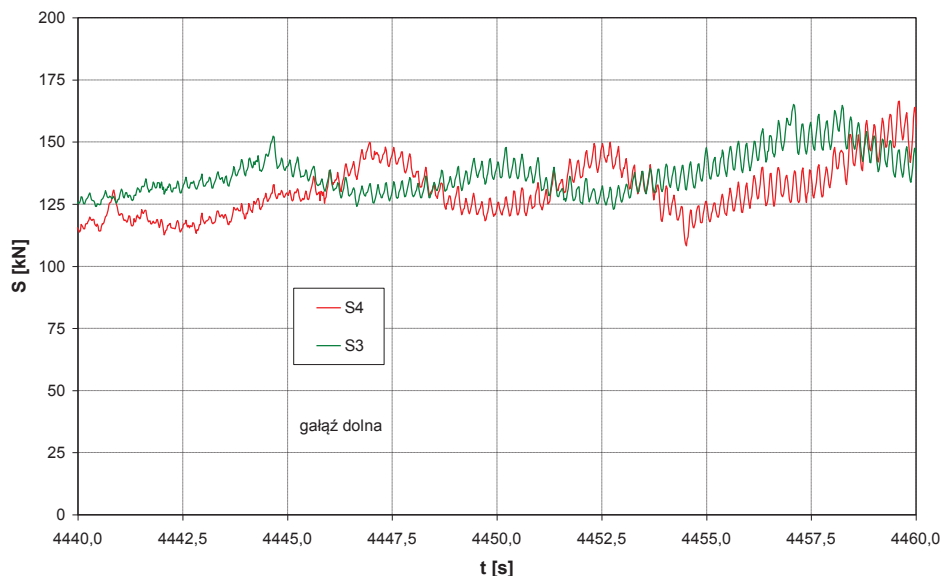
Rys. 5. Przykładowe przebiegi obciążenia dynamicznego w napędzie wyspowym (M_A) oraz zwrotnym (M_B) przenośnika zgrzeblowego

Przykładowe 20-sekundowe przebiegi czasowe obciążenia dynamicznego w łańcuchu zgrzeblowym zarejestrowane przez siłomierze dla przenośnika pustego przedstawiono na rysunku 6 i 7. Przebiegi obciążenia dynamicznego w łańcuchu zgrzeblowym poruszającym się w gałęzi górnej przenośnika, zarejestrowane w łańcuchu lewym (siłomierz S4) i w łańcuchu prawym (siłomierz S2), mają podobny charakter (rys.6). Różny jest tu jednak poziom obciążenia poszczególnych pasm łańcucha. Średnia wartość siły w łańcuchu lewym ma w prezentowanym fragmencie wartość wyższą niż w prawym o około 25 kN.

Przebiegi obciążeń dynamicznych, zarejestrowane przez siłomierze zamontowane w tym samym łańcuchu i oddalone od siebie o 28 ogni, są przesunięte w fazie (rys. 7). Przesunięcie to wynika przy tym z czasu, w którym łańcuch zgrzeblowy przemieszczał się o odległość wynikającą z rozmieszczenia poszczególnych siłomierzy. Przebieg sił w łańcuchu lewym, poruszającym się w gałęzi dolnej przenośnika zarejestrowany przez siłomierz S3 (przebieg czasowy w kolorze zielonym na rys. 7), wyprzedza przebieg zarejestrowany przez siłomierz S4 (przebieg czasowy w kolorze czerwonym).



Rys. 6. Przebiegi obciążenia dynamicznego w łańcuchu prawym (S2) oraz lewym (S4) – wybrany fragment



Rys. 7. Przykładowe przebiegi obciążenia dynamicznego w łańcuchu lewym zarejestrowane przez dwa ogniwa pomiarowe rozmieszczone w odległości 28 ogniw

8. PODSUMOWANIE

Przedstawiony w niniejszym artykule układ pomiarowy wykorzystany został do wyznaczenia obciążeń dynamicznych w napędach oraz w łańcuchu zgrzeblowym wysoko wydajnego przenośnika zgrzeblowego w warunkach eksploatacyjnych. Badania obciążenia przenośnika zgrzeblowego RYBNIK 750 zrealizowano przy tym dla różnego napięcia wstępnego łańcucha (w wyniku przesuwania napędu zwrotnego) oraz różnego jego obciążenia transportowanym urobkiem węglowym. Zarejestrowane charakterystyki dynamiczne umożliwią określenie rzeczywistego obciążenia dynamicznego bębnow łańcuchowych oraz wyznaczenie ich sprawności. Wyniki tych badań w powiązaniu z badaniami komputerowymi doprowadzić mają do określenia wymagań w zakresie modyfikacji konstrukcji bębnow łańcuchowych.

Pomiary obciążenia dynamicznego w przenośniku zgrzeblowym prowadzone były z wykorzystaniem torów pomiarowych cechujących się wysoką, jak dla realizowanego zadania metrologicznego, dokładnością pomiarową. Jak wynika ze świadectwa wzorcowania, maksymalny błąd pomiaru momentu obrotowego wynosił ± 10 Nm. Na podstawie przeprowadzonej kalibracji zestawów do pomiaru obciążenia dynamicznego w łańcuchu stwierdzono zaś, że maksymalny błąd pomiaru kształtował się na poziomie ± 500 N.

Zdobyte doświadczenia badawcze w zakresie pomiarów wielkości dynamicznych ścianowego przenośnika zgrzeblowego w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych pozwolą również na opracowanie

metody ciągłego monitoringu stanu dynamicznego i technicznego tego przenośnika.

Literatura

1. Antoniak J.: Osiągnięcia i rozwój środków odstawy ścianowej. Monografia: „Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał zwięzłych”, Kraków 2009, s. 276–290.
2. Dolipski M., Remiorz E., Sobota P., Osadnik J.: Wpływ zwiększenia podziałki łańcucha na położenie jego ogniw w gniazdach bębnow łańcuchowych. Wiadomości Gómicze 2010, nr 9, s. 549–554.
3. Dolipski M., Remiorz E., Sobota P., Osadnik J.: Komputerowe badania wpływu zużycia den gniazd i flanki zębów bębna na położenie ogniw w gniazdach bębna łańcuchowego. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa 2011, Nr 4(482), s. 15–22.
4. Kandzia R., Philips G., Pytlík A., Szot M.: Dobór łańcuchów gómiczych do pracy w warunkach obciążeń dynamicznych. Monografia: „Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał zwięzłych”, Kraków 2009, s. 353–365.
5. Kusak E., Suchoń J.: Niektóre aspekty związane z trwałością i oporami ruchu ciągów łańcuchowych w przenośnikach zgrzeblowych. Wiadomości Gómicze nr 7–8/2009, s. 410–420.
6. Kusak E., Tytko S.: Dokonania techniczne Rybnickiej Fabryki Maszyn „RYFAMA” w zakresie rozwoju i innowacyjności gómiczych przenośników zgrzeblowych. Polski Kongres Gómiczy – Kongres Górnictwa Podziemnego, Gliwice 2010, s. 273–286.

Praca zrealizowana w ramach projektu rozwojowego nr N R09 0026 06/2009 finansowanego ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego decyzją nr 0481/R/T02/2009/06.

Artykuł został recenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów.