

Marian DOLIPSKI, Eryk REMIORZ
Politechnika Śląska, Gliwice

UŁATWIENIE ROZRUCHU PRZENOŚNIKA ŚCIANOWEGO DZIĘKI ZASTOSOWANIU UKŁADU NRW

Streszczenie. Istotną przyczyną występowania w przenośnikach ścianowych ciężkich i nieskutecznych rozruchów jest zadanie łańcuchowi nadmiernej wartości napięcia wstępnego łańcuchów. Skuteczną metodą ułatwienia rozruchu ścianowego przenośnika zgrzeblowego jest w takim przypadku zastosowanie układu nadążnej zmiany resztowego napięcia wstępnego łańcuchów (układu NRW). W artykule przedstawiono wyniki symulacji komputerowych przeprowadzonych za pomocą utworzonego modelu dynamicznego przenośnika ścianowego wyposażonego w układ NRW.

FACILITATION OF FACE CONVEYOR START-UP BY APPLICATION OF NRW SYSTEM

Summary. The essential cause of occurrence of heavy or ineffective start-up phenomenon in face conveyors is to set excessive value of initial chain tension. In such a case an effective method of facilitation of face conveyor start-up is the application of an automatic residual initial chain tension follow-up system (NRW system). The results of computer aided investigations with the application of dynamical model of face conveyor equipped with NRW system have been presented in this paper.

1. Wprowadzenie

W górnictwie węgla kamiennego stosowane są przenośniki zgrzeblowe o największej długości. Są one jedynym środkiem odstawy urobku węglowego z wyrobisk ścianowych i stanowią kluczowy element nowoczesnych wysoko wydajnych kompleksów ścianowych stosowanych w przodkach o dużej koncentracji produkcji. Obecnie długość przenośników ścianowych coraz częściej przekracza trzysta metrów. Maszyny te mogą być wyposażone w jeden, dwa, trzy lub cztery zespoły napędowe o sumarycznej zainstalowanej mocy

przekraczającej tysiąc kilowatów. Przy tak dużych długościach trasy przenośników ścianowych (szczególnie w przypadku załadowania przenośnika na dużej długości urobkiem węglowym o dużym natężeniu) bardzo często występują ciężkie lub nieskuteczne rozruchy tych maszyn [1]. Rozruchy ciężkie trwające nawet kilkanaście sekund powodują silne nagrzewanie się uzwojeń silników, co może w konsekwencji doprowadzić do zadziałania zabezpieczeń termicznych. Istotną staje się więc analiza zjawisk zachodzących podczas rozruchu przenośników ścianowych i poznanie przyczyn ich ciężkiego lub nieskutecznego rozruchu.

Istnieje kilka przyczyn eksploatacyjnych utrudniających rozruch konwencjonalnego przenośnika ścianowego [1]: duży spadek napięcia zasilania silników asynchronicznych, nadmierne obciążenie przenośnika nosiwem i jego długi postój (zjawisko przypieczenia urobku węglowego do rynien), zmiana położenia części rynnociągu obciążonego nosiwem (przekładka przenośnika), niewłaściwa kolejność włączania silników napędowych, nadmierne napięcie wstępne łańcuchów. Ostatnia z wymienionych przyczyn utrudniających rozruch przenośnika ścianowego występuje w praktyce bardzo często. Można ją usunąć poprzez nadanie łańcuchom napięcia wstępnego o takiej wartości, która skompensuje wydłużenia sprężyste łańcucha. Jednakże w stosowanych obecnie przenośnikach ścianowych zmiana napięcia wstępnego łańcucha odbywa się w sposób dyskretny. Polega to na okresowym skracaniu długości łańcucha bądź okresowym zwiększeniu odległości między bębniami łańcuchowymi za pomocą siłowników hydraulicznych. Zabiegi te dokonywane są w czasie postoju przenośnika ścianowego. O wartości skrócenia łańcucha bądź wartości przesunięcia bębna łańcuchowego decyduje użytkownik na podstawie swego doświadczenia eksploatacyjnego dla największych przewidywanych obciążeń. W związku z tym wartość zadanego napięcia wstępnego jest najczęściej większa lub mniejsza od wartości wymaganej. W konwencjonalnym przenośniku ścianowym zadanie łańcuchowi wymaganej wartości napięcia wstępnego jest więc praktycznie niemożliwe.

Próby utworzenia przenośnika zgrzeblowego wyposażonego w układ automatycznej regulacji napięcia wstępnego łańcuchów były prowadzone w Instytucie DMT w Essen w latach osiemdziesiątych [4]. Skonstruowano nawet prototyp takiego przenośnika, który został dopuszczony do eksploatacji w kopalni niemieckiej. Kilka przenośników tego typu zostało również zastosowanych w kopalniach amerykańskich. Pomimo obiecujących wyników przenośnik ścianowy z układem automatycznej regulacji napięcia wstępnego łańcuchów nie został wdrożony do produkcji, a pod koniec lat osiemdziesiątych prace te zostały przerwane i do tej pory ich nie wznowiono.

Nowoczesne przenośniki ścianowe powinny być wyposażone w układ automatycznej regulacji napięcia wstępnego łańcuchów w zależności od występujących oporów ruchu, obciążenia urobkiem węglowym oraz drgań mechanicznych. Układem takim jest układ nadążnej zmiany resztowego napięcia wstępnego łańcuchów (układ NRW).

2. Układ NRW

Model fizyczny przenośnika ścianowego z napędem głównym i pomocniczym wyposażony w układ nadążnej zmiany resztowego napięcia wstępnego łańcuchów, w którym zmiana długości konturu łańcuchowego realizowana jest poprzez przesuwanie kadłubów napędów, zaprezentowano w pracy [2]. Ruch w tym modelu opisuje układ $4(j+2)$ równań różniczkowych zwyczajnych nieliniowych drugiego rzędu, gdzie j jest liczbą odcinków, na jakie podzielono gałęzie górną i dolną przenośnika w procesie modelowania fizycznego.

Sygnałem sterującym w modelu dynamicznym przenośnika ścianowego wyposażonego w układ NRW jest wartość resztowego napięcia wstępnego łańcucha w miejscu jego zbiegania z bębna łańcuchowego [2, 3]. Zgodnie z definicją resztowe napięcie wstępne łańcucha jest to część napięcia wstępnego w miejscu zbiegania łańcucha z bębna łańcuchowego, która pozostaje po skompensowaniu wydłużeń sprężystych pojawiających się w ruchu. Jego wartość jest obliczana na podstawie bilansu wydłużeń sprężystych łańcucha. Resztowe napięcie wstępne łańcucha w miejscu jego zbiegania z bębna łańcuchowego jest sygnałem diagnostycznym pozwalającym na ciągłą ocenę stanu napięcia łańcucha w zmieniających się warunkach eksploatacyjnych. Sygnałem sterowanym w przenośniku ścianowym wyposażonym w układ NRW jest długość konturu łańcuchowego.

W czasie działania przenośnika wartość resztowego napięcia wstępnego łańcucha w miejscu jego zbiegania z bębna łańcuchowego może należeć do jednej z trzech stref. Matematycznie strefy pierwsza, druga i trzecia zostały opisane odpowiednio za pomocą zależności (1), (2) i (3):

$$\Delta S_0 > \Delta S_0^z + \Delta S_0^{\max} \quad (1)$$

$$\Delta S_0 \geq \Delta S_0^z - \Delta S_0^{\min} \text{ oraz } \Delta S_0 \leq \Delta S_0^z + \Delta S_0^{\max} \quad (2)$$

$$\Delta S_0 < \Delta S_0^z - \Delta S_0^{\min} \quad (3)$$

gdzie:

- ΔS_0 - wartość resztowego napięcia wstępnego łańcucha w miejscu jego zbiegania z bębna napędowego w chwili czasowej t ,
- ΔS_0^{\max} - maksymalna wartość resztowego napięcia wstępnego łańcucha,

ΔS_0^{\min} - minimalna wartość resztowego napięcia wstępnego łańcucha,

ΔS_0^z - zadana wartość resztowego napięcia wstępnego łańcucha.

Jeżeli wartość resztowego napięcia wstępnego znajduje się w strefie pierwszej, oznacza to, że łańcuch jest zbyt mocno napięty. Działanie przenośnika zgrzeblowego charakteryzuje się wtedy zwiększonymi oporami ruchu łańcucha na odcinkach krzywoliniowych, zwiększonym zapotrzebowaniem mocy, szybszym zużyciem ściernym łańcuchów na skutek zwiększonych sił tarcia w przegubach, zwiększonym obciążeniem łożysk bębnowych łańcuchowych i kadłubów napędów. Z kolei strefa druga jest obszarem prawidłowego działania przenośnika ścianowego. Jeżeli wszystkie punkty charakterystyki czasowej resztowego napięcia wstępnego łańcucha znajdują się stale wewnątrz tej strefy, oznacza to, że napięcie wstępne łańcucha zostało zadane prawidłowo. Przynależność wartości resztowego napięcia wstępnego łańcucha w miejscu jego zbiegania z bębna łańcuchowego do strefy trzeciej oznacza, że wartość napięcia wstępnego łańcucha zadana w czasie postoju przenośnika była zbyt mała. Jeżeli dodatkowo wartość resztowego napięcia wstępnego łańcucha jest mniejsza od zera, to następuje kumulowanie się luzów międzyogniowych w miejscu zbiegania łańcucha z bębna napędowego. Z kolei, nadmierne luzowanie się łańcucha może powodować jego blokowanie się w prowadnikach - co w efekcie może doprowadzić do zablokowania i zerwania łańcucha pociągowego, lub przeskakiwanie ogniów na napędowym kole łańcuchowym - co prowadzi do zakłóceń w przekazywaniu łańcuchowi siły uciągu wywołanej napędem.

W zależności od strefy, w której znajdują się wartości resztowego napięcia wstępnego łańcuchów podczas ruchu przenośnika, właściwy organ wykonawczy powoduje zmianę długości konturu łańcuchowego poprzez przesuwanie kadłuba napędu. Jeżeli wartość resztowego napięcia wstępnego łańcucha w miejscu jego zbiegania z bębna łańcuchowego jest zbyt mała (strefa III), to organ wykonawczy układu NRW powoduje zwiększenie długości konturu łańcuchowego poprzez wysunięcie kadłuba napędu na zewnątrz przenośnika. Jeżeli natomiast wartość sygnału sterującego jest zbyt duża (strefa I) - to następuje skrócenie długości konturu łańcuchowego poprzez wsunięcie kadłuba do wewnątrz przenośnika. W strefie II wartości resztowego napięcia wstępnego łańcuchów są optymalne dla aktualnych warunków eksploatacyjnych, dlatego też długość konturu łańcuchowego nie jest zmieniana i kadłuby napędów pozostają nieruchome.

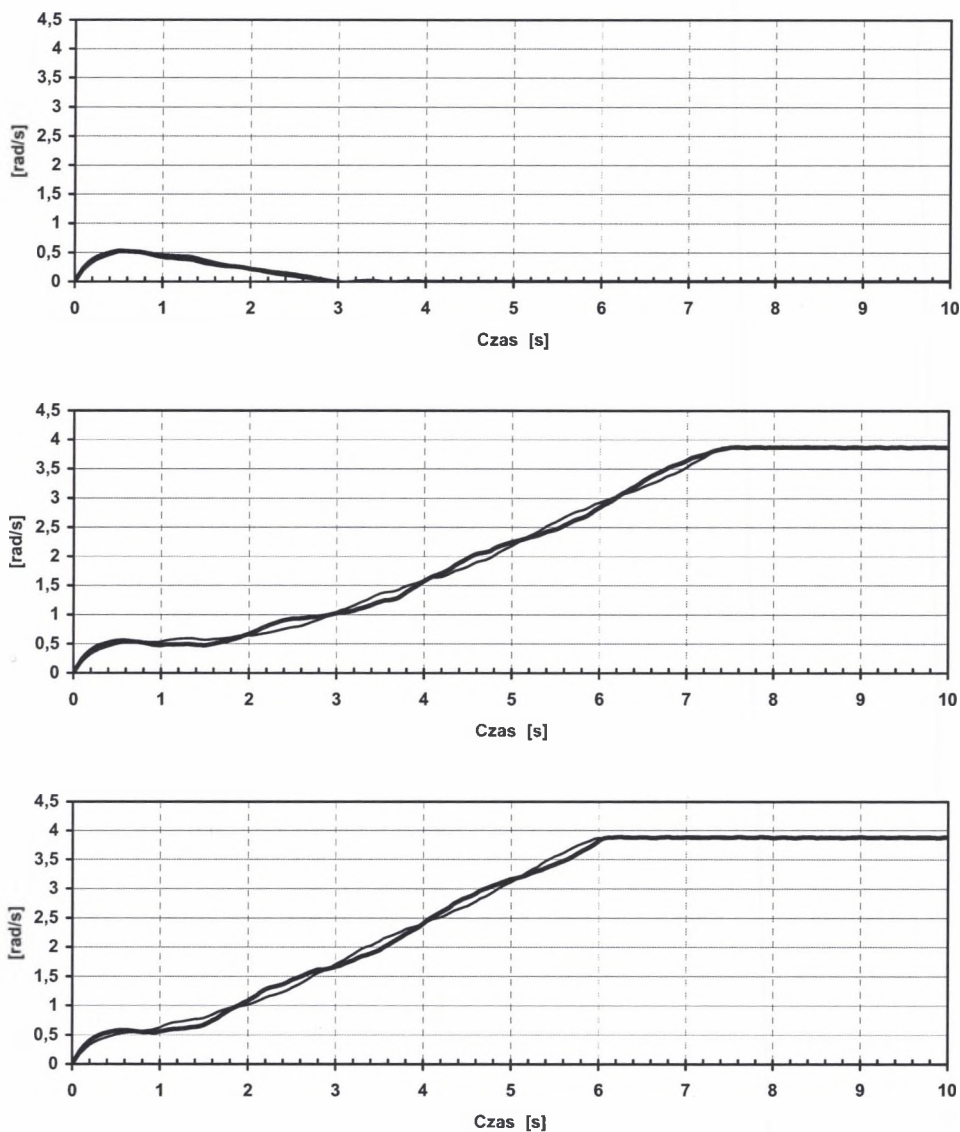
Utworzony model dynamiczny przenośnika ścianowego wyposażonego w układ NRW umożliwia badanie różnych konfiguracji przenośnika, w których zmiana długości konturu

łańcuchowego jest realizowana poprzez przesuwanie kadłuba napędu pomocniczego, przesuwanie kadłuba napędu głównego lub poprzez przesuwanie kadłubów obydwóch napędów równocześnie. Wybór żądanej konfiguracji układu NRW polega na zadaniu wartości 0 lub 1 odpowiednim sygnałom dwustanowym załączającym i wyłączającym działanie organów wykonawczych w napędzie głównym i pomocniczym.

3. Badania komputerowe

Obiektem badań komputerowych był wysoko wydajny przenośnik ścianowy o długości $L=300$ m wyposażony w napęd główny i pomocniczy. Silniki asynchroniczne w układach napędowych przenośnika charakteryzowały się mocą nominalną 400 kW. Przenośnik wyposażony był w dwa łańcuchy środkowe 34×126 , do których zamocowane były zgrzebła z podziałką $p_z = 1.26$.

Na rysunku 1 przedstawiono prędkości kątowe bębnow łańcuchowych w napędzie głównym ($\dot{\varphi}_A$) i pomocniczym ($\dot{\varphi}_B$) w przenośniku obciążonym na całej długości urobkiem węglowym o natężeniu $m_U=320$ kg/m. Gałąź dolna przenośnika nie była obciążona miałem węglowym ($m_M=0$ kg/m). Przenośnik działał w wyrobisku ścianowym, którego nachylenie było niewielkie i nie przekraczało 1 stopnia. Wartość napięcia wstępnego łańcucha w miejscu jego zbiegania z bębna łańcuchowego napędu pomocniczego zadana w czasie postoju była równa $S_{0B}(t=0)=570$ kN. Przy tak dużej wartościadanego napięcia wstępnego oraz bardzo dużym obciążeniu trasy przenośnika urobkiem węglowym rozruch był nieskuteczny (układ NRW był wyłączony). Załączenie układu NRW, który zmieniał długość konturu łańcuchowego poprzez przesuwanie kadłuba napędu pomocniczego z prędkością $\dot{x}_{PB}=0.025$ m/s, umożliwiło skuteczny rozruch przenośnika w czasie $t_R = 7.4$ s. Zwiększenie prędkości przesuwania kadłuba napędu pomocniczego do $\dot{x}_{PB}=0.05$ m/s spowodowało skrócenie czasu rozruchu do $t_R = 6$ s.



Rys. 1. Wpływ prędkości przesuwania kadłuba napędu pomocniczego na rozruch przenośnika ścianowego dla $m_U=320$ kg/m, $m_M=0$ kg/m i $S_{0B}(t=0)=570$ kN: a) $\dot{x}_{PB}=0$ m/s, b) $\dot{x}_{PB}=0.025$ m/s, c) $\dot{x}_{PB}=0.05$ m/s

Fig. 1. Effect of displacement speed of the auxiliary drive on face conveyor start-up for $m_U=320$ kg/m, $m_M=0$ kg/m i $S_{0B}(t=0)=570$ kN: a) $\dot{x}_{PB}=0$ m/s, b) $\dot{x}_{PB}=0.025$ m/s, c) $\dot{x}_{PB}=0.05$ m/s

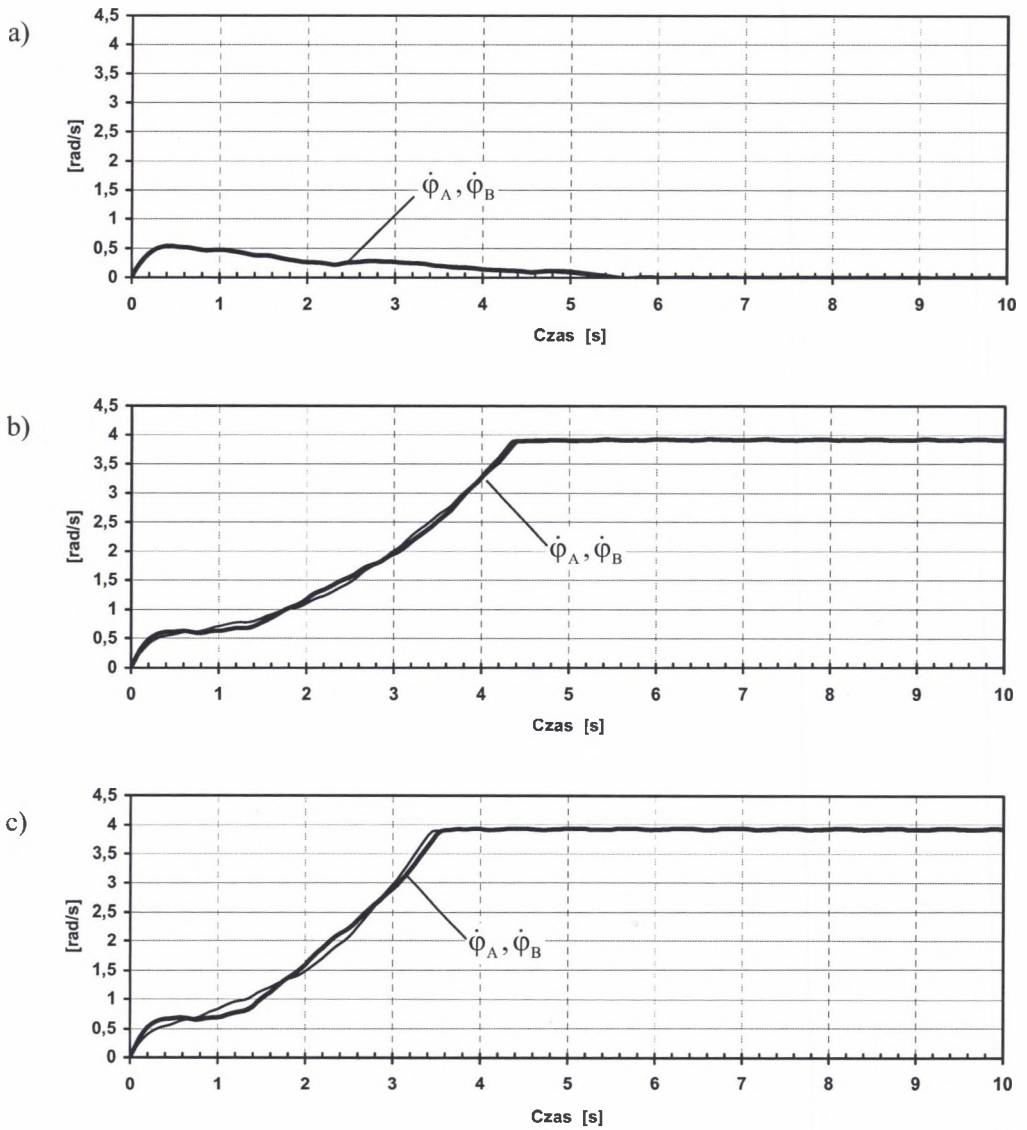
W kolejnym etapie badano przenośnik ścianowy załadowany na całej długości urobkiem węglowym o natężeniu $m_U=300$ kg/m, a zanieczyszczenie gałęzi dolnej miałem węglowym było równe $m_M=10$ kg/m. Nachylenie wyrobiska ścianowego, w którym przenośnik był

zainstalowany, wynosiło $\gamma=35^\circ$. Dla napięć wstępnych $S_{0A}(t=0)\leq 80$ kN w badanym przenośniku występował stan stałego luzowania łańcuchów, a luzy międzyogniowe kumulowały się w miejscu zbiegania łańcucha z bębna łańcuchowego napędu głównego. Dla napięcia wstępnego $S_{0A}(t=0) = 590$ kN występował stan nieluzowania łańcuchów. Tak duża wartość napięcia wstępnego była przyczyną nieskutecznego rozruchu przenośnika (rys. 2). Załączenie układu NRW w tak obciążonym przenośniku spowodowało, że już przy prędkości przesuwania kadłuba napędu głównego równej $\dot{x}_{PA}=0.025$ m/s nastąpił skuteczny rozruch przenośnika trwający $t_R=4.4$ s. Zwiększenie prędkości przesuwania kadłuba napędu głównego do 0.05 m/s spowodowało skrócenie czasu rozruchu przenośnika do 3.6 s.

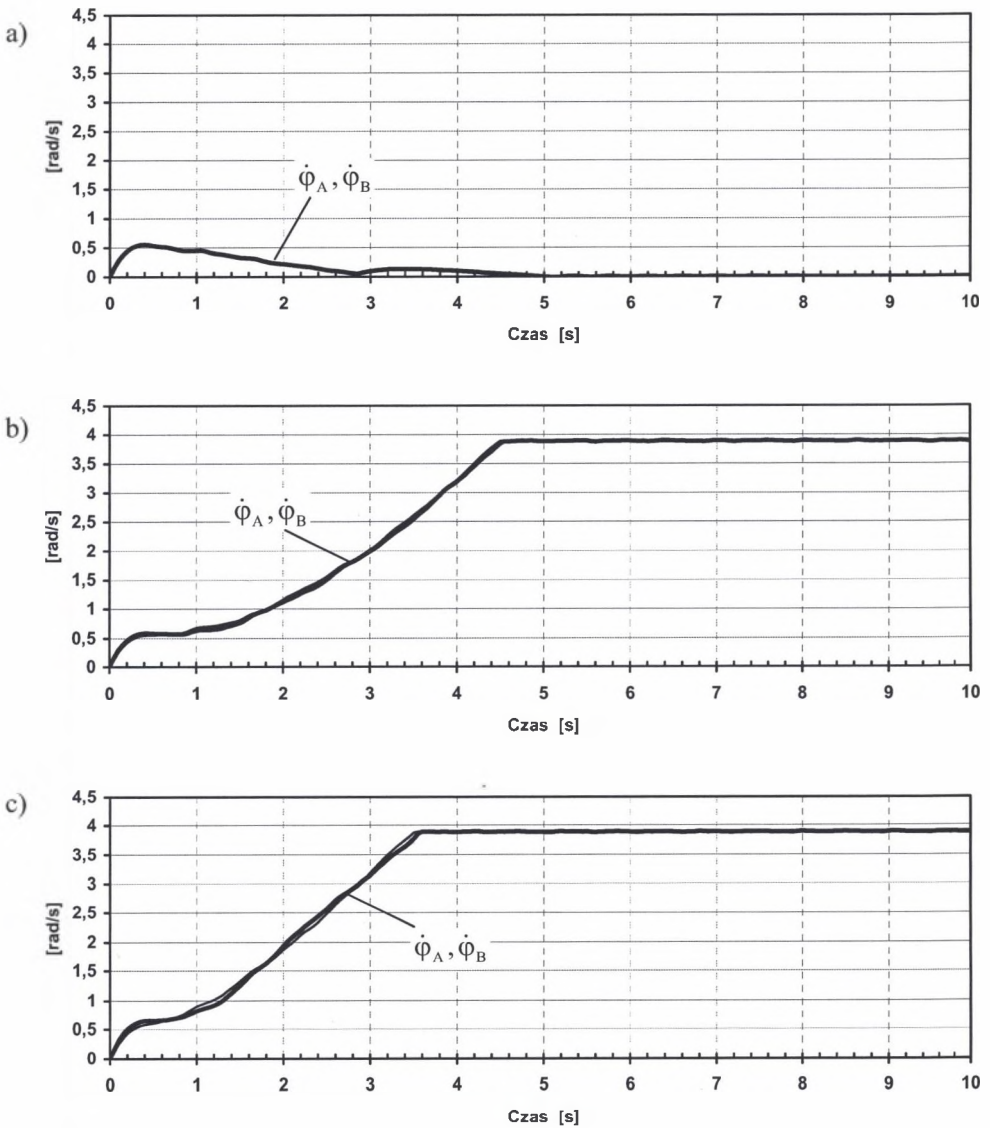
W przypadku gdy symulowano działanie przenośnika będącego obiektem badań w wyrobisku ścianowym o nachyleniu podłużnym $\gamma=30^\circ$, dla $m_U=320$ kg/m i $m_M=30$ kg/m oraz $S_{0AB}(t=0) = 60$ kN występował stan stałego luzowania łańcuchów, a luzy międzyogniowe kumulowały się w miejscu zbiegania łańcucha z bębna łańcuchowego napędu głównego i pomocniczego. Nieskuteczny rozruch badanego przenośnika wystąpił w przypadku, gdy łańcuchom zadano napięcie wstępne o wartości $S_{0AB}(t=0) = 490$ kN, a układ NRW był wyłączony (rys. 3). Działanie układu NRW skonfigurowanego w taki sposób, że długość konturu łańcuchowego była zmieniana poprzez przesuwanie kadłuba napędu głównego i pomocniczego umożliwiło przeprowadzenie skutecznego rozruchu tego przenośnika. Czas rozruchu wynosił $t_R= 4.6$ s dla prędkości przesuwania kadłubów napędów $\dot{x}_{PA}=\dot{x}_{PB}= 0.025$ m/s oraz $t_R= 3.7$ s dla $\dot{x}_{PA}=\dot{x}_{PB}=0.05$ m/s.

4. Podsumowanie

Przeprowadzone badania komputerowe za pomocą utworzonego modelu dynamicznego przenośnika ścianowego wyposażonego w układ NRW wykazały możliwości przeprowadzenia skutecznego rozruchu przenośnika ścianowego silnie obciążonego urobkiem węglowym, w którym zadano nadmierną wartość napięcia wstępnych łańcuchów w miejscu ich zbiegania z bębna napędowego.



Rys. 2. Wpływ prędkości przesuwania kadłuba napędu głównego na rozruch przenośnika ścianowego dla $m_U=300$ kg/m, $m_M=10$ kg/m i $S_{0A}(t=0)=590$ kN: a) $\dot{x}_{PA}=0$ m/s, b) $\dot{x}_{PA}=0.025$ m/s, c) $\dot{x}_{PA}=0.05$ m/s
 Fig. 2. Effect of displacement speed of the main drive on face conveyor start-up for $m_U=300$ kg/m, $m_M=10$ kg/m i $S_{0A}(t=0)=590$ kN: a) $\dot{x}_{PA}=0$ m/s, b) $\dot{x}_{PA}=0.025$ m/s, c) $\dot{x}_{PA}=0.05$ m/s



Rys. 3. Wpływ prędkości przesuwania kałuża napędu głównego i pomocniczego na rozruch przenośnika ścianowego dla $m_U=320$ kg/m, $m_M=30$ kg/m i $S_{0AB}(t=0)=490$ kN: a) $\dot{x}_{PA} = \dot{x}_{PB}=0$ m/s,

b) $\dot{x}_{PA} = \dot{x}_{PB}=0.025$ m/s, c) $\dot{x}_{PA} = \dot{x}_{PB}=0.05$ m/s

Fig. 3. Effect of displacement speed of the main drive and the auxiliary drive on face conveyor start-up for $m_U=320$ kg/m, $m_M=30$ kg/m i $S_{0AB}(t=0)=490$ kN: a) $\dot{x}_{PA} = \dot{x}_{PB}=0$ m/s, b) $\dot{x}_{PA} = \dot{x}_{PB}=0.025$ m/s,

c) $\dot{x}_{PA} = \dot{x}_{PB}=0.05$ m/s

Przykładowo, dla przenośnika ścianowego o długości $L=300$ m i natężenia urobku 320 kg/m czas rozruchu z układem NRW wynosił 6 sekund. Rozruch tak samo obciążonego

przenośnika ścianowego bez układu NRW był nieskuteczny. Można zatem stwierdzić, że zastosowanie w przenośnikach ścianowych nadążnej zmiany resztowego napięcia wstępnego łańcuchów umożliwia eliminację podstawowej przyczyny utrudniającej rozruch tych maszyn, to znaczy zbyt dużą wartość zadanego napięcia wstępnego. Zastosowanie układu NRW umożliwia przeprowadzenie skutecznego rozruchu oraz znaczne skrócenie czasu ciężkiego rozruchu, w przypadku gdy ich przyczyną była zbyt duża wartość zadanego w czasie postoju napięcia wstępnego łańcuchów.

LITERATURA

1. Dolipski M.: Dynamika przenośników łańcuchowych. Podręcznik akademicki. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1997,
2. Dolipski M., Remiorz E.: Nachträgliche Anpassung der restlichen Kettenvorspannung im Strebförderer. Glückauf Forschungshefte 62 (2001), Nr. 1,
3. Dolipski M., Remiorz E.: The application possibilities of a residual initial chain tension alteration in a scraper conveyor. International Conference „Conversations at Miskolc”. Miskolc, 24–25. September 2003,
4. Wiechers K.- P.: Automatische Vorspannungsregelung für Kettenkratzerförderer und Hobelanlagen. Glückauf 1986, nr 13.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Włodzimierz Sikora

Abstract

Maximum length face conveyors find application in coal mining. Heavy or ineffective start-ups occur frequently in such machines. There are several operational causes of heavy or ineffective start-ups that are known. The most significant operational cause is to set excessive value of initial tension in conveyor chains. Therefore a modern face conveyor should be equipped with an automatic system that sets initial tension in chains and responds to changes in motion resistances, run-of-mine loads and dynamic vibrations. This should be an automatic residual initial chain tension follow-up system called NRW system. The computer aided investigations with the application of dynamical model of face conveyor equipped with NRW system has been made. The results show the potential of carry through effective or contraction of heavy start-ups of a face conveyor that has been excessively loaded with run-of-mine or the value of initial tension has been excessively set into chains in the run-off point from the drive sprocket.