ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1987

Seria: GÓRNICTWO z. 154 Nr kol. 1020

Piotr SOBOTA

Instytut Mechanizacji Górnictwa
Politechnika Śląska, Gliwice

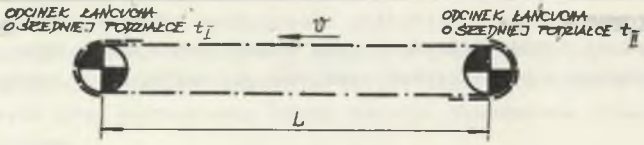
BADANIA EKSPLOATACYJNE ROZDZIAŁU MOCY W WIELOSILNIKOWYCH UKŁADACH POCIĄGOWYCH Z ŁAŃCUCHEM O KONTURZE ZAMKNIĘTYM

Streszczenie. W pracy określono współczynniki charakteryzujące rozdział mocy w wielosilnikowych układach pociągowych. Przedstawiono wyniki badań rozdziału mocy czterosilnikowego przenośnika zgrzebłowego i dwusilnikowego statycznego struga węglowego. Zmiany rozdziału mocy przenośnika powtarzają się po pełnym obiegu łańcucha zgrzebłowego pomimo zróżnicowania sumarycznej mocy rozwijanej przez silniki. Przyczyną tych okresowych zmian jest zróżnicowanie podziałek ogniw wzdłuż konturu łańcucha. Dla struga powtarzalność zmian współczynników rozdziału mocy związana jest z położeniem głowicy strugowej w ścianie. W układzie trzysilnikowym zmiany rozdziału mocy wywołane współdziałaniem kół łańcuchowych z odcinkami łańcucha o zróżnicowanym wydłużeniu podziałek przebiegają odmiennie niż w układzie czterosilnikowym, wywołując okresowe przeciążenie i nieciążenie jednego z silników. W czasie badań stwierdzono znaczne zróżnicowanie podziałek niektórych odcinków łańcuchów pociągowych, wynikające z niedopuszczalnego łączenia odcinków łańcucha nowego z łańcuchem zużytym.

1. WSTĘP

Wzrost koncentracji wydobycia powoduje konieczność zastosowania w przodkach wybierkowych maszyn o coraz wyższej mocy. Ponieważ zainstalowana w ścianowych przenośnikach zgrzebłowych moc przekracza obecnie 600 kW, powszechnie stosuje się w nich układy napędowe dwu-, trzy- i czterosilnikowe, przy czym sumaryczna moc silników najczęściej nie jest w pełni wykorzystana. Niewłaściwe współdziałanie zespołów napędowych przejawia się w nierównomiernym obciążeniu poszczególnych zespołów napędowych, co powoduje często przeciążenie jednego z silników przy niedociążeniu pozostałych i jest przyczyną szeregu niekorzystnych zjawisk [2].

Istotny wpływ na zmiany rozdziału mocy w ruchu ustalonym łańcuchowego układu pociągowego wywierają różnice wyjściowych charakterystyk mechanicznych zespołów napędowych oraz zróżnicowanie podziałek ogniw wzdłuż konturu zamkniętego łańcucha pociągowego [1]. Różnice rzeczywistych mechanicznych zespołów napędowych powodują istnienie stałej nierównomierności rozdziału mocy, przy czym większą część obciążenia przejmuje zespół napędowy o mniejszym sumarycznym poślizgu nominalnym silnika elektrycznego i sprzę-



Rys. 1. Łańcuchowy układ pociągowy przenośnika zgrzebłowego napędowego
Fig. 1. Chain lifting system of the push-plate two-drive conveyor

gła hydrokinetycznego. Zróżnicowanie podziałek ogniw odcinków łańcucha współdziałających z napędowymi kołami łańcuchowymi (rys. 1), wynikające z odchyłek wykonawczych ogniw łańcucha oraz trwałego wzrostu podziałek spowodowanego odkształceniami plastycznymi i zużywaniem się ogniw, wpływa zasadniczo na okresowe zmiany rozdziału mocy, przy czym większą część mocy przejmują silniki napędzające koło łańcuchowe współdziałające z bardziej wydłużonym odcinkiem łańcucha [3].

2. WSPÓŁCZYNNIKI CHARAKTERYZUJĄCE ROZDZIAŁ MOCY W WIELOSILNIKOWYCH UKŁADACH POCIĄGOWYCH

W górnictwie węglowym zastosowanie znalazły dwunapędowe pociągowe układy łańcuchowe z napędami końcowymi, wyposażone w dwa, trzy lub cztery silniki. Dla rozróżnienia zespołów napędowych wprowadzono oznaczenia:

1, 2 - zespoły napędowe pracujące w napędzie głównym (wysypowym),
3, 4 - zespoły napędowe pracujące w napędzie pomocniczym (zwrotnym).

Rozdział mocy w układach wielosilnikowych scharakteryzowano współczynnikiem rozdziału mocy silników:

$$k_i = \frac{N_i}{\sum_{i=1}^{i=n} N_i},$$

gdzie:

k_i - współczynnik rozdziału mocy i-tego silnika,
N_i - moc rozwijana przez i-ty silnik,
n - liczba silników.

Współczynnik k_i może przyjmować wartości z przedziału $0 \leqslant k_i \leqslant 1$ i określa, jaką część mocy całkowitej rozwija i-ty silnik.

Rozdział mocy pomiędzy napędami głównym i pomocniczym określono za pomocą współczynników rozdziału mocy napędów K_I i K_{II}, które są sumą współczynników rozdziału mocy silników danego napędu.

$$K_I = k_1 + k_2 \quad ; \quad K_{II} = k_3 + k_4$$

3. BADANIA EKSPLOATACYJNE ROZDZIAŁU MOCY

Badania rozdziału mocy w wielosilnikowych, łańcuchowych układach pociągowych przeprowadzono w warunkach dołowych kopalni "Knurów" (trzy- i czterosilnikowy przenośnik zgrzebłowy) oraz kopalni "Rydułtowy" (dwusilnikowy statyczny strug węglowy).

3.1. Metodyka badań

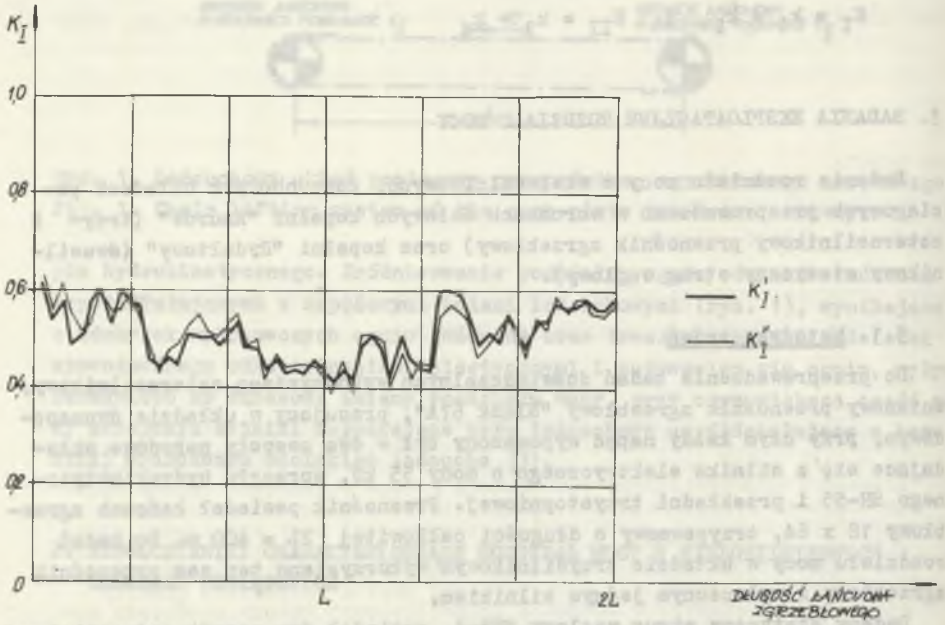
Do przeprowadzenia badań doświadczalnych wykorzystano czterosilnikowy, ścianowy przenośnik zgrzebłowy "Śląsk 67A", pracujący w układzie dwunapędowym, przy czym każdy napęd wyposażony był w dwa zespoły napędowe składające się z silnika elektrycznego o mocy 55 kW, sprzęgła hydrokinetycznego SH-55 i przekładni trzystopniowej. Przenośnik posiadał łańcuch zgrzebłowy 18 x 64, trzypasmowy o długości całkowitej 2L = 400 m. Do badań rozdziału mocy w układzie trzysilnikowym wykorzystano ten sam przenośnik zgrzebłowy z wyłączonym jednym silnikiem,

Badany statyczny strug węglowy SWS-4 posiadał dwa napędy jednosilnikowe o mocy 55 kW wyposażone w sprzęgła hydrokinetyczne SH-55. Głowica strugowa wpięta była w łańcuch strugowy 24 x 86 o długości 2L = 250 m.

W czasie badań przenośnika zgrzebłowego i struga mierzono i rejestrowano równocześnie moc czynną silników elektrycznych wszystkich zespołów napędowych. Pomiar poboru mocy realizowano z wykorzystaniem przetworników mocy czynnej prądu przemiennego typu PP3.

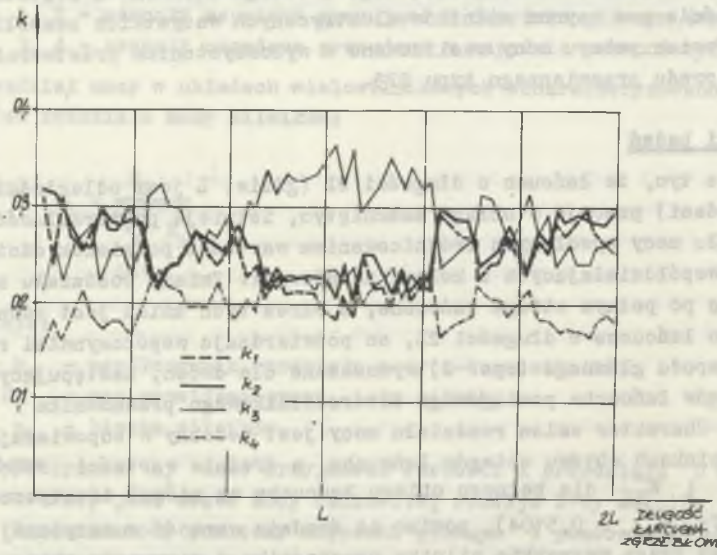
3.2. Wyniki badań

W związku z tym, że łańcuch o długości 2L (gdzie: L jest odległością pomiędzy napędami) pracuje w obiegu zamkniętym, istnieje powtarzalność zmian rozdziału mocy wywołanych zróżnicowaniem wartości podziałek odcinków łańcucha współdziałających z kołami napędowymi. Zmiany rozdziału mocy powtarzają się po pełnym obiegu łańcucha, a okres tych zmian jest równy czasowi obiegu łańcucha o długości 2L, co potwierdzają współczynniki rozdziału mocy napędu głównego (rys. 2) wyznaczone dla dwóch, następujących po sobie obiegów łańcucha pociągowego czterosilnikowego przenośnika zgrzebłowego. Charakter zmian rozdziału mocy jest podobny w odpowiadających sobie odcinkach obydwu obiegów łańcucha, a średnie wartości współczynników K'_I i K''_{II} dla pełnego obiegu łańcucha są niemal identyczne ($K'_{Iśr}$ = 0,5107; $K''_{Iśr}$ = 0,5104), pomimo iż średnia wartość sumarycznej mocy rozwijanej przez wszystkie silnika przenośnika w pierwszym obiegu ($N'_{śr}$ = 186,1 kW) różni się od średniej wartości w drugim obiegu ($N'_{śr}$ = = 167,5 kW).



Rys. 2. Współczynniki rozdziału mocy napędu głównego w następujących po sobie obiegach łańcucha, czterosilnikowego przenośnika zgrzebłowego

Fig. 2. Power distribution coefficients of the main drive in the consecutive chain cycles of the four-engine pushplate convereyor



Rys. 3. Zmiany współczynników rozdziału mocy silników czterosilnikowego przenośnika zgrzebłowego

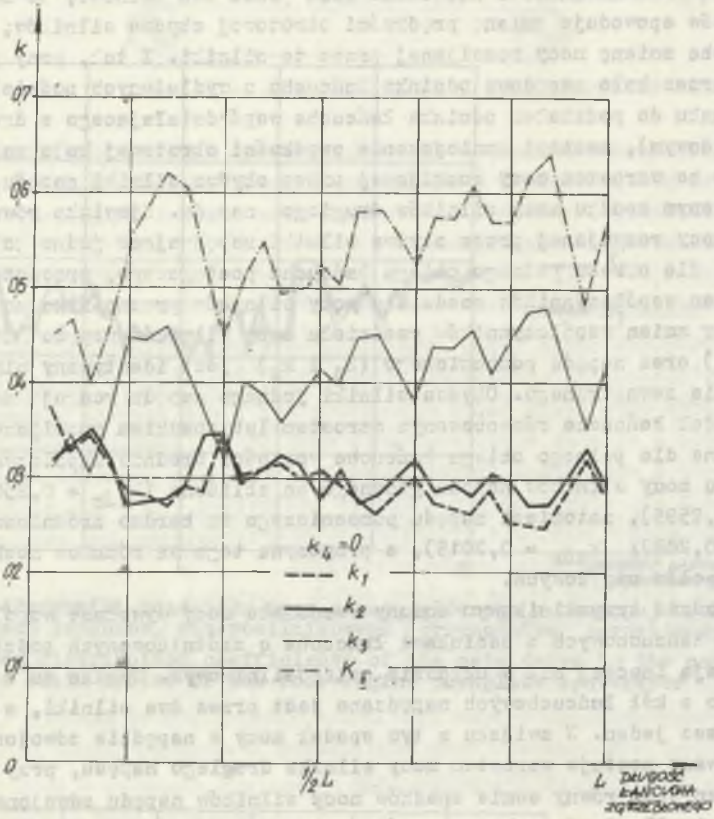
Fig. 3. Changes of the power distribution coefficients of the four-engine push-plate conveyor engines

Jeżeli koło łańcuchowe napędzane jest przez dwa silniki, to zmiana jego obrotów spowoduje zmianę prędkości obrotowej obydwu silników, co pociąga za sobą zmianę mocy rozwijanej przez te silniki. I tak, przy przechodzeniu przez koło napędowe odcinka łańcucha o wydłużonych podziałkach (w stosunku do podziałek odcinka łańcucha współdziałającego z drugim kołem napędowym), nastąpi zmniejszenie prędkości obrotowej koła napędowego związane ze wzrostem mocy rozwijanej przez obydwa silniki napędu, przy równoczesnym spadku mocy silników drugiego napędu. Zjawisko równoczesnej zmiany mocy rozwijanej przez obydwa silniki napędzające jedno koło łańcuchowe, dla okresu pełnego obiegu łańcucha pociągowego, przedstawia wykres zmian współczynników rozdziału mocy silników przenośnika na rys. 3. Charakter zmian współczynników rozdziału mocy silników napędu głównego (k_1 i k_2) oraz napędu pomocniczego (k_3 i k_4) jest identyczny mimo zmian obciążenia zewnętrznego. Obydwa silniki jednego napędu reagują na zmiany przedziałek łańcucha równoczesnym wzrostem lub spadkiem rozwijanej mocy. Wyznaczone dla pełnego obiegu łańcucha wartości średnie współczynników rozdziału mocy silników napędu głównego są zbliżone ($k_{1śr}$ = 0,2502; $k_{2śr}$ = 0,2595), natomiast napędu pomocniczego są bardzo zróżnicowane ($k_{3śr}$ = 0,2888; $k_{4śr}$ = 0,2015), a przyczyną tego są różnice mechanicznych zespołów napędowych.

W układzie trzysilnikowym zmiany rozdziału mocy wywołane współdziałaniem kół łańcuchowych z odcinkami łańcucha o zróżnicowanych podziałkach przebiegają inaczej niż w układzie czterosilnikowym. Wynika to z faktu, że jedno z kół łańcuchowych napędzane jest przez dwa silniki, a drugie tylko przez jeden. W związku z tym spadek mocy w napędzie zdwojonym zrekompensowany zostaje wzrostem mocy silnika drugiego napędu, przy czym wzrost ten jest równy sumie spadków mocy silników napędu zdwojonego [3]. Zjawisko to ilustrują wykresy współczynników rozdziału mocy silników przedstawione na rys. 4. Charakter i zakres zmian współczynnika rozdziału mocy silnika, który sam napędza koło łańcuchowe (k_3), są takie same, jak współczynnika rozdziału mocy danego napędu w układzie czterosilnikowym ($K_{II} = k_3 + k_4$). Tak więc współdziałanie kół łańcuchowych z odcinkami łańcucha o zróżnicowanych podziałkach prowadzi w układzie trzysilnikowym do znacznie większych zmian mocy, a tym samym do przeciążania i niedociążania jednego z silników w porównaniu z układem czterosilnikowym.

Badania rozdziału mocy dwusilnikowego układu pociągowego przeprowadzono na **statycznym strugu węglowym SWS-4.**

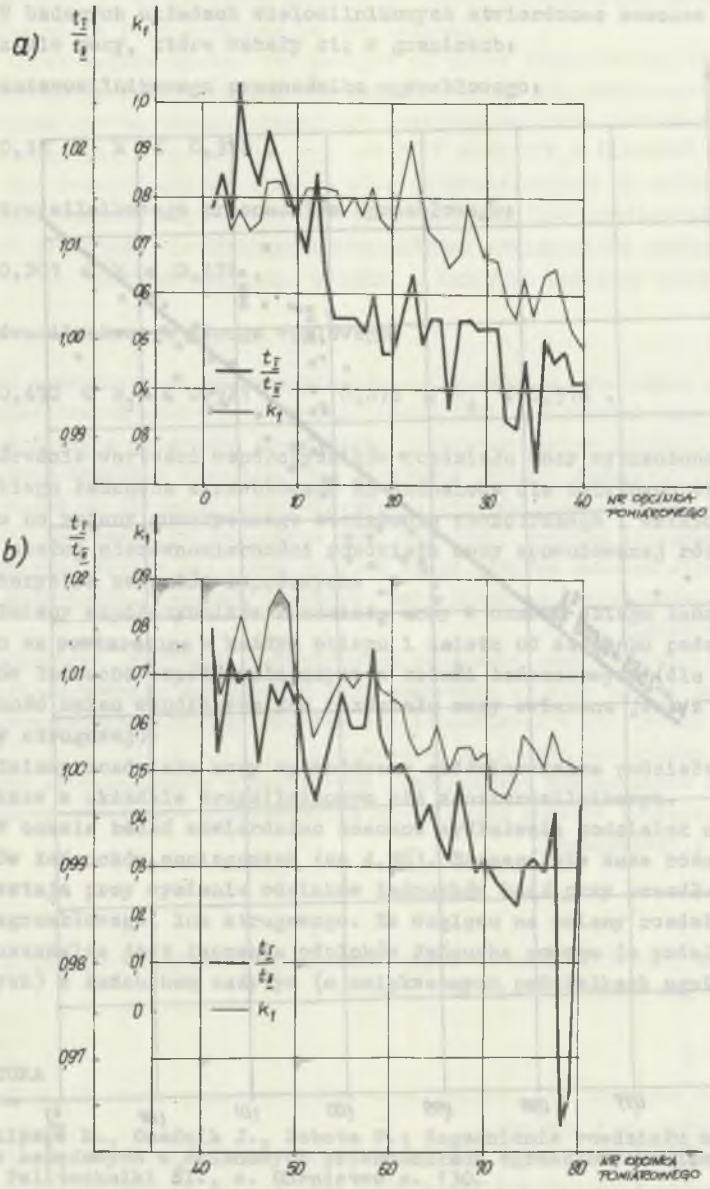
Dla ustalenia wpływu zróżnicowania podziałek odcinków łańcucha współdziałających z napędowymi kołami łańcuchowymi na rozdział mocy zmierzono rzeczywiste wartości podziałek łańcucha strugowego. Równoczesny pomiar przy napędzie głównym (t_I) i pomocniczym (t_{II}) umożliwił porównanie wartości podziałek odcinków łańcucha współdziałających w tym samym czasie z kołami łańcuchowymi obydwu napędów. Wykresy współczynnika rozdziału mocy silnika k_1 i stosunku podziałek t_I/t_{II} dla 40 pięcioogniwowych od-



Rys. 4. Zmiany współczynników rozdziału mocy silników trzysilnikowego przenośnika zgrzebłowego

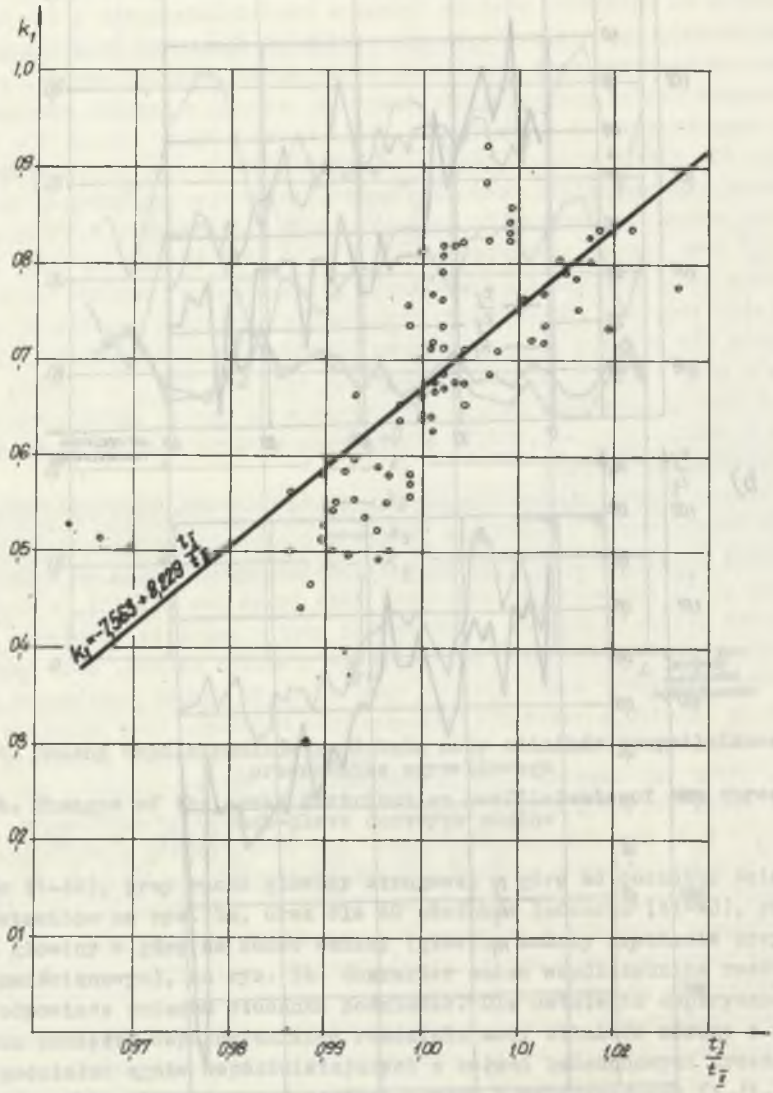
Fig. 4. Changes of the power distribution coefficients of the three-engine push-plate conveyor engine

cinków (1-40), przy ruchu głowicy strugowej w górę od początku ściany, przedstawiono na rys. 5a, oraz dla 40 odcinków łańcucha (41-80), przy ruchu głowicy w górę na końcu ściany (głowica kończy urabianie przy chodniku nadścianowym), na rys. 5b. Charakter zmian współczynnika rozdziału mocy odpowiada zmianom stosunku podziałek. Dla ustalenia empirycznego związku pomiędzy współczynnikiem rozdziału mocy silników struga a stosunkiem podziałek ogniw współdziałających z kołami łańcuchowymi przedstawiono każdy odcinek pomiarowy w postaci punktu o współrzędnych (t_I/t_{II}, k_1). Powyższe punkty zaznaczono na rys. 6 i poprowadzono przez nie prostą najmniejszych kwadratów. Uzyskana wartość współczynnika korelacji (r = 0,7504) świadczy o istotnej zależności pomiędzy współczynnikiem rozdziału mocy silnika a stosunkiem podziałek odcinków łańcucha współdziałających z kołami napędowymi.



Rys. 5. Zmiany stosunku podziałek odcinków łańcucha współdziałających z kołami napędowymi i współczynnika rozdziału mocy silnika struga

Fig. 5. Proportion changes of the chain elements pitches cooperating with the wheels and power distribution of the plane engine



Rys. 6. Korelacja pomiędzy współczynnikiem rozdziału mocy silnika struga a stosunkiem podziałek odcinków łańcucha współdziałających z kołami napędowymi

Fig. 6. Corelation between power distribution coefficient of the plane engine and pitch proportion of the chain elements cooperating with the drive wheels

4. WNIOSKI

1. W badanych układach wielosilnikowych stwierdzono znaczne różnice w rozdziale mocy, które wahały się w granicach:

- dla czterosilnikowego przenośnika zgrzebłowego:

$$0,15 \leqslant k \leqslant 0,370 ,$$

- dla trzysilnikowego przenośnika zgrzebłowego:

$$0,201 \leqslant k \leqslant 0,476 ,$$

- dla dwusilnikowego struga węglowego:

$$0,490 \leqslant k_1 \leqslant 0,921 \qquad 0,079 \leqslant k_4 \leqslant 0,510 .$$

2. Średnie wartości współczynników rozdziału mocy wyznaczone dla pełnego obiegu łańcucha zgrzebłowego są jednakowe dla kolejnych obiegów bez względu na zmiany sumarycznego obciążenia zewnętrznego i wskazują na istnienie stałej nierównomierności rozdziału mocy spowodowanej różnicami charakterystyk zespołów napędowych.

3. Zmiany współczynników rozdziału mocy w czasie obiegu łańcucha zgrzebłowego są powtarzalne w każdym obiegu i zależą od stosunku podziałek ogniw odcinków łańcucha współdziałających z kołami łańcuchowymi (dla struga powtarzalność zmian współczynników rozdziału mocy związana jest z położeniem głowicy strugowej).

4. Zmiany rozdziału mocy spowodowane zróżnicowaniem podziałek łańcucha są większe w układzie trzysilnikowym niż w czterosilnikowym.

5. W czasie badań stwierdzono znaczne wydłużenia podziałek niektórych odcinków łańcuchów pociągowych (do 4,3%). Szczególnie duże różnice podziałek powstają przy wymianie odcinków łańcuchów bądź przy przedłużaniu łańcucha zgrzebłowego, lub strugowego. Ze względu na zmiany rozdziału mocy niedopuszczalne jest łączenie odcinków łańcucha nowego (o podziałkach nominalnych) z łańcuchem zużytym (o zwiększonych podziałkach ogniw).

LITERATURA

[1] Dolipski M., Osadnik J., Sobota P.: Zagadnienie rozdziału mocy silników napędowych w ścianowych przenośnikach zgrzebłowych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śl., s. Górnictwo z. 130.

[2] Rynik J., Sobota P.: Rozkład obciążeń silników w wielonapędowych przenośnikach zgrzebłowych i strugach. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa, nr 3/1978.

[3] Sobota P.: Quasi-statyczne, średniookresowe zmiany rozdziału mocy w wielonapędowych przenośnikach zgrzebłowych, Praca doktorska, Gliwice 1982.

Recenzent: Prof. dr inż. Zbigniew KORECKI

Wpłynęło do Redakcji w styczniu 1987 r.

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОЩНОСТИ В МНОГОМОТОРНЫХ ТЯГЛОВЫХ СИСТЕМАХ С ЦЕПЬЮ В ЗАМКНУТОМ КОНТУРЕ

Р е з ю м е

В работе определены коэффициенты, характеризующие распределение мощности в многомоторных тяговых системах. Представлены результаты исследований распределения мощности четырёхмоторного скребкового конвейера и двухмоторного статического угольного струга. Изменения распределения мощности конвейера повторяются после полного оборота скребковой цепи, несмотря на различную суммарную мощность моторов. Причиной этих периодических изменений является неоднородность делений звеньев вдоль контура цепи. Для струга повторяемость изменений коэффициентов распределения мощности связана с положением головки струга в лаве.

В трёхмоторной системе изменения распределения мощности, вызванные взаимодействием цепных колёс с отрезками цепи с различным удлинением делений, происходят иначе, чем в четырёхмоторной системе, вызывая периодические перегрузки и недогрузки одного из двигателей.

Во время исследований установлено, значительную неоднородность делений некоторых отрезков тяговых цепей из-за недопустимого соединения отрезков новой цепи и сработанных.

EXPLOITATION INVESTIGATIONS OF POWER DISTRIBUTION IN MULTI-ENGINE LIFT SYSTEM WITH THE CHAIN WITH CLOSED CONTOUR

S u m m a r y

The paper presents the coefficients characterizing power distribution in multi-engine lift systems.

The results of the investigations of power distribution of the four-engine push-plate conveyor and two-engine static coal plough were presented.

The changes of power distribution of the conveyor appear after a full cycle of push-plate chain inspite of diversification of the total power developed by the engines.

The reason of these changes is the diversification of chain pitches along the chain contour.

Repeatability of coefficient changes of power distribution is connected with the plane head position in the longwall.

In the three-engine system the changes of power distribution caused by chain wheels cooperation with the chain elements run differently than in four-engine system causing perodical overload and non-gravitation of one of the engines.

During the investigations considerable diversification of pitches of some lifting chain elements were noticed resulting from inadimssable connections of new chain elements with the old one.