ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1979
Seria: GÓRNICTWO z.95 Nr kol.594

Jan RYNIK
Piotr SOBOTA

WPŁYW ROZDZIAŁU OBCIĘŻENIA SILNIKÓW NA WIELKOŚĆ NAPIĘĆ W ŁAŃCUCHU STRUGOWYM

Streszczenie: W pracy przedstawiono analizę wpływu rozdziału obciążenia silników w zespołach strugowych na wielkość napięć w łańcuchu strugowym. Wyznaczono wartości maksymalne napięć w zależności od współczynnika rozdziału obciążenia dla układu obciążonego siłą skupioną i z uwzględnieniem oporów ruchu łańcucha. Wykazano, że nierównomierny rozdział obciążenia powoduje wzrost wartości napięć maksymalnych w łańcuchu strugowym.

1. Wstęp

W związku ze stałym wzrostem koncentracji wydobycia i długości przodków wybierkowych instaluje się w ścianach maszyny urabiające i przenośniki zgrzebłowe o coraz większej mocy, co pociąga za sobą konieczność stosowania układów wielonapędowych. Wadliwa współpraca napędów w układach wielonapędowych strugów węglowych jest jednym z istotnych czynników powodujących powstawanie znacznej nierównomierności obciążenia poszczególnych silników elektrycznych, w wyniku czego jedne napędy są w czasie pracy przeciążone a inne niedociążone.

Nadwyżki obciążeń powstałe w układach wielonapędowych często są przyczyną uszkodzeń silników elektrycznych, sprzęgieł hydrokinetycznych, przekładni, napędowych kół łańcuchowych oraz łańcuchów i ich elementów złącznych.

2. Badania rozdziału obciążenia silników napędowych struga

Stopień nierównomierności obciążenia poszczególnych silników napędowych struga pracujących w trudnych warunkach dołowych scharakteryzowano przy pomocy współczynników rozdziału obciążenia k_{s_1}, k_{s_2} ... k_{sk}... k_{sn}, wyznaczonych z zależności:

$$k_{sk} = \frac{M_{k_{śr}}}{\sum_{i=1}^{i=n} M_{i_{śr}}} \qquad /1/$$

gdzie:

$M_{k_{śr}}$ - średni moment rozwijany przez k-ty silnik,

n - liczba silników napędowych.

Dla strugów węglowych SWS-4 i SWS-4U, wyposażonych w dwa napędy jednosilnikowe /n=2/, współczynniki rozdziału obciążenia napędu wysypowego i zwrotnego określono z zależności:

$$k_{s_1} = \frac{M_{1_{śr}}}{M_{1_{śr}} + M_{2_{śr}}} \qquad /2/$$

$$k_{s_2} = \frac{M_{2_{śr}}}{M_{1_{śr}} + M_{2_{śr}}} \qquad /3/$$

gdzie:

$M_{1_{śr}}$ - średni moment rozwijany przez silnik napędu wysypowego,

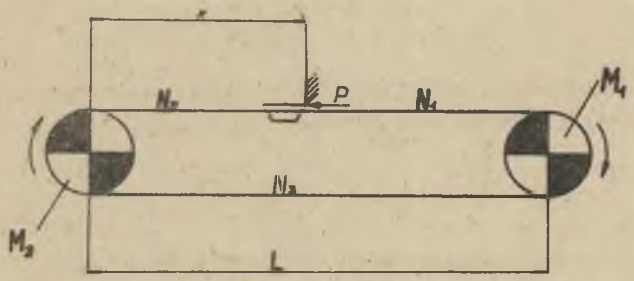
$M_{2_{śr}}$ - średni moment rozwijany przez silnik napędu zwrotnego,

Jak wynika z badań prowadzonych w Instytucie Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej [1] różnice obciążenia silników napędowych struga SWS-4 i SWS-4U wahały się w zakresie od 14 - 38 %, maksymalne różnice współczynników rozdziału obciążenia napędu wysypowego i zwrotnego występowały przy wartościach: k_{s_1} = 0,69 i k_{s_2} = 0,31, przy czym są to wartości średnie dla ruchu głowicy strugowej w górę i w dół ściany.

Stosowane w napędach strugów układy pociągowe z łańcuchem w obiegu zamkniętym /rys.1/ charakteryzują się zmianami w rozkładzie napięć w wstępnie napiętym konturze łańcuchowym w zależności od punktu przyłożenia siły użytecznej i rozdziału obciążenia na poszczególne napędy. Współczynnik rozdziału obciążenia, przedstawiający stopień nierównomierności obciążenia poszczególnych silników napędowych, ma wpływ na wartości maksymalne napięć w poszczególnych częściach konturu łańcuchowego.

3. Wpływ rozdziału obciążenia na rozkład napięć bez uwzględnienia oporów ruchu łańcucha.

Rozważania przeprowadzono przy założeniu, że sprawności obydwu zespołów napędowych /przekładania, koło łańcuchowe/ są równe.
Zależności określające wielkości napięć w konturze łańcuchowym wyprowadzono z warunku nieluzowania się cięgna biernego [2] , który spełniony zostanie, gdy suma wydłużeń sprężystych łańcucha skompensowana zostanie jego wydłużeniem pod wpływem napięcia wstępnego /rys.1/:



Rys. 1. Schemat dwunapędowego układu pociągowego z łańcuchem w obiegu zamkniętym.

$$\frac{N_1/L-x/}{E_o} + \frac{N_2\ x}{E_o} + \frac{N_3\ L}{E_o} < \frac{N_o\ 2L}{E_o} \qquad /4/$$

gdzie:

N_1 - napięcie w cięgnie roboczym,
N_2 - napięcie w cięgnie biernym,
N_3 - napięcie w cięgnie powrotnym,
N_o - napięcie wstępne,
x - odległość punktu przyłożenia siły użytecznej /głowicy struga/ od początku układu,
L - odległość między napędowymi kołami gniazdowymi,
E_o - sztywność łańcucha.

Siły uciągu na napędowych kołach łańcuchowych będą proporcjonalne do stopnia obciążenia poszczególnych napędów:

$$N_1 - N_3 = k_{s_1}\ P \qquad /5/$$

$$N_3 - N_2 = k_{s_2}\ P = /1 - k_{s_1}/\ P \qquad /6/$$

Po rozwiązaniu układu równań /4/, /5/ i /6/ otrzymujemy:

$$N_1 = N_o + P\ \frac{k_{s_1} \cdot L + x}{2L} \qquad /7/$$

$$N_2 = N_o - P \frac{L/2 - k_{s_1} /-x}{2L} \qquad /8/$$

$$N_3 = N_o + P \frac{x - k_{s_1} \cdot L}{2L} \qquad /9/$$

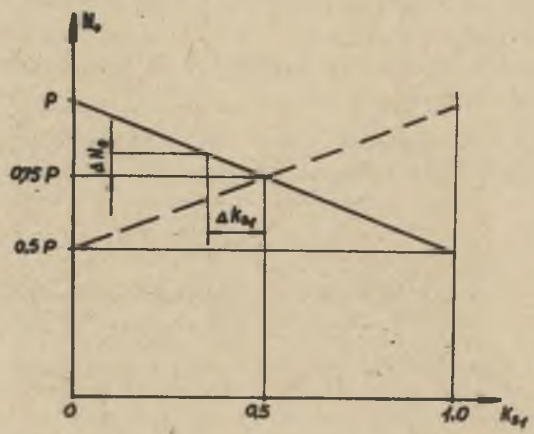
Warunek nieluzowania się cięgna łańcuchowego spełniony zostanie gdy N_2 min>0, co daje minimalną wartość napięcia wstępnego:

$$N_o = P \, /1 - \frac{k_{s_1}}{2}/ \qquad /10/$$

Do przeciwnego kierunku ruchu głowicy strugowej analogicznie otrzymamy:

$$N_o = P \, /1 - \frac{k_{s_2}}{2}/ = P \, /0,5 + \frac{k_{s_1}}{2}/ \qquad /11/$$

Zależność wartości wymaganego napięcia wstępnego od współczynnika rozdziału obciążenia pokazano na rys. 2, przy czym linia przerywana dotyczy przeciwnego kierunku ruchu głowicy strugowej niż zaznaczono na rys.1. Ze względu na dwukierunkową pracę głowicy strugowej wartość wymaganego napięcia wstępnego łańcucha jest najniższa przy równomiernym obciążeniu napędów i wynosi 0,75 P. Każda zmiana współczynnika rozdziału obciążenia $/k_{s_1} \neq 0,5/$ powoduje wzrost wartości wymaganego napięcia wstępnego o ΔN_o:



Rys.2. Zależnośc wymaganej wartości napięcia wstępnego od współczynnika rozdziału obciążenia.

$$\Delta N_o = P \, /0,25 - 0,5 \, k_{s_1} / \qquad /12/$$

Podstawiając /10/ do układu równań /7/, /8/ i /9/ i przyjmując x = L otrzymano maksymalne wartości napięć w układzie napiętym wymaganą wartością N_o:

$$N_1 \max = 1{,}5\ P \qquad /13/$$

$$N_2 \max = 0{,}5\ P \qquad /14/$$

$$N_3 \max = /1{,}5 - k_{s_1}/\ P \qquad /15/$$

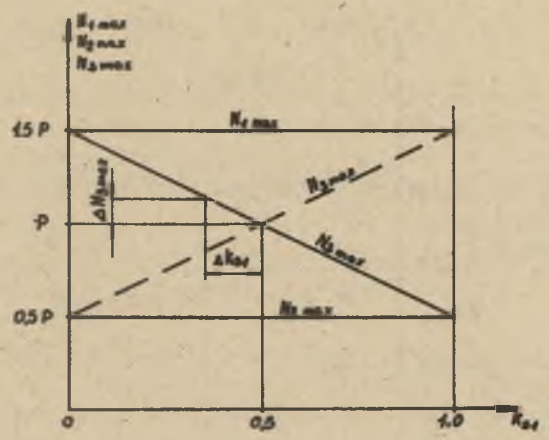
Jak wynika ze wzorów /13/, /14/, /15/ i rys. 3 maksymalne wartości napięć w cięgnie roboczym i biernym nie zależą od rozdziału obciążenia na poszczególne napędy. Natomiast maksymalna wartość napięcia w cięgnie powrotnym zmienia się wraz ze zmianą rozdziału obciążenia i może osiągnąć wartość równą N_1 max dla $k_{s_1} = 0$ lub $k_{s_2} = 1$ przy przeciwnym kierunku ruchu głowicy strugowej.

Nadwyżka napięcia ΔN_3max, określona jako różnica napięć maksymalnych dla $k_{s_1} \neq 0{,}5$ i $k_{s_1} = 0{,}5$, wynosi:

$$\Delta N_3 \max = P/0{,}5 - k_{s_1}/ \qquad /16/$$

Analogicznie dla przeciwnego kierunku ruchu głowicy strugowej:

$$\Delta N_3 \max = P\ /0{,}5 - k_{s_2}/ = P\ /k_{s_1} - 0{,}5/ \qquad /17/$$



Rys. 3. Wpływ współczynnika rozdziału obciążenia na wartości napięć maksymalnych bez uwzględnienia oporów ruchu łańcucha.

Jak wynika z rys. 3 przy wartości współczynnika rozdziału obciążenia $k_{s_1} \neq 0{,}5$ następuje wzrost wartości napięcia maksymalnego w cięgnie powro-

tnym o ΔN_3 max, a przy zmianie kierunku ruchu spadek o tę samą wartość, przy czym:

$$\Delta N_3 = 2\ \Delta N_o \qquad /18/$$

4. Wpływ rozdziału obciążenia na rozkład napięć z uwzględnieniem oporów ruchu łańcucha strugowego

Wartości sił w łańcuchu strugowym, określone z warunku nieluzowania się cięgna, wyznaczono przez superpozycję sił [2], wywołanych obciążeniem użytecznym głowicy strugowej i oporami ruchu łańcucha strugowego, otrzymując następujące zależności:

- napięcie w cięgnie roboczym:

$$0 < k_{s_1} < 0{,}5$$

$$N_1 = P\ /1 - \frac{k_{s_1}}{2}/ + q\ f\ L\ /1 - k_{s_1}/ + P\ \frac{x + k_{s_1} L}{2l} + q\ f\ x \qquad /19/$$

gdzie:

q - ciężar 1 m łańcucha strugowego,

f - współczynnik oporów ruchu łańcucha strugowego,

podstawiając x = L otrzymujemy:

$$N_1\ \max = 1{,}5\ P + qfL\ /2 - k_{s_1}/ \qquad /20/$$

$$0{,}5 < k_{s_1} < 1{,}0$$

$$N_1 = P\ /1 - \frac{k_{s_1}}{2}/ + qfL\ k_{s_1} + P\ \frac{x + k_{s_1} L}{2L} + qfx + qfL/2k_{s_1} - 1/ \qquad /21/$$

dla x = L

$$N_1\ \max = 1{,}5\ P + 3\ qfL\ k_{s_1} \qquad /22/$$

- napięcie w cięgnie biernym:

$$0 < k_{s_1} < 0{,}5$$

$$N_2 = P/1 - \frac{k_{s_1}}{2}/ + qfL/1 - k_{s_1}/ - P\ \frac{L/2 - k_{s_1}/ - x}{2L} + qfx \qquad /23/$$

dla x = L

$$N_2 max = 0,5P + qfL\ /2 - k_{s_1}/ \qquad /24/$$

$$0,5 < k_{s_1} < 1,0$$

$$N_2 = P/1 - \frac{k_{s_1}}{2}/ + qfL\ k_{s_1} - P\ \frac{L/2-k_{s_1}/-x}{2L} + qfx + qfL/2k_{s_1} - 1/ \qquad /25/$$

dla x = L

$$N_2 max = 0,5\ P + 3qfL\ k_{s_1} \qquad /26/$$

- napięcie w ciągnie powrotnym:

$$o < k_{s_1} < 0,5$$

$$N_3 = P/1 - \frac{k_{s_1}}{2}/ + qfL/1-k_{s_1}/ + P\ \frac{x-k_{s_1}L}{2L} + qfx + qfL/1-2k_{s_1}/ \qquad /27/$$

dla x = L

$$N_3 max = 1,5\ P + 3qfL - /P + 3qfL/\ k_{s_1} \qquad /28/$$

$$0,5 < k_{s_1} < 1,0$$

$$N_3 = P/1 - \frac{k_{s_1}}{2}/ + qfL\ k_{s_1} + P\ \frac{x-k_{s_1}L}{2} + qfx \qquad /29/$$

dla x = L

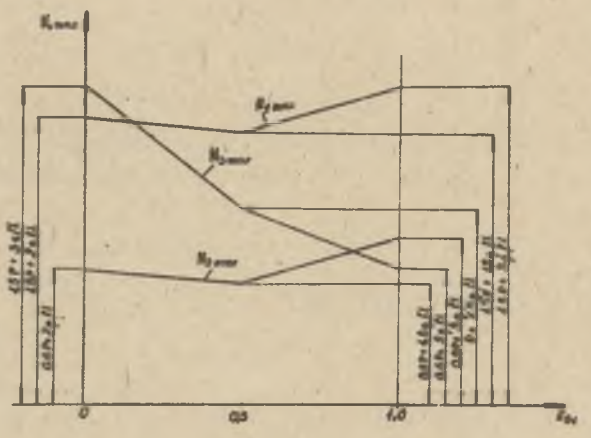
$$N_3\ max = 1,5\ P + qfL - /P - qfL/\ k_{s_1} \qquad /30/$$

Wykresy napięć maksymalnych, uwzględniające opory przemieszczenia łańcucha dla kierunku ruchu zaznaczonego na rys.1, w zależności od współczynnika rozdziału obciążenia przedstawiono na rys.4.

Jak wynika z porównania zależności /13/ oraz /20/ i /22/ maksymalne napięcie dodatkowe w cięgnie roboczym, wynikające z oporów ruchu łańcucha, waha się, w zależności od współczynnika rozdziału obciążenia, w granicach od 1,5 gfL do 3 gfL. O te same wartości wzrasta obciążenie w cięgnie biernym i w cięgnie powrotnym.

Należy zwrócić uwagę na to, że maksymalne wartości napięć w łańcuchu strugowym obliczono dla właściwie dobranego napęcia wstępnego.

Na obecnym etapie rozwoju techniki strugowej nie jest znany rzeczywisty rozdział obciążenia pomiędzy napędami. Wymaga to założenia współczynnika rozdziału obciążenia w celu prawidłowego dobrania napięcia wstępnego. Jeżeli założony rozdział obciążenia nie będzie odpowiadał rzeczywistemu, to w przypadku gdy:



Rys. 4. Wykresy napięć maksymalnych uwzględniające opory ruchu łańcucha strugowego w zależności od współczynnika rozdziału obciążenia.

$$|0,5 - k_{s_1} \text{ zał.}| > |0,5 - k_{s_1} \text{ rzecz.}|$$

wyznaczone dla k_{s_1} zał. napięcie wstępne będzie większe od wymaganego, co spowoduje powstanie nadwyżki napięcia statycznego w łańcuchu, natomiast dla przypadku:

$$|0,5 - k_{s_1} \text{ zał.}| < |0,5 - k_{s_1} \text{ rzecz.}|$$

wyznaczone napięcie wstępne będzie mniejsze od wymaganego i warunek /4/ nie będzie spełniony.

Ze względu na napinanie wstępne łańcucha strugowego w warunkach dołowych przy pomocy napędów i brak możliwości kontroli wielkości napięcia wstępnego praktycznie wartość ta będzie wyższa od wymaganej, powodując tym wzrost wartości napięć w łańcuchu.

5. Wnioski

1. Nierównomierny rozdział obciążenia napędów strugowych powoduje powstanie dodatkowych sił statycznych w łańcuchu strugowym.
2. Nadwyżki sił statycznych w łańcuchu strugowym zmniejszają jego trwałość i niezawodność, powiększają naciski na wały i łożyska oraz przyśpieszają proces zużywania się elementów trasy na krzywiznach i nierównościach.
3. Należy opracować skuteczne sposoby pomiaru i kontroli rozdziału obciążenia oraz środki zmierzające do zmniejszenia nierównomiernego rozdziału

obciążenie pomiędzy silnikami napędów strugowych.

LITERATURA

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

[2] J.Rynik: Analiza możliwości ograniczenia nadwyżek napięć statycznych w kopalnianych układach pociągowych z łańcuchem w obiegu zamkniętym. Zeszyt Naukowy Politechniki Śląskiej, "Górnictwo" nr 44, 1970 r.

ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ВЕЛИЧИНУ НАПРЯЖЕНИЙ В СТРУГОВОЙ ЦЕПИ

Резюме:

В статье приводится анализ влияния распределения нагрузок двигателей струговых установок на величину напряжений в струговой цепи. Определены максимальные величины напряжений в зависимости от показателя распределения нагрузок для схемы загруженной сосредоточенной силой и с учетом сопротивлений движению цепи. Доказано,что неравномерное распределение нагрузки вызывает повышение величин максимальных напряжений в струговой цепи.

EFFECTA OF DRIVE LOAD DISTRIBUTIONS ON THE TENSION OF WEDGE HEAD CHAINS

Summary

An analysis has been presented of effects of drive load distributions upon wedge head chain tensions. Maximum tension values have been determined as dependet on the load distrubutions for a system loaded a concentrated force and considering chain motion drag walues. It has been concluded that an uneven load distribution increases maximum chain tensions.