ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1989

Seria: MECHANIKA z. 92 Nr kol. 1027

XIII MIĘDZYNARODOWE KOLOKWIUM
"MODELE W PROJEKTOWANIU I KONSTRUOWANIU MASZYN"

13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
"MODELS IN DESIGNING AND CONSTRUCTIONS OF MACHINES"

25-28.04.1989 ZAKOPANE

Eugeniusz BLIŹNICKI

Instytut Budowy Maszyn
Politechnika Śląska

PROJEKTOWANIE ZESPOŁU NAPĘDOWEGO SZYNOWEJ KOLEI PODWIESZONEJ KSP Z NAPĘDEM LINOWYM

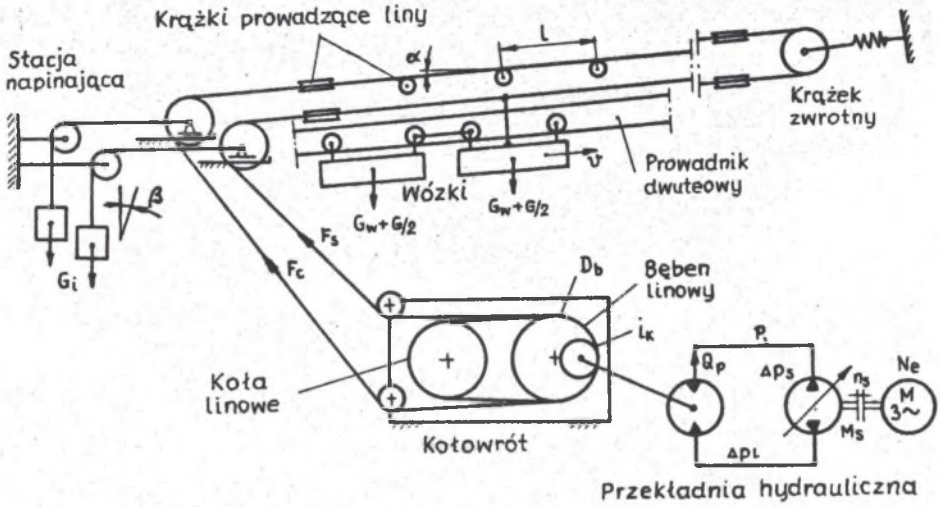
Streszczenie. W pracy przedstawiono algorytm projektowania hydraulicznego układu napędowego górniczej kolei podwieszonej KSP stosowanej w chodnikach i pochylniach. Dla doboru typowych elementów układu o założonej strukturze wykorzystano odpowiednie zależności teoretyczne. Niektóre z występujących w nich wielkości wyznaczono w trakcie badań doświadczalnych. Jakość uzyskanego rozwiązania napędu łącznie z jego częścią wykonawczą oceniana jest pod względem dynamicznym dla fazy rozruchu drogą symulacji komputerowej.

1. Kolej podwieszona KSP i jej cechy

Kolej podwieszona KSP jest środkiem transportu w chodnikach i pochylniach o max pochyleniu $\pm 25^0$ stosowanym do transportu materiałów, sprzętu i zespołów maszyn o max ciężarze 50kN. Transport odbywa się za pomocą wózków podwieszonych na dwuteowym prowadniku, przemieszczanych za pomocą liny prowadzonej wzdłuż trasy. Kolej KSP /rys.1/ składa się z trzech zasadniczych zespołów:

- hydraulicznego hydrostatycznego układu napędowego pracującego w obiegu zamkniętym z pompą regulowaną napędzaną silnikiem asynchronicznym,
- kołowrotu zamieniającego ruch obrotowy silnika hydraulicznego na ruch prostoliniowy liny przewijanej przez bęben linowy,
- zespołu wykonawczego zawierającego linę w obwodzie zamkniętym przemieszczającą wózki transportowe, dwuteowy podwieszony prowadnik oraz stację napinającą linę, zapewniającą niezbędny moment tarcia na bębnie linowym.

Parametry układu napędowego kolei zapewniają max prędkość ruchu wózków wynoszącą 2m/s oraz max siłę napędową w linach równą 30kN. Sterowanie napędem realizowane jest ręcznie za pomocą sterownika wpływającego na położenie siłownika serwomechanizmu hydraulicznego pompy głównej zmieniającego jej wydajność w obwodzie zamkniętym.



Rys.1. Schemat ideowy kolei podwieszonej KSP
Fig.1. A scheme of the rope drive type KSP

Napęd kolei KSP jest złożonym układem masowo-sprężystym zawierającym elementy mechaniczne i hydrauliczne. Elementami o największej podatności są lina pędna o średnicy 16mm i max długości do 2,2km oraz stacja napinająca linę za pomocą podwieszanych ciężarów. Wymagania stawiane napędowi dotyczą max przyśpieszeń w fazie rozruchu i związanych z nimi przeciążeń elementów układu.

W pracy zagadnienia projektowania napędu ograniczono do zespołu pierwszego i ma ono na celu dobór katalogowy poszczególnych elementów, a w szczególności silnika elektrycznego, pompy głównej oraz silnika hydraulicznego.

2. Założenia i algorytm projektowania napędu

Projektowanie i dobór poszczególnych elementów katalogowych realizowany jest w oparciu o określone zależności teoretyczne zawierające dane wejściowe oraz wielkości zidentyfikowane w badaniach doświadczalnych. Jako dane wejściowe przyjęto:

- L - długość trasy kolei,
- G_{max} - max obciążenie wózków kolei,
- α_{max} - max kąt pochylenia trasy kolei w płaszczyźnie pionowej,
- v_{max} - max prędkość ruchu ustalonego wózków kolei,
- R_{min}, φ_{max} - parametry trasy kolei w płaszczyźnie poziomej.

W procesie projektowania napędu należy określić następujące wielkości wyjściowe, będące podstawą doboru elementów katalogowych:

- N_e - moc silnika elektrycznego napędzającego pompę główną,
- n_{2max} - max prędkość obrotowa wału silnika hydraulicznego,
- p_{max} - max ciśnienie robocze w przekładni hydraulicznej,
- Q_p - niezbędną wydajność max pompy głównej,
- a_{rmax} - max dopuszczalne przyśpieszenie rozruchu napędu.

Poszczególne wielkości wyjściowe określono na podstawie zależności:

$$n_{2max} = \frac{60}{2\pi \cdot D_b \cdot i_k} \cdot v_{max} \; [obr/min] \qquad /1/$$

$$Q_p = \frac{n_{2max} \cdot q_s}{60 \cdot \eta_{vs} \cdot \eta_{vp}} \quad [m^3/s] \qquad /2/$$

$$p_{max} = \Delta p_{s\,max} = \frac{(F_c - F_s)_{max} \cdot v_{max}}{Q_p \cdot \eta_{vp} \cdot \eta_k} \qquad /3/$$

$$(F_c - F_s)_{max} = \frac{(G_{max} + G_w) \cdot \sin\alpha_{max} + (G_{max} + G_w) \cdot f \cdot \cos\alpha_{max}}{1 - 3\,c \cdot R_k - 2 \cdot f_k} +$$

$$+ \frac{L/l \cdot (G_k + \gamma_l \cdot L) \cdot f_k + 0{,}5 \cdot G_i\,(1 + \cos\beta)}{1 - 3 \cdot c \cdot R_k - 2 \cdot f_k} \qquad /4/$$

$$N_e = \frac{Q_p \cdot p_{2max}}{\eta_p} + N_{pp} \qquad /5/$$

gdzie: D_b - średnica bębna linowego,
i_k - przełożenie kinematyczne pomiędzy wałem silnika hydraulicznego a osią bębna linowego,
l - odległość pomiędzy krążkami podpierającymi linę,
R_k - promień krążków prowadzących linę,
γ_l - ciężar własny 1 m liny,
f - współczynnik tarcia tocznego rolek na prowadniku,
f_k - współczynnik tarcia tocznego w łożyskowaniu krążków,
G_w - ciężar własny wózków z wyposażeniem,
G_k - ciężar krążków prowadzących linę,
G_i - suma ciężarów podwieszonych w stacji napinającej,
N_{pp} - moc niezbędna do napędu pomp pomocniczych = const,
q_s - chłonność silnika hydraulicznego,
jako wielkości konstrukcyjne zakładane przez konstruktora oraz wartości wyznaczone z badań lub przyjęte na podstawie doświadczeń:
η_{vp}, η_{vs} - sprawność objętościowa pompy głównej i silnika hydraulicznego,
η_p - sprawność ogólna pompy głównej,
η_k - sprawność mechaniczna kołowrotu,
$c = f/R_{min}, \varphi_{max}/$ - współczynnik uwzględniający odkształcanie liny na krążkach w miejscach zmian kształtu toru.

Projektowanie napędu hydraulicznego kolei KSP przebiega wg następującego algorytmu:

- przyjęcie danych wejściowych i parametrów trasy, tj. $L, \alpha_{max}, G_{max}, v_{max}, R_{min}, \varphi_{max}$,
- założenie lub wyznaczenie wielkości konstrukcyjnych i eksploatacyjnych, tj. G_w, G_k, G_i, f, f_k, l, c, γ_l,
- obliczenie niezbędnej siły napędowej $/F_c - F_s/_{max}$ wg zależn./4/,
- założenie wielkości konstrukcyjnych kołowrotu, tj. D_b, i_k, η_k,
- obliczenie parametrów silnika hydr. $n_{s\,max}$, N_s, $\Delta p_{s\,max}$ i jego dobór katalogowy,
- przyjęcie na podstawie badań η_{vp}, η_p, obliczenie Q_p i $\Delta p_{p\,max}$ oraz dobór pompy głównej wg katalogu,
- uwzględnienie mocy niezbędnej do napędu pomp pomocniczych, obliczenie mocy silnika elektrycznego N_{eu} i jego dobór,
- opracowanie modelu fizycznego i matematycznego przekładni hydraulicznej i części wykonawczej napędu,
- przeprowadzenie badań symulacyjnych w warunkach rozruchu mających na celu określenie sposobu i max przyśpieszenia rozruchu, przy którym spełnione są warunki: $N_{e\,max} < 2N_{eu}$, $p_{max} < p_{zb}$, a także inne wcześniej przyjęte wymagania,
- ewentualne zmiany parametrów elementów układu napędowego lub sposobu sterowania w fazie rozruchu,
- powtórne badania symulacyjne układu ze zmienionymi parametrami.

3. Podsumowanie

Zaproponowany algorytm projektowania napędu hydraulicznego kolei KSP został zweryfikowany dla założeń: $L=1200m$, $\alpha_{max}=25^{o}$, $G_{max}=30kN$, $v_{max}=2m/s$, $R_{min}=25m$, $\varphi_{max}=90^{o}$ [1]. Wartości współczynników równań /1/÷/5/ przyjęto w oparciu o konstrukcję i badania kolei KSP-32L. W wyniku obliczeń uzyskano następujące parametry układu hydraulicznego: $n_{smax}=116,2obr/min$, $Q_p=334,6dm^3/min$, $\Delta p_s=11,14MPa$, $N_e=102,2kW$. Z obliczeń wynika, że główny wpływ na siłę napędową (F_c-F_s) ma pochylenie toru kolei α oraz napięcie wstępne lin za pomocą stacji napinającej. Udziały te wynoszą odpowiednio 58 i 35%. Komputerowe badania symulacyjne rozruchu napędu przeprowadzono niezależnie dla przekładni hydrostatycznej [3] i części wykonawczej napędu [2], zamodelowanego jako układ masowo-sprężysty o 16 stopniach swobody. Wyniki tych badań wykazały zadowalającą zgodność z uzyskanymi wynikami badań eksperymentalnych.

LITERATURA

[1] Praca zbiorowa: Identyfikacja własności dynamicznych napędu kołowrotu kolei podwieszonej KSP. Sprawozdanie z realizacji pracy naukowo-badawczej. Politechnika Śląska. Gliwice 1987.

[2] Bliźnicki E., Wiercigroch M.: Modelowanie numeryczne ruchu zespołów roboczych kolei liniowej KSP. Materiały XXVII Sympozjonu "Modelowanie w Mechanice". Beskid Śląski, 1988.

[3] Bliźnicki E. Sokołowski A.: Modelowanie i symulacja komputerowa rozruchu napędu hydraulicznego kolei podwieszonej KSP. Materiały XXVIII Sympozjonu "Modelowanie w Mechanice". Beskid Śląski 1989.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ РЕЛЬСОВОЙ ПОДВЕШЕННОЙ ДОРОГИ РПД С КАНАТНЫМ ПРИВОДОМ

Р е з ю м е

В работе представлен алгоритм проектирования гидравлической приводной системы горной подвешенной дороги РПД применяемой в штреках и бремсбергах. Для выбора типичных элементов системы со сложной структурой использованы соответствующие теоретические зависимости. Некоторые из выступающих в них параметров определены во время экспериментальных исследований. Качество полученного решения привода, вместе с его исполнительной частью, оценивается с динамической точки зрения для фазы запуска путём компьютерной имитации.

DESIGN ENGINEERING OF THE MAIN DRIVE OF THE ROPE DRIVE TYPE KSP

S u m m a r y

This paper presents the algorithm of design process of hydraulic-system of the rope drive type KSP. Theoretical relationships were used to choose the typical elements of the complex systems. Some of parameters were obtained from the empirical testing. The dynamic properties of the start of the main part of this drive were evaluated by computer simulation.

Recenzent: doc. dr inż. T. Zmysłowski

Wpłynęło do Redakcji 11.I.1989 r.