ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1989

Seria: MECHANIKA z.99 Nr kol. 1057

SYMPOZJON "MODELOWANIE W MECHANICE"
POLSKIE TOWARZYSTWO MECHANIKI TEORETYCZNEJ I STOSOWANEJ
Beskid Śląski, 1990

Bogdan Zastępowski
Wydział Mechaniczny
Akademia Techniczno-Rolnicza
w Bydgoszczy

MODEL AWARYJNEGO UKŁADU ZASILANIA ŁOŻYSKA HYDROSTATYCZNEGO

Streszczenie. W pracy opisano układ zasilania łożysk hydrostatycznych w przypadku zaniku energii elektrycznej. Przedstawiono model dynamiczny łożyska hydrostatycznego przy zasilaniu ze źródła awaryjnego. Przeprowadzono badania symulacyjne takiego układu.

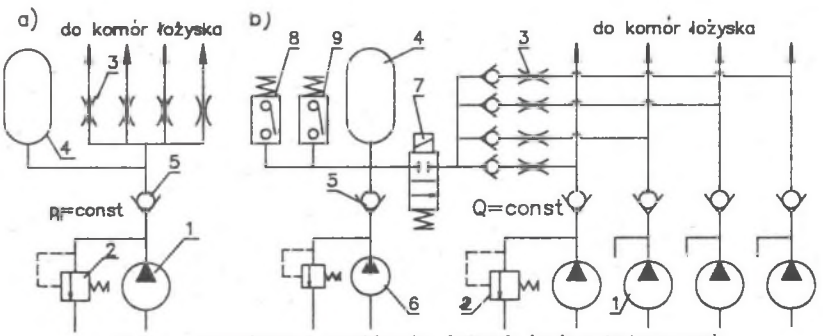
1. Wstęp

Łożyska hydrostatyczne charakteryzuje szereg zalet: dobre tłumienie drgań, małe tarcie, duża precyzja ruchu, niezauważalne zużycie eksploatacyjne. Podczas pracy łożyska hydrostatycznego nie może dochodzić do metalicznego styku panwi i czopa. Dlatego powinny być przewidziane odpowiednie blokady i sygnalizacje:

- zabezpieczające przed uruchomieniem wału zanim powstanie film hydrostatyczny,
- zabezpieczające przed wyłączeniem napędu pomp zanim wał się zatrzyma,
- utrzymujące dopływ oleju do łożysk w przypadku zaniku napięcia w sieci zasilającej pompy.

2. Opis układu zasilania

Układy hydrauliczne zasilające komory łożysk hydrostatycznych mają różne struktury. Wszystkie komory łożyska mogą być zasilane z jednej pompy wyporowej *1* zblokowanej zaworem przelewowym *2* (struktura p_z=const) utrzymującym stałe ciśnienie zasilania (rys.1a). W tej strukturze zasilania pomiędzy pompą a komorami łożysk muszą być zainstalowane zawory dławiące *3*. W drugim najczęściej spotykanym sposobie zasilania (struktura Q=const) każda komora łożyska zasilana jest z oddzielnej pompy *1* (rys.1b) z zaworem bezpieczeństwa *2*.



Rys.1. *Struktury zasilania łożysk hydrostatycznych*

Struktura p_z=const jest stosowana do zasilania małych łożysk hydrostatycznych, w których straty mocy związane z przepływem oleju przez zawory dławiące i zawór przelewowy są mało znaczące. Struktura Q=const jest stosowana przy zasilaniu bardzo dużych łożysk hydrostatycznych. Koszt związany z zainstalowaniem oddzielnej pompy do każdej komory rekompensowany jest większą sprawnością energetyczną tego układu zasilania. W tej strukturze zasilania nie ma strat przepływowych na zaworach dławiących i zaworze przelewowym.

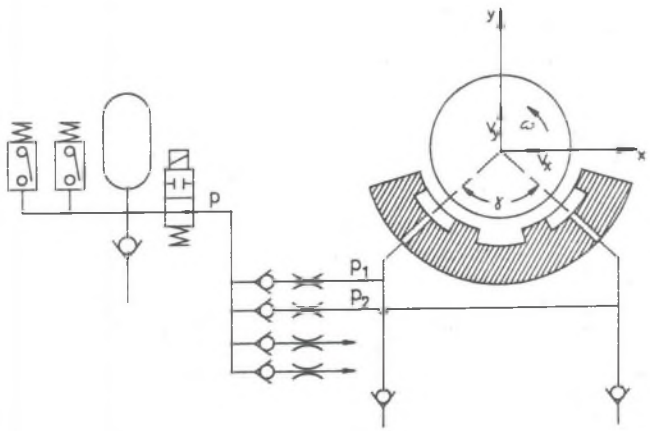
Przy stosowaniu struktury p_z=const układ awaryjnego zasilania składa się z akumulatora hydraulicznego *4* i zaworu zwrotnego *5*. Po zaniku napięcia zasilającego pompy energia hydrauliczna niezbędna do utrzymania filmu hydrostatycznego dostarczana jest z akumulatora. Właściwy dobór objętości akumulatora umożliwia wyhamowanie wału przy tarciu płynnym.

Przy stosowaniu struktury Q=const układ awaryjnego zasilania jest bardziej rozbudowany [2]. Po zaniku napięcia przesterowywany jest rozdzielacz *7*. Energia hydrauliczna dostarczana jest do komór łożyska przez zawory dławiące *3*. Olej do akumulatora dostarcza pompa *6*. Pompa ta pracuje okresowo, załączana i wyłączana jest przez przkaźniki ciśnienia *8* i *9*.

3. Model dynamiczny układu

Obiektem łożyskowanym hydrostatycznie jest młyn rurowy o masie $m=3,6\cdot10^5$kg i średnicy czopa łożyska d=1,4m. Młyn osadzony jest w dwóch identycznych łożyskach hydrostatycznych z otwartą panwią. Model łożyska wraz z układem awaryjnego zasilania przedstawiono na rys. 2. Każde łożysko posiada cztery komory rozmieszczone w dwóch rzędach [3]. Układ współrzędnych xy związany jest ze środkiem panwi. Wał obraca się z prędkością ω=1,78 rad/s. Prędkości postępowe oznaczono przez v_x i v_y. Wartość luzu promieniowego h=0.15mm. Ciśnienie w komorze łożyska p_k=3,94 MPa. Każda komora zasilana jest pompą o wydajności $Q=0.6667\cdot10^{-3}m^3$. Akumulator o objętości $V_o=50\cdot10^{-3}m^3$ ładowany jest wstępnie azotem do wartości ciśnienia $p_o=p_k$ oraz olejem za pomocą pompy *6* (rys.1b) do ciśnienia $p_{max}=4p_k$.

Własności dynamiczne łożyska hydrostatycznego opisuje układ równań różniczkowych bilansu przepływu oraz równania ruchu.



Rys.2. *Łożysko hydrostatyczne z układem awaryjnego zasilania*

Pierwsze równanie bilansu przepływu opisuje rozpływ oleju z akumulatora do zaworow dławiących

$$\frac{dV}{dt}+\frac{V}{B}\frac{dp}{dt}+c_d\sqrt{p-p_1}+c_d\sqrt{p-p_2}=0, \qquad (1)$$

gdzie: c_d - stała zaworu dławiącego z przepływem turbulentnym,

p, p_1, p_2 - ciśnienia w akumulatorze i komorach łożyska,

B - moduł sprężystości objętościowej oleju $B=1200$ MPa,

V - chwilowa objętość akumulatora $V=V_0[1-(p_0^*/p^*)^{1/*}]$,

$*$ - indeks oznaczający ciśnienie absolutne, t - czas.

Pozostałe dwa równania bilansu przepływu mają postać:

$$c_d\sqrt{p-p_1}+\frac{\omega d l_0}{4}(h_1-h_2)-\frac{p_1}{R_{s1}}=\frac{V}{B}\frac{dp_1}{dt}+F_e\cos\frac{\gamma}{2}\frac{dy}{dt}+F_e\sin\frac{\gamma}{2}\frac{dx}{dt}, \qquad (2)$$

$$c_d\sqrt{p-p_2}+\frac{\omega d l_0}{4}(h_3-h_4)-\frac{p_2}{R_{s2}}=\frac{V}{B}\frac{dp_2}{dt}+F_e\cos\frac{\gamma}{2}\frac{dy}{dt}-F_e\sin\frac{\gamma}{2}\frac{dx}{dt}, \qquad (3)$$

gdzie: l_0 - długść łożyska,

F_e - powierzchnia efektywna łożyska [1],

R_{s1}, R_{s2} - opory hydrauliczne szczelin łożyska [1],

V_k - objętość komory łożyska.

Równania ruchu mają postać:

$$4(p_1-p_2)F_e\sin\frac{\gamma}{2}-4b_{vxx}\frac{dx}{dt}-4b_{vyx}\frac{dy}{dt}=m\frac{d^2x}{dt^2}, \qquad (4)$$

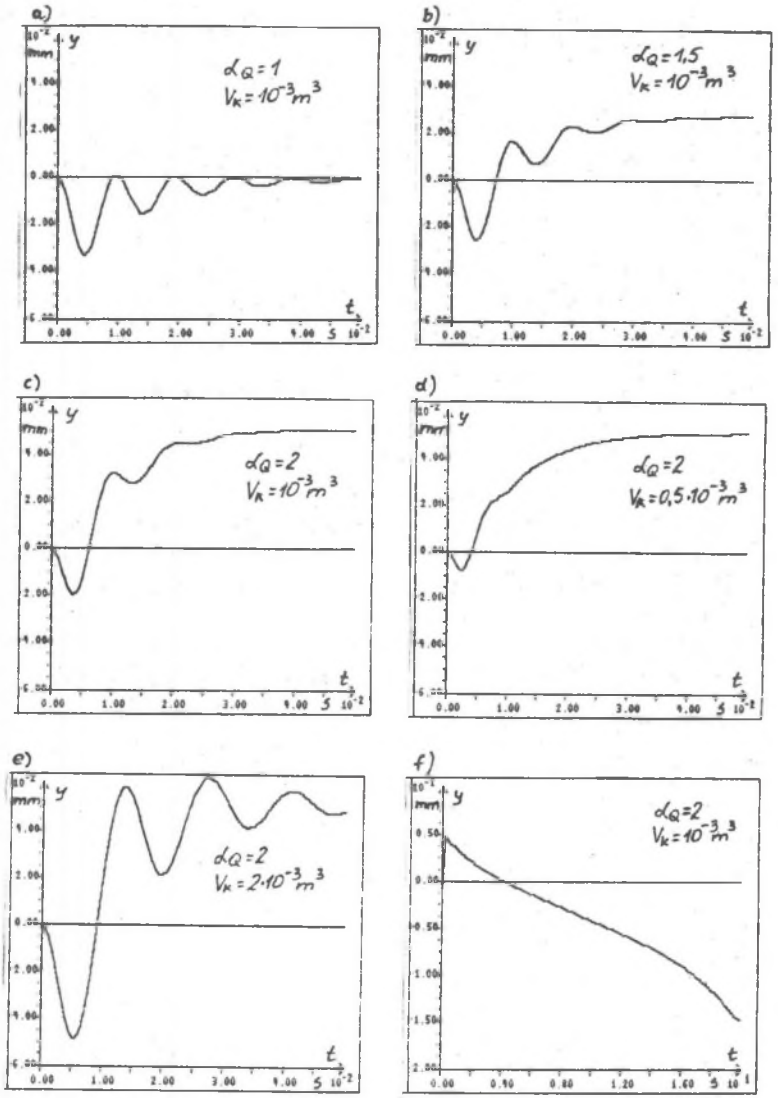
$$4(p_1+p_2)F_e\cos\frac{\gamma}{2}-4b_{vxy}\frac{dx}{dt}-4b_{vyy}\frac{dy}{dt}-mg=m\frac{d^2y}{dt^2}, \qquad (5)$$

gdzie: b_v - tłumienia spowodowane wyciskaniem oleju w szczelinie łożyska [2] (efekt Stefana),

g - przyspieszenie ziemskie.

4. Wyniki badań symulacyjnych

Układ równań (1)-(5) sprowadzono do przestrzeni stanów. Zmiennymi stanu są ciśnienia p, p_1, p_2, przemieszczenia x, y oraz prędkości v_x, v_y. Warunki początkowe dla ciśnień w komorach łożyska przyjęto $p_1=p_2=0$. Założono, że zanik napięcia spowoduje całkowity spadek ciśnienia w komorach. Obliczenia prowadzono na mikrokomputerze IBM PC/AT. Wyniki obliczeń przedstawiono w formie grafiki komputerowej na rys.3. Obliczenia prowadzono dla różnych nastaw zaworów dławiących (różnych stałych c_d). Nastawę zaworów dławiących zdefiniowano za pomocą bezwymiarowego współczynnika α_q $c_d=\alpha_q Q_p/\sqrt{p_{max}-p_k}$.



Rys.3. *Przemieszczenia czopa łożyska w funkcji czasu*

Na rys.3a,b,c przedstawiono przemieszczenia czopa łożyska przy różnych nastawach zaworów dławiących. Zbyt mała nastawa (rys.3a) może być przyczyną niekorzystnego przemieszczania się czopa w początkowym okresie zasilania awaryjnego. Środek czopa wykonuje drgania poniżej środka panwi (rys.3a), co może doprowadzić do metalicznego styku. Wzrost α_q (wzrost c_d) poprawia początkowy proces przemieszczania się czopa (rys.3b,c). Środek czopa bardzo szybko unosi się ponad środek panwi. Zabezpiecza to przed ewentualnym kontaktem metalicznym panwi i czopa. Szczególnie korzystne procesy przejściowe uzyskuje się przy małych objętościach komor V_k (rys.3d,e). Rys.3a-e przedstawiają tylko początkowy proces przemieszczania się czopa. Całkowity proces przejściowy aż do momentu metalicznego kontaktu pokazano na rys.3f.

5. Podsumowanie

Komory dużych łożysk hydrostatycznych korzystnie ze względów energetycznych zasilać z oddzielnych pomp. Przy takiej strukturze układ zasilania jest rozbudowany. Optymalny dobór parametrów takiego układu wymaga przeprowadzenia badań symulacyjnych. Badania symulacyjne wykazały przydatność zaproponowanego układu awaryjnego zasilania. Po zaniku energii elektrycznej przez okres kilkunastu sekund utrzymywał się film olejowy.

LITERATURA

[1] Zastempowski B.: Łożyskowanie hydrostatyczne młyna rurowego. Etap 1. Analiza teoretyczna. Bydgoszcz, 1986 (opracowanie dla ZREMB-MAKRUM).

[2] Zastempowski B.: Łożyskowanie hydrostatyczne młyna rurowego. Etap 3. Badania modelowe. Bydgoszcz, 1989 (opracowanie dla ZREMB-MAKRUM).

[3] Zastempowski B.: Model dynamiczny łożyska hydrostatycznego młyna rurowego. Sympozjon Modelowanie w Mechanice, Gliwice 1988.

МОДЕЛЬ АВАРИЙНОЙ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ПОДШИПНИКА

Рэюме

В работе описано систему питания гидростатических подшипников в случае исчезновения электроэнергии. Представлено динамическую модель гидростатического подшипника при питании с аварийного источника. Проведено имитационные исследования такой ситемы.

MODEL OF HYDROSTATIC BEARING AVERAGE SUPPLY SYSTEM

Summary

In the paper the hydrostatic bearing average supply system for a case of electric-power decay is described. The dynamic model of a hydrostatic bearing with a feed from an average system is presented. The simulating experiments of this system are realized.