

Bogdan Zastempowski

Wydział Mechaniczny

Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy

OCENA WŁASNOŚCI DYNAMICZNYCH ŁOŻYSKA HYDROSTATYCZNEGO NA PODSTAWIE KRYTERIUM CAŁKOWEGO

Streszczenie. W pracy przedstawiono model dynamiczny łożyska hydrostatycznego. Analizowano wpływ wybranych parametrów łożyska na jakość dynamiczną układu. Jakość dynamiczną oceniono na podstawie kryterium całkowego analizując drgania swobodne łożyska.

1. WSTĘP

Projektując łożysko hydrostatyczne w szerokim zakresie można kształtować jego właściwości przez odpowiedni dobór parametrów geometrycznych i eksploatacyjnych. Parametry geometryczne opisują kształt i wymiary szczeliny łożyska. Natomiast parametry eksploatacyjne związane są z układem hydraulicznym zasilającym łożysko.

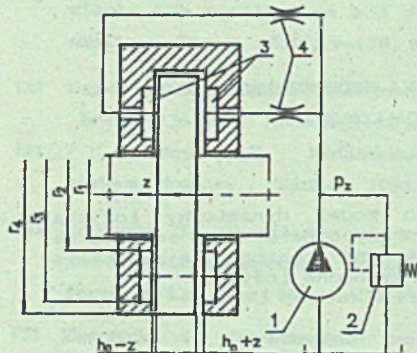
Na pewne parametry geometryczne łożyska konstruktor ma nieznaczny wpływ. Do tych parametrów zaliczamy wymiary gabarytowe łożyska i wysokość szczeliny h_0 . Wymiary gabarytowe łożyska zależą najczęściej od innych wymiarów maszyny. Natomiast wysokość szczeliny wpływowej w łożyskach hydrostatycznych średniej wielkości przyjmuje się zwykle $h_0=50\mu\text{m}$. Stosowanie mniejszych wysokości szczelin jest niebezpieczne z uwagi na możliwość zatarcia łożyska wskutek deformacji cieplnej. Natomiast zwiększenie wysokości szczeliny jest też niekorzystne, bo wiąże się ze wzrostem zapotrzebowania łożyska w olej.

Z parametrów eksploatacyjnych praktycznie żadnego wpływu nie ma konstruktor na moduł sprężystości objętościowej oleju B i opór hydrauliczny zaworów działających R_d . Przy nieodkształcalnej komorze łożyska można oczekiwać, że $B=1200-1500$ MPa. Opór R_d powinien być równy oporowi hydraulicznemu szczeliny R_{s0} . Przy spełnieniu warunku $R_d=R_{s0}$ łożysko ma maksymalną sztywność.

Do parametrów geometrycznych, które mogą być dobierane w szerszym przedziale, należą: szerokość progu komorowego i objętość komory V łożyska. Natomiast z grupy parametrów eksploatacyjnych w szerszym

zakresie można zmieniać: ciśnienie zasilania p_z i lepkość dynamiczną oleju μ .

2. MODEL DYNAMICZNY ŁOŻYSKA



Analizowanym obiektem jest łożysko hydrostatyczne wzdłużne z komorą pierścieniową (rys.1). Pompa 1 zablokowana zaworem przelewowym 2 zasila komory 3 łożyska przez zawory dławiące 4.

Model matematyczny łożyska opisuje nieliniowy układ równań różniczkowych złożony z równań bilansu przepływu i równania ruchu [2].

Rys.1. Łożysko hydrostatyczne
Fig.1. Hydrostatic bearing

Po linearyzacji model łożyska można przedstawić w przestrzeni stanów:

$$\dot{x} = A x \quad x^T = [\Delta p, z, v] \quad (1)$$

gdzie: x - wektor stanu,
 A - macierz stanu.

Zmiennymi stanu są: różnica ciśnień Δp między komorami łożyska, przemieszczenie wału z , prędkość wału v . Macierz stanu ma postać:

$$A = \begin{pmatrix} -\frac{2B}{R_{so}V} & \frac{3p_z B}{R_{so}h_o} & \frac{2BF_o}{V} \\ 0 & 0 & 1 \\ -\frac{F_o}{m} & 0 & -\frac{2b_{vo}}{m} \end{pmatrix} \quad (2)$$

gdzie: m - masa wału,

F_o - powierzchnia efektywna łożyska [1],

b_{vo} - tłumienie od efektu wyciskania oleju w szczelinie [1].

Oceniano własności dynamiczne łożyska za pomocą kryterium całkowego. Wyznaczano wartość wskaźnika jakości J dla drgań swobodnych przy początkowym wektorze stanu x_o :

$$J = \int_0^{\infty} z^2 dt \quad x_0^T = [1.5p_z z_0 / h_0, z_0, 0] \quad (3)$$

gdzie: z_0 - początkowe przemieszczenie wału.

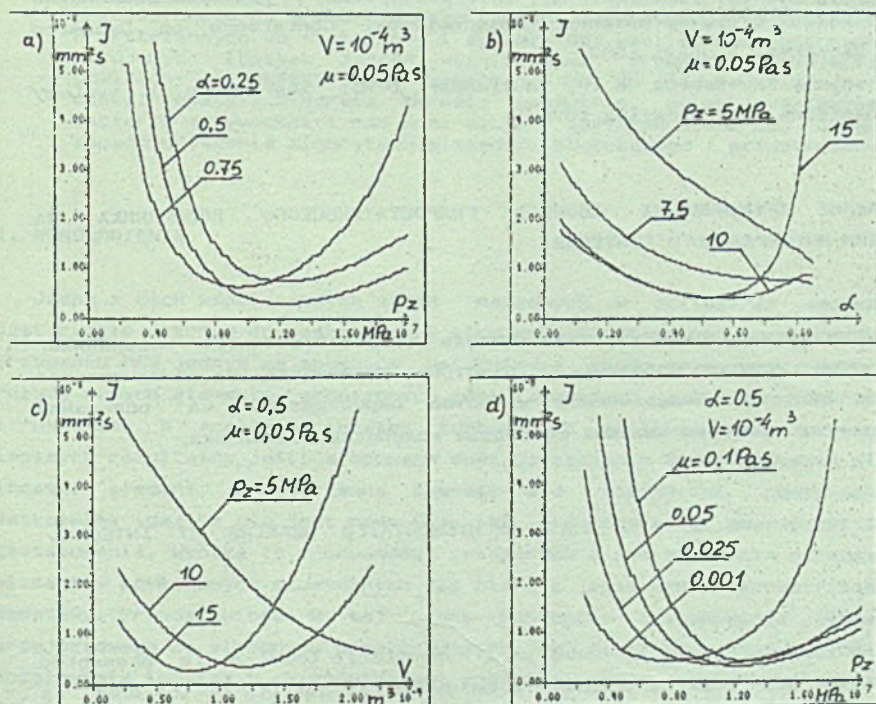
Wartość J znajduje się poprzez wyznaczenie (3) macierzy Y z równania:

$$A^T Y + Y A = -y^T y \quad y = | 0, 1, 0 | \quad (4)$$

$$J = x_0^T Y x_0 \quad (5)$$

3. WYNIKI I PODSUMOWANIE

Analizowane łożysko ma następujące stałe parametry: $m=50\text{kg}$; $r_1=0.06\text{m}$; $r_2=0.1\text{m}$; $h_0=50\mu\text{m}$; $B=1200\text{MPa}$. Wartość wskaźnika kryterium całkowego wyznaczano dla drgań swobodnych przy przemieszczeniu początkowym wału $z_0=5\mu\text{m}$. Wyniki obliczeń przedstawiono na rys.2. Analizowano wpływ: ciśnienia zasilania p_z , lepkości dynamicznej oleju μ , objętości komory V oraz parametru $\alpha=(r_3-r_2)/(r_4-r_1)$ opisującego szerokość progów komory.



Rys.2. Wartości kryterium całkowego w funkcji parametrów.

Fig.2. The values of integral criterion as a function of the parameters

Można zawsze dobrać taką optymalną wartość ciśnienia zasilania p_z , przy którym wskaźnik J przyjmuje wartość minimalną (rys.2a). Przy niskich ciśnieniach zasilania, w celu uzyskania małego J , należy stosować wąskie progi komorowe (duże α) (rys.2b) oraz większe objętości V (rys.2c). Przy wyższych ciśnieniach występują natomiast optymalne wartości α i V , przy których wskaźnik J jest minimalny. Zmiana lepkości dynamicznej oleju μ praktycznie nie wpływa na minimalną wartość wskaźnika jakości dynamicznej łożyska (rys.2d). Dla bardzo małej lepkości minimum przesuwa się wyraźnie w kierunku niskich ciśnień zasilania.

LITERATURA

- [1] Zastempowski B.: Przepływ przez szczeliny łożysk hydrostatycznych w warunkach normalnych i kawitacyjnych. Sympozjon Modelowanie w Mechanice. Gliwice 1985.
- [2] Zastempowski B.: Динамические свойства гидростатического подшипника для разных структур питания. International Conference on Dynamics of Machines. Stupava 1989.
- [3] Takahashi Y., Rabins M.I., Auslander D.M.: Sterowanie i systemy dynamiczne. WNT, Warszawa 1976.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ПОДШИПНИКА НА ОСНОВАНИИ ИНТЕГРАЛЬНОГО КРИТЕРИЯ

Р е з ю м е

В работе показана динамическая модель гидростатического подшипника. Сделан анализ влияния избранных параметров подшипника на динамическое качество системы. Динамическое качество определялось на основании интегрального критерия анализа свободных колебаний подшипника.

ESTIMATE OF DYNAMICAL PROPERTIES OF HYDROSTATIC BEARING BY INTEGRAL CRITERION

S u m m a r y

In the paper a dynamical model of a hydrostatic bearing is presented. Influence of some bearing parameters on dynamical quality of the unit is analysed. The dynamical quality is estimated by an integral criterion, analysing a free vibration of the bearing.