

ОПТИМІЗАЦІЯ ГАЗОСТАТИЧНИХ ПІДП'ЯТНИКІВ З ДРОСЕЛЮВАЛЬНОЮ ЩІЛЬНОЮ ТА РОЗГАЛУЖЕНИМ ПОТОКОМ ЗМАЩУВАЛЬНОГО ШАРУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Описано дослідження газостатичних підп'ятників та розглянуті алгоритми кутової жорсткості, відновленого моменту при їх асиметричному навантаженні.

Ключові слова: газостатичний осьовий підшипник; відновлений момент; асиметричне навантаження.

Abstract

Investigation and optimization of gas-static axial bearing under the asymmetric loading.

Keywords: the gas-static axial bearing; the renovated moment in gas static; the asymmetric loading.

Вступ

Питання підвищення якості, надійності, економічності і продуктивності, зменшення шуму і вібрації машин, устаткування й інших виробів машинобудування відносяться до важливих задач науково-технічного прогресу. Опори з газовим змащенням застосовуються в різних галузях промисловості, пов'язаних з необхідністю створення високотехнологічного обладнання, в якому використовувалися би надзвичайні переваги газу у порівнянні з рідиною, підвищення якості, надійності, економічності і продуктивності, зменшення шуму і вібрації машин, устаткування й інших виробів машинобудування відносяться до важливих задач науково-технічного прогресу. Одним з ефективних шляхів рішення цієї проблеми є перехід підшипникових вузлів на газове змащення [1].

Результати дослідження

Цьому типу газових підвісів присвячено багато робіт. Але об'єктом дослідження частіше за все являється підп'ятник з паралельним розсташуванням робочих поверхонь і з подачею стислого газу через дроселювальні отвори малого діаметру, які розташовані по колу з центром на осі обертання. Частіше за все така система дроселювальних отворів замінюється суцільною лінією надуву, витрата газу через яку рівна сумарній витраті стислого газу через дроселювальний отвір. В такій постановці задача виявляється осесиметричною, що суттєво спрощує її вирішення. Саме такий підхід до розрахунку газостатичних підп'ятників можна знайти в відомому звіті фірми МТІ [2].

В роботі [3] об'єктом дослідження являються газостатичні підп'ятники без точкових рестрикторів – це опори з дроселювальними щілинами і з ступінчастою формою робочого зазору. Особливо повною і цікавою в цьому відношенні являється робота [3], де наведена узагальнена модель газостатичного підп'ятника з ступінчастим робочим зазором і зовнішнім дроселем в вигляді конічної щілини, що сходиться по напрямку до робочого зазору. Оскільки стінки конічного дроселя жорстко зв'язані з робочими поверхнями підп'ятника, то опір зовнішнього дроселя реагує на зміни робочого зазору так, що осьова жорсткість опори збільшується вдвічі в порівнянні з постійним щільовим дроселем [3]. Зауважимо, що в деяких випадках дроселювальні отвори забезпечують більш різкий закон зміни тиску на виході при зміні витрати газу через дросель, ніж дроселювальна щілина постійного опору. Це звичайно сприймається як позитивна властивість дискретного надуву, що в певному сенсі справедливо, оскільки така властивість зовнішнього дроселя відповідає задачі підвищення жорсткості підп'ятника. Але такого виграшу по жорсткості, який дає конічний дросель,

механізм дискретного дроселювання не може дати принципово. Крім того, ніхто не досліджував, наскільки різке падіння тиску в змащувальному шару в зоні дроселюючих отворів нівелірує цей позитивний ефект. Зрозуміло, що при заміні системи дроселювальних отворів суцільною лінією надуву розрахункова модель не відповідає реальній конструкції і призводить до за відомо завищених характеристик. Тому висновки, отримані на таких ідеалізованих моделях, слід сприймати критично.

Повертаючись до роботи [3], відмітимо, що в ній проведена оптимізація геометричних параметрів з зовнішнім і внутрішнім дроселюванням по максимуму осьової жорсткості і по максимуму відношення осьової жорсткості до витрати стиснутого газу, виявлені порівняльні переваги і недоліки різних осьових підвісів (при оптимальних параметрах) і знайдено, що подвійне дроселювання (зовнішнє – за рахунок дроселювальної щілини і внутрішнє – за рахунок ступінчастої форми робочого зазору) забезпечує підп'ятнику самі високі характеристики (в тому числі максимальну осьову жорсткість і максимальну підйомну силу). Окрім того, в роботі [3] показано, що метод гідравлічних опорів може бути узагальнений і на випадок стислого змащування, причому використання його суттєво спрощує розрахунок осесиметричних осьових підвісів і полегшує трактування фізичних законів, які лежать в основі роботи газових підвісів. Однак робота [3] досконало не враховуючи непаралельність робочих поверхонь підп'ятників і не дає методів розрахунку їх кутової жорсткості.

Далі в роботі [4] отримані загальні вирази підйомної сили і відновлюючого моменту, прикладених до пластини з боку змащувального шару. Нажаль, робота [4] не доведена до конкретних результатів, що відносяться до реальних конструкцій газостатичних підп'ятників. В цій статті немає ні графіків, ні таблиць, ні просто чисел, немає навіть параметрів зовнішнього дроселя, хоча такий припускається, немає практичних висновків і рекомендацій – немає нічого, окрім формул. Очевидно цим і пояснюється той не зовсім справедливий факт, що на цю статтю практично немає посилань – вона пройшла якимось непоміченою, не залишивши сліду в наступних роботах інших авторів.

Повертаючись до питання про вибір найбільш вигідної конструкції газостатичного підп'ятника, розглянутому в роботі [3], слід відмітити, що кільцеві підп'ятники, які мають дві відкриті границі часто використовуються там, де потрібно забезпечити достатню кутову жорсткість. До недоліків таких опор відносяться великі втрати стислого газу – це виключає використання внутрішнього дроселювання, оскільки ступені і канавки на робочих пластинах полегшують втрати стислого газу і малоефективні як засоби підвищення кутової жорсткості. Тому найбільш важливим об'єктом досліджування і оптимізації торцевого підвісу, призначеного для сприйняття суттєвого асиметричного навантаження чи перекошуючих зовнішніх моментів, являється гладкий кільцевий підп'ятник з подачею стислого газу через дроселювальну щілину.

Таким чином, при фіксованому значенні безрозмірного радіусу внутрішньої границі несучого шару ρ_2 існують чотири критерії для знаходження оптимальних параметрів ψ та ρ_1 .

$$\begin{aligned}
 1. \quad \frac{\partial K_{\zeta}^*}{\partial \psi} = 0, \quad \frac{\partial}{\partial \rho_1} \left(\frac{\partial K_{\zeta}^*}{Q^*} \right) &= 0, \\
 2. \quad \frac{\partial K_{\zeta}^*}{\partial \psi} = 0, \quad \frac{\partial}{\partial \rho_1} \left(\frac{\partial K_{\theta}^*}{Q^*} \right) &= 0, \\
 3. \quad \frac{\partial K_{\theta}^*}{\partial \psi} = 0, \quad \frac{\partial}{\partial \rho_1} \left(\frac{\partial K_{\zeta}^*}{Q^*} \right) &= 0, \\
 4. \quad \frac{\partial K_{\theta}^*}{\partial \psi} = 0, \quad \frac{\partial}{\partial \rho_1} \left(\frac{\partial K_{\theta}^*}{Q^*} \right) &= 0.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Зауважимо що параметр ψ сильно впливає на K_{ζ}^* , ніж на K_{θ}^* , а параметр ρ_1 сильно впливає на відношення K_{θ}^*/Q^* ніж на K_{ζ}^*/Q^* .

Тому з чотирьох критеріїв (1) найменш вдалим є четвертий, а найкращим - другий, якщо розглядати їх за максимумом відношення $K_{\zeta}^* \cdot K_{\theta}^*/Q^*$. При порівнянні першого та третього критеріїв перший виявляється кращим. Тому з чотирьох критеріїв (1) найменш вдалим є четвертий, а найкращим - другий, якщо розглядати їх за максимумом відношення $K_{\zeta}^* \cdot K_{\theta}^*/Q^*$.

При порівнянні першого та третього критеріїв перший виявляється кращим. Тому з чотирьох критеріїв (1) для практичного застосування можна рекомендувати перший та другий. Зауважимо що перший критерій більш економічний за витратами стислого газу, але другий забезпечує підп'ятнику більш високу підйомну силу, осьову та кутову жорсткості - при малих ρ_2 ця різниця значно сильніша, але по мірі збільшення ρ_2 вона стирається.

Висновки

Таким чином, для практичного використання більш привабливими є конструкція: підп'ятник з двома відкритими границями. Для цієї конструкції отримані алгоритми кутової жорсткості, відновленого моменту та інших інтегральних характеристик. Доказано, що розроблені алгоритми обрахування кутової жорсткості газостатичного підп'ятника є практично точними.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шевченко А. В. Практичне використання дослідження газостатичних підшипників при їх асиметричному навантаженні : Монографія. – Вінниця : УНІВЕРСАМ – Вінниця, 2004. – 193 с.
2. Eshghy S. Optimum design of multiple-hole inherently compensated air bearings. Part I. Circular Thrust Bearings. -Trans. ASME, 1975, vol. F97, N 2, p. 221-227.
3. Емельянов А.В. Федотов В.А., Приятельчук В.А. Характеристики радиальных газостатических опор с двойным дросселированием газового потока.- Машиноведение, 1977, № 2, с. 97-104.
4. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. - М.: Наука, 1973, №43 с.

Поліщук Андрій Володимирович — студент групи 2Е-186, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: andreypolischuk2000@gmail.com

Науковий керівник: **Шевченко Алла Володимирівна** — к. техн. наук, професор кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки, e-mail: allashev1950@gmail.com

Polischuk Andriy V. – Department of Power Engineering and Electrical Engineering , Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : andreypolischuk2000@gmail.com

Supervisor: **Shevchenko Alla V.** – K. Sc. (Eng.), Professor Department of System Analysis, Computer Monitoring, and Engineering Graphic, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.