

УДК 681.3

Олександр МЕЛЬНИК

mlnk74@mail.ru

ORCID: 0000-0002-9778-4109

Віктор МЕЛЬНИК

mlnk47@mail.ru

ORCID: 0000-0001-6981-5046

м. Миколаїв

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ РЕЄСТРАЦІЇ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНОВИХ УПОРНИХ ПІДШИПНИКІВ

Необхідність забезпечення працездатності упорних вузлів тертя потребує вирішення важливої для суднової енергетики наукової задачі – визначення основних причин нестабільної роботи цих опор. У процесі досліджень необхідно вимірювати товщини мастильних плівок під кожною несучою поверхнею тертя підшипника, частоти обертання диска і гребеня, а також середню температуру мастила в несучих зазорах. Для реєстрації і обробки цієї інформації до експериментальної установки підключають інформаційно-вимірвальну систему на базі ПК, що дозволить одночасно фіксувати показники різних датчиків. Розробці цієї системи та опису її застосування присвячено цю статтю.

Ключові слова: упорний підшипник, поверхня тертя, несуча здатність, інформаційно-вимірвальна система, датчик.

Останнім часом спостерігається зростання потужностей турбомашин. Це тягне за собою збільшення осьових зусиль, що діють на ротор, частоти його обертання і габаритів упорних вузлів. Так, наприклад, потужність сучасних стаціонарних газових турбін досягає 280 МВт, а частота обертання ротора десятків тисяч обертів на хвилину. Найменше порушення балансування ротора може викликати руйнування підшипника. У таких жорстких експлуатаційних умовах ці підшипники виявляються недостатньо довговічними [1, 2]. Тому в даний час ведуться різні конструктивні розробки по підвищенню несучої здатності упорних підшипників ковзання (УПК). При розрахунках несучої здатності підшипників кінцевої і нескінченної ширини спостерігається істотна відмінність, отже, зменшення бічних витоків мастила повинно збільшити несучу здатність підшипника.

УПК сучасних високошвидкісних турбомашин мають порівняно великі витрати потужності на тертя, вони складають 1–2 % від потужності двигуна. Для зменшення втрат потужності на тертя в упорних гідростатичних підшипниках конструкторами запропоновано підшипник із застосуванням плаваючого диску (ПД) [3]. Упорний гідростатичний підшипник з плаваючим диском показаний на рис. 1.

При заданій кутовій швидкості обертання упорного гребеня диск плаває в певному стійкому положенні і обертається зі швидкістю, що дорівнює приблизно половині швидкості обертання гребеня. Момент тертя цього підшипника складає менше половини моменту тертя упорного гідростатичного підшипника звичайного типу з такою ж формою несучих поверхонь, що і у підшипника з плаваючим диском. Зниження моменту тертя пов'язане з тим, що швидкість обертання упорного гребеня значно менше (приблизно в два рази) швидкості гребеня по відношенню до корпусу у стандартного підшипника.

В даний час особливий інтерес представляє дослідження несучої здатності і динамічних характеристик УПК з ПД, що працює в режимі гідродинамічного змащування. У процесі досліджень динаміки таких підшипників треба вимірювати товщину мастильних плівок під кожною несучою поверхнею тертя підшипника, частоти обертання диску і гребеня, а також середню температуру мастила в несучих зазорах [4].

Щоб реєструвати і обробляти цю інформацію, необхідно до експериментальної установки підключити інформаційно-вимірвальну систему на базі ПК. Для одночасної фіксації показників різних датчиків пропонується застосування універсальної лабораторної установки на базі мікропроцесору.

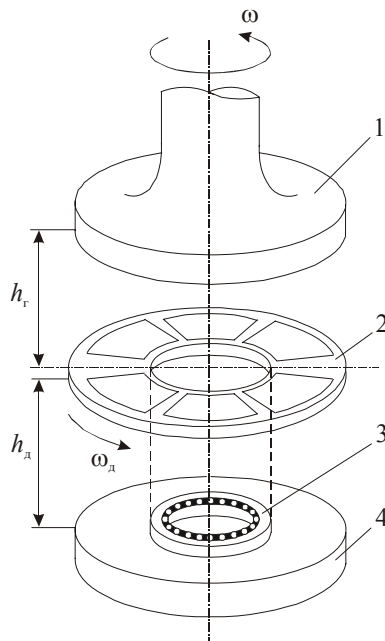


Рис. 1. Гідростатичний упорний підшипник з плаваючим диском:
 1 – гребінь; 2 – плаваючий диск; 3 – радіальний шарикопідшипник;
 4 – підкладне кільце

Для цифрової обробки сигналів необхідно мати аналогово-цифровий перетворювач сигналу і програмне забезпечення, що реалізує алгоритми його попередньої цифрової обробки.

За допомогою мікропроцесору можна здійснювати дискретизацію аналогових сигналів, накопичення даних при декількох реалізаціях експерименту, їх осереднення, отримання спектру сигналу, його фільтрацію і передачу в комп'ютер для подальшої інтерпретації результатів експерименту на базі математичної моделі процесу або явища [5].

Експериментальні дослідження підшипника із пружним кільцем проводилися на сталих режимах роботи при постійній швидкості обертання і заданому статичному навантаженню. У процесі досліджень безупинно вимірялися товщини масляних плівок несущих поверхонь тертя, звернених до дзеркала підкладного кільця, частоти обертання гребеня і середня температура мастила. Ці параметри застосовувалися для оцінки працездатності підшипника.

Схема лабораторної установки представлена на рис. 2.

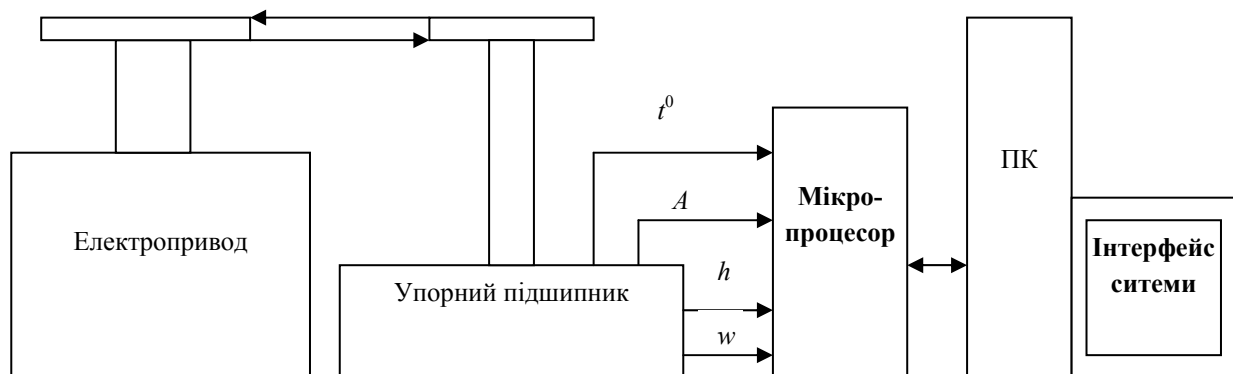


Рис. 2. Схема лабораторної установки:
 сигнали датчиків: t^0 – температура; A – амплітуди биття гребеня;
 h – товщина зазору; w – частота обертання диску

Апаратуру і датчики, що призначені для дослідження стійкості процесу рідинного режиму тертя, можна поділити за призначенням на чотири групи. Перша призначена для виміру амплітуд торцевого биття гребеня; друга – для безупинного виміру і контролю товщини несущого зазору; третя – для виміру частоти обертання ротора і диску, що плаває; четверта – для виміру і контролю температури мастильної плівки.

До першої групи відноситься багатооборотний індикатор з ціною ділення 1 мкм. До другої – трансформаторний датчик, генератор стабільного перемінного струму низької частоти, осцилограф. При осьових переміщеннях ПД, що виконує роль якоря, міняється магнітний опір датчика і величина магнітного потоку. При цьому у вторинній обмотці виникає ЕДС. Її величина зворотно пропорційна товщині масляного шару в несучому зазорі підшипника в місці установки датчика.

Третя група містить у собі індукційний датчик, що виготовлено аналогічно трансформаторному. Для визначення частоти обертання диска служить трансформаторний датчик, при цьому його первинна обмотка відключалася від генератора. Використання цього датчика дозволило істотно підвищити точність вимірів.

До складу четвертої групи входить вимір температури в несучому зазорі підшипника, який здійснюється компенсаційним методом.

Трансформаторний датчик для виміру товщини мастильної плівки і частоти обертання ПД встановлюється на середньому радіусі ПД у східчастий отвір, що просвердлено в підкладному кільці з боку його робочої поверхні і заливається епоксидною смолою. Встановлений трансформаторний датчик дозволяє безупинно контролювати вихідні імпульси на осцилографі в момент проходження робочих поверхонь тертя ПД над поверхнею цього датчика.

Схема підключення датчиків представлена на рис. 3.

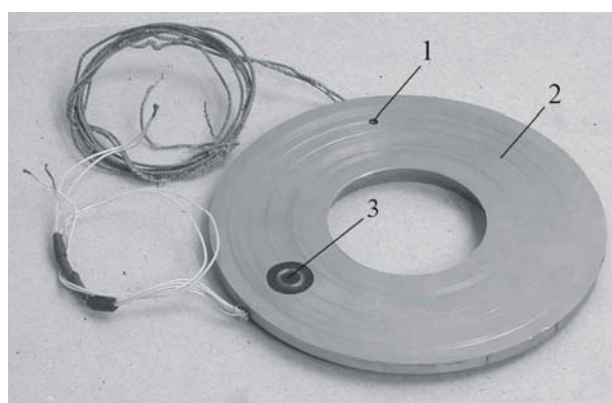


Рис. 3. Підкладне кільце із вбудованими датчиками:
1 – хромель-копелева термопара; 2 – підкладне кільце;
3 – трансформаторний датчик для виміру товщини мастильного шару

Індукційний датчик для виміру частоти обертання ротору прикріплено до твердої стійки напроти гвинта, укрученого в різьбовий отвір тіла диску з боку його циліндричної поверхні. За допомогою цього гвинта можна регулювати інтенсивність сигналу, реєстрація якого здійснюється осцилографом. У момент проходження виступаючої частини гвинта над чуттєвою площиною індукційного датчика на осцилограмі фіксується різкий стрибок. Частота обертання ротору визначалася по відстані між сусідніми стрибками. Аналогічно вимірялася частота обертання ПД за допомогою трансформаторного датчика при відключеній первинній обмотці. Тут частота диска визначається по відстані між сигналами, викликаними формою профілю робочих поверхонь ПД.

Хромель-копелева термопара встановлюється в отвір діаметром 1,5 мм, що просвердлено в підкладному кільці, на глибині 1–2 мм від його дзеркала і залито епоксидною смолою. Вивід спаїв термопари здійснюється через корпус експериментальної голівки аналогічно обмоткам трансформаторного датчика. Вимір температури здійснюється у середньому радіусі ПД.

Амплітуда торцевого биття гребеня і жорсткість пружного кільця визначається перед початком, і після закінчення досліджень. Торцеве биття дзеркала гребеня вимірюється індикатором з точністю до 1 мкм при відсутності ПД у корпусі підшипника. Виміри проводять через кожні 30° кута повороту ротору. Перед початком вимірів (кут повороту ротора 0°) стрілка індикатора ставиться в нульове положення. Початок відліку для ротора визначається візуально, по розмаху стрілки індикатора. На рис. 4 показано зареєстрований сигнал, що демонструє зміну товщини мастильного шару в підшипнику.

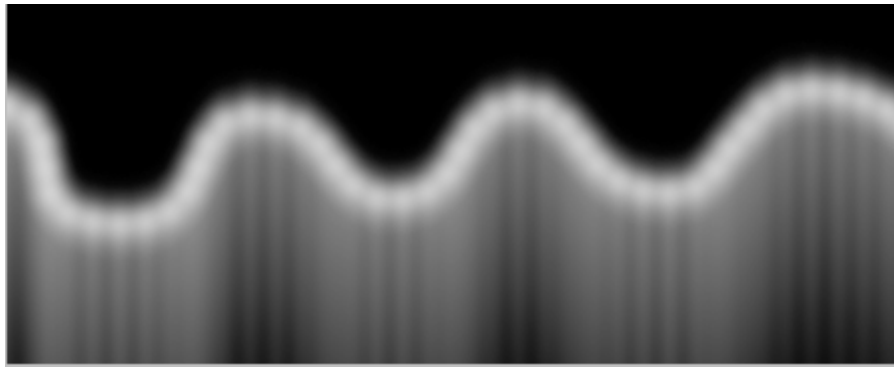


Рис. 4. Файл із зображенням осцилограми

Виділяючи границю, знаходять різницю між максимальним та мінімальним значенням координат з осередненням по довжині контуру.

Апаратне забезпечення інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) включає в себе:

1. Систему вимірювання та управління;
2. Систему комутації;
3. Систему передачі даних;
4. Лабораторну установку.

Для здійснення необхідних вимірювань, а також генерації сигналів використовується набір плат введення-виведення, що встановлюються на РСІ-шині лабораторного сервера. Для автоматизованого підключення до досліджуваної схеми тих чи інших елементів використовується комутатор, що знаходиться безпосередньо в лабораторній установці. Управління комутатором здійснюється за допомогою цифрових портів плати вводу-виведення.

В результаті застосування ІВС вдалося автоматизувати процес реєстрації сигналів датчиків і їх обробки, що дозволить проводити широкомасштабні дослідження упорних підшипників.

Список використаних джерел

1. Подольский М. Е. Упорные подшипники скольжения: Теория и расчет // М. Е. Подольский. — Л. : Машиностроение, 1981. — 216 с.
2. Никитин А. К. Гидродинамическая теория смазки и расчет подшипников скольжения, работающих в стационарном режиме / А. К. Никитин, К. С. Ахвердиев, Б. И. Острухов. — М. : Наука, 1981. — 316 с.
3. Харада М. Статические характеристики гидростатического упорного подшипника с плавающим диском / М. Харада, Дж. Цукадзакі // Современное машиностроение: Тр. амер. общ-ва инж.-мех. Сер. А. — 1989. — № 11. — С. 97—104.
5. Романовский Г. Ф. Экспериментальные исследования упорного подшипника с плавающим диском при торцовых биениях гребня / Г. Ф. Романовский, Н. Я. Хлопенко, А. В. Мельник // Проблемы трибологии (Problems of tribology). — Хмельницький : ТУП, 2001. — № 3. — С. 48—52.
6. Парахуда Н. М. Информационно-измерительные системы / Н. М. Парахуда, Б. Я. Литвинов. — СПб. : СЗТУ, 2002. — 74 с.

Alexandr MELNIK, Victor MELNIK

Mykolaiv

INFORMATION-MEASURING SYSTEM FOR REGISTRATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF SHIPBOARDING BEARINGS

The need to increase the bearing capacity and ensure the stable performance of the thrust bearing assemblies, the lack of studies of the dynamic processes in the oil film of the bearing friction surfaces, required the solution of an important scientific task for ship power engineering, which consists in determining the main causes of the unstable operation of this support. In the process of research, it is necessary to measure the thickness of oil films under each bearing bearing friction surface facing the backing ring, the rotational speed of the disc and the ridge, and the average oil temperature in the bearing gaps. In order to register and process this information, it is necessary to connect an information and measuring system based on a PC to the experimental installation, which allows simultaneously recording the indicators of various sensors. The construction of this stand and the description of its work is devoted to this article.

Key words: thrust bearing, friction surface, bearing capacity, information-measuring system, sensor.

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДОВЫХ УПОРНЫХ ПОДШИПНИКОВ

Необходимость обеспечения стабильной работоспособности узлов упорных подшипников требуют решения важной для судовой энергетики научной задачи, которая состоит в определении основных причин нестабильной работы этих опор. В процессе исследований необходимо измерять толщины масляных пленок под каждой несущей поверхностью трения подшипника, частоты вращения диска и гребня, а также среднюю температуру масла в несущих зазорах. Чтобы регистрировать и обрабатывать эту информацию, необходимо к экспериментальной установке подключить информационно-измерительную систему на базе ПК, что позволит одновременно фиксировать показатели различных датчиков. Разработке такой системы и описанию ее работы и посвящена данная статья.

Ключевые слова: упорный подшипник, поверхность трения, несущая способность, информационно-измерительная система, датчик.

Стаття надійшла до редколегії 31.03.2017