

УДК 621.822.574

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ РАБОЧЕГО ЗАЗОРА БЕСКОНТАКТНЫХ ПОДШИПНИКОВ

Копытов С.М., Космынин А.В., Ульянов А.В.

*ФГБОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет»,
Комсомольск-на-Амуре, e-mail: kpe@knastu.ru*

При экспериментальном исследовании газомангнитной опоры установлено, что одной из основных причин неоднозначности измерения зазора в бесконтактных опорах является неидеальная округлость вращающегося вала. Для устранения влияния неидеальности окружности вала на измерение зазора предложено использовать в качестве результата среднеарифметическое значение зазора, измеренного индуктивным датчиком перемещения за определенное число целых периодов вращения вала. Разработанная на языке LabVIEW программа позволила в реальном времени определять смещение опоры относительно вала с точностью 1 мкм. Приведены временная диаграмма сигнала индуктивного датчика и диаграммы перемещения опоры относительно вала в отсутствие и при наличии нагрузки на исследуемую опору.

Ключевые слова: газомангнитная опора, неидеальная округлость вала, рабочий зазор, LabVIEW, индуктивный датчик перемещения

METHOD OF MEASUREMENT OF THE CLEARANCE NONCONTACT BEARINGS

Kopytov S.M., Kosmyinin A.V., Ulyanov A.V.

State educational institutional of higher professional educational «Komsomolsk-na-Amure state technical university», Komsomolsk-on-Amur, e-mail: kpe@knastu.ru

In the experimental study of gas-magnetic bearing is established that one of the main reasons for the ambiguity in the non-contact measurement of the gap supports an imperfect roundness of a rotating shaft. To eliminate the effects of non-ideal circumference of the shaft to measure the separation suggested as the result of an arithmetic mean value of the gap, measured by an inductive position transducer for a certain number of whole periods of rotation of the shaft. Developed in the language of LabVIEW program has real-time to determine the bearing displacement of the shaft to within 1 micron. Shows a timing diagram inductive sensor signal and chart movements of the shaft bearing in the absence and in the presence of the analyzed load bearing.

Keywords: gas-magnetic bearing, imperfect roundness of the shaft, working air gap, LabVIEW, inductive displacement sensor

Достоверное измерение толщины зазора в бесконтактных опорах необходимо для исследования характеристик таких опор, а также для управления работой активных опор с обратными связями. Ранее был предложен бесконтактный измеритель малых зазоров, выполненный на основе емкостных датчиков перемещения [1]. Особенностью данного устройства является применение интегрирующих конденсаторов, что увеличивает время измерения. Альтернативным методом измерения малых зазоров является использование индуктивных датчиков перемещения со встроенной схемой формирования аналогового выходного сигнала, например, серии BAW компании Balluff GmbH.

Измерение зазора индуктивными датчиками проводилось при исследовании оригинальной газомангнитной опоры [2–6]. Рабочий зазор в опорах такого типа не должен превышать 100 мкм, что предъявляет жесткие требования к средствам измерений зазора. В результате исследований выявлено, что на толщину воздушного зазора в опоре существенно влияет неидеальная округлость вала, что приводит к ошибкам измерения перемещения исследуемой опоры относительно вала.

Структурная схема измерения зазора приведена на рис. 1.

Механическая часть экспериментальной установки содержит упорные газовые подшипники для позиционирования вала в осевом направлении и исследуемую газомангнитную опору, расположенную в средней части вала. Во вращение вал приводится воздушным турбинным приводом. Электронные регистрирующие приборы представлены расположенным на исследуемой опоре индуктивным датчиком перемещения Balluff BAW-M08EI-UA с рабочим диапазоном измерений 0,5...1,5 мм, оптическим датчиком вращения вала на базе отражательной оптики, измерительным DAQ-устройством NI6259 компании National Instruments, персональным компьютером с программным обеспечением LabVIEW и цифровым осциллографом. Осциллограмма сигнала с выхода индуктивного датчика при вращении вала приведена на рис. 2.

По полученной осциллограмме можно судить о существенном отличии формы поверхности вала от идеальной окружности, что приводит к неоднозначности определения зазора в опоре и нахождения перемещения опоры относительно вала.

Для устранения влияния формы вала на измерение его перемещения было предложено использовать в качестве результата

среднеарифметическое значение измеренного зазора за определенное число целых периодов вращения вала. При этом в тече-

ние каждого периода вращения снимается множество равноотстоящих мгновенных отсчетов зазора.

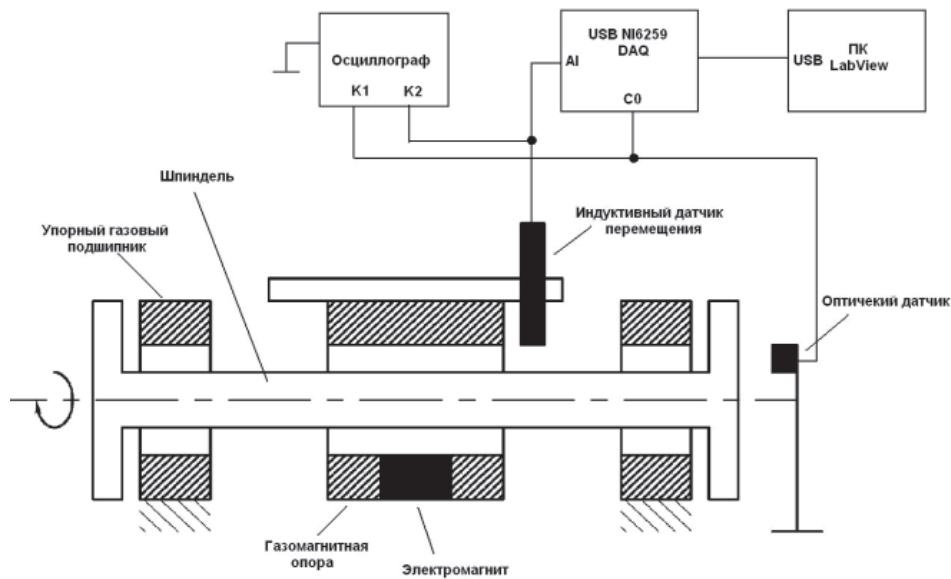


Рис. 1. Структурная схема измерения зазора в газомагнитной опоре

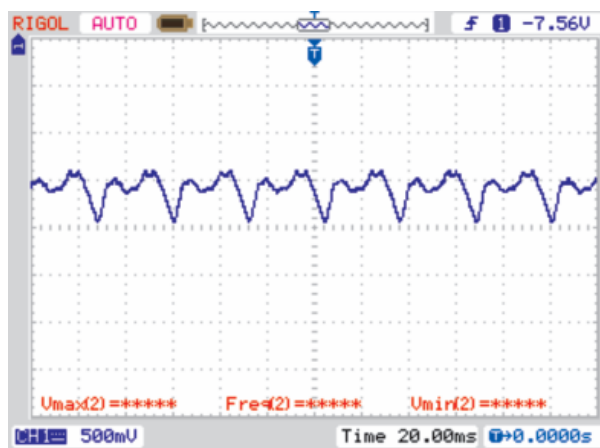


Рис. 2. Осциллограмма сигнала индуктивного датчика

С помощью оптического датчика вращения вала производится синхронизация начала и конца интервала измерений с определенным положением вала. Для срабатывания отражательной оптопары на блестящую поверхность торца вала нанесена поглощающая свет метка. Сигнал с оптического датчика поступает на вход счетчика устройства NI6259. Осциллограмма сигнала оптического датчика приведена на рис. 3.

Обработывает информацию и управляет DAQ-устройством программа, составленная на языке графического программирования LabVIEW [7]. Усреднение значений зазора происходит в течение десяти оборотов вала, в каждом обороте выполняются сто равноотстоящих измерений зазора. Программа

определяет период и частоту вращения вала, находит среднее значение зазора за десять оборотов, рассчитывает эксцентриситет вала.

Лицевая панель программы с временной диаграммой сигнала индуктивного датчика и диаграммами перемещения опоры относительно вала в отсутствии и при наличии нагрузки на исследуемую опору приведена на рис. 4.

В верхнем левом окне показана осциллограмма напряжения с индуктивного датчика зазора. В окне под ним приведен график усредненного значения расстояния от индуктивного датчика до вала за длительное время. Небольшие изменения уровня обусловлены подачей внешних нагрузок на газомагнитную опору. В верхнем пра-

вом окне приведен график усредненного напряжения датчика зазора. В окне под ним – пересчитанный в величину зазора в опоре усредненный сигнал датчика.

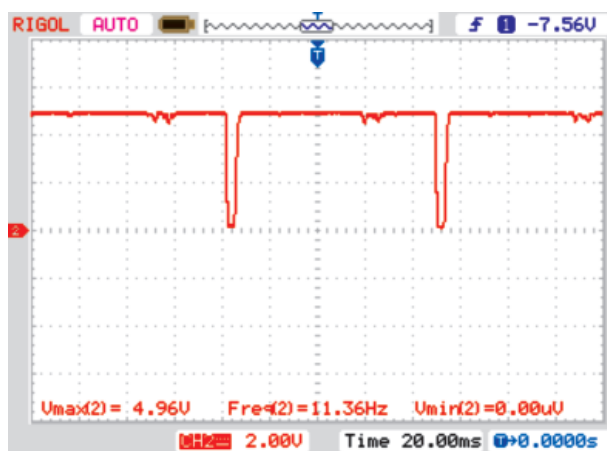


Рис. 3. Осциллограмма сигнала оптического датчика

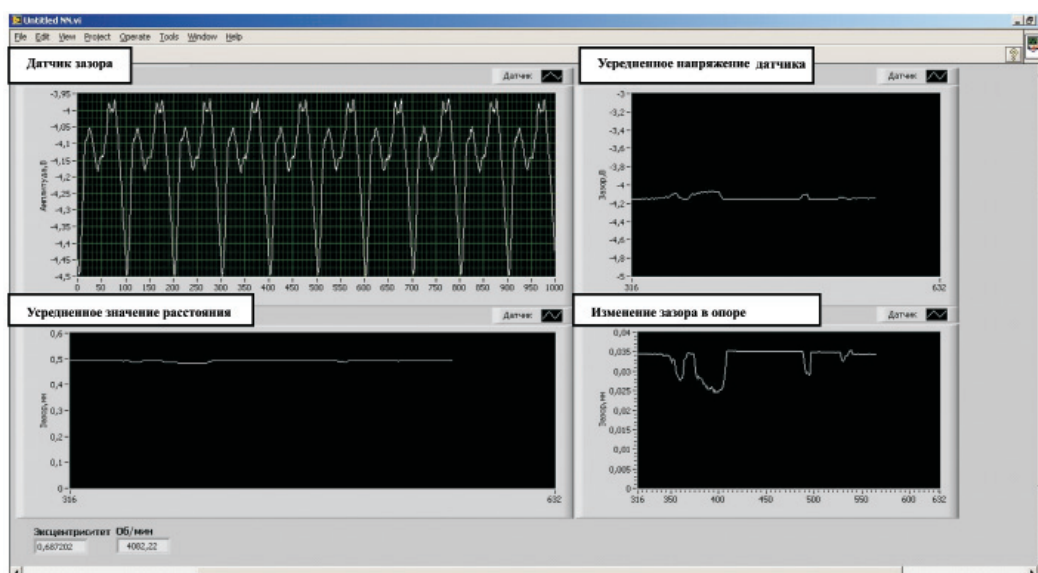


Рис. 4. Лицевая панель программы измерения зазора в газомангнитной опоре

Максимальное изменение текущего сигнала датчика перемещения при отсутствии нагрузки соответствует изменению зазора на 68 мкм, после усреднения сигнала положение опоры относительно вала в отсутствии нагрузки стабильно, а при наличии нагрузки фиксируется минимальное перемещение опоры на 1 мкм.

Предложенные структура установки и обработка сигналов датчиков позволили избавиться от неоднозначности измерения зазора в газомангнитной опоре, получить графики напряжения с индуктивного датчика зазора, определить средний радиальный зазор в опоре и эксцентриситет вала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Космынин А.В., Копытов С.М., Шаломов В.И. Бесконтактный измеритель малых зазоров // Со-

временные наукоемкие технологии. – 2007. – № 1. – С. 43–44.

2. Космынин А.В., Щетинин В.С., Иванова Н.А. Шпиндельные узлы на газомангнитных опорах // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 10. – С. 76.

3. Космынин А.В., Щетинин В.С. Определение полезной нагрузки газомангнитного подшипника высокоскоростного шпиндельного узла // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2010. – Т. 1. – № 1. – С. 55–57.

4. Космынин А.В., Щетинин В.С. Эксплуатационные показатели высокоскоростных шпиндельных узлов металлообрабатывающего оборудования с газомангнитными опорами // Успехи современного естествознания. – 2009. – № 11. – С. 69–70.

5. Космынин А.В., Щетинин В.С., Виноградов С.В. Комбинированная опора шпиндельного узла // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 12–1. – С. 83–84.

6. Космынин А.В., Щетинин В.С. Влияние магнитной силы в газомангнитных подшипниках на эксплуатационные показатели высокоскоростных шпиндельных узлов металлообрабатывающего оборудования // Вестник машиностроения. – 2010. – № 5. – С. 24–25.

7. Тревис Дж. LabVIEW для всех / Дж. Тревис, Дж. Кринг – М.: Изд-во ДМК Пресс, 2011. – 879 с.