

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 17059

(13) С1

(46) 2013.04.30

(51) МПК

F 16C 19/02 (2006.01)

G 01P 3/44 (2006.01)

H 02K 33/18 (2006.01)

(54)

ПОДШИПНИК КАЧЕНИЯ

(21) Номер заявки: а 20101764

(22) 2010.12.07

(43) 2012.08.30

(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(72) Авторы: Савченко Андрей Леонидович; Минченя Николай Тимофеевич; Минченя Владимир Тимофеевич (ВУ)

(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(56) RU 97117446 А, 1999.

EP 0631140 В1, 1994.

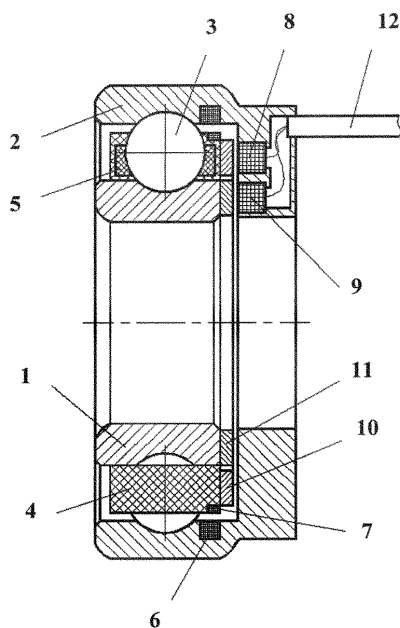
EP 0250275 В1, 1987.

US 5026178, 1991.

US 4946295, 1990.

(57)

Подшипник качения, содержащий внутреннее и наружное кольца, расположенные между ними тела качения, разделенные сепаратором, датчик угла поворота и скорости вращения внутреннего кольца, включающий индуктивный преобразователь, расположенный на наружном кольце, и якорь - на внутреннем кольце, отличающийся тем, что содержит встроенные в сепаратор виброрезонансные приводы, выполненные с возможностью создания принудительного вращения тел качения, и датчик угла поворота и скорости вращения сепаратора, включающий индуктивный преобразователь, расположенный на наружном кольце, и якорь - на сепараторе.



Фиг. 2

ВУ 17059 С1 2013.04.30

ВУ 17059 С1 2013.04.30

Изобретение относится к области деталей машин и приборов, а именно к подшипникам для обеспечения вращательного движения.

Наиболее близким к предлагаемому является подшипник качения Sensor Line Encoder [1], включающий внутреннее и наружное кольца, расположенные между ними тела качения, разделенные сепаратором, датчик угла поворота и скорости вращения внутреннего кольца, состоящий из преобразователя, расположенного на наружном кольце, и якоря на внутреннем кольце.

Недостатками этого подшипника являются невозможность диагностики его состояния и невозможность управления кинематикой в процессе работы.

В основу изобретения положена задача по обеспечению управления кинематикой и диагностики состояния подшипника в процессе работы.

Поставленная задача решается тем, что в подшипник, включающий внутреннее и наружное кольца, расположенные между ними тела качения, разделенные сепаратором, датчик угла поворота и скорости вращения внутреннего кольца, включающий индуктивный преобразователь, расположенный на наружном кольце, и якорь - на внутреннем кольце, дополнительно вводятся встроенные в сепаратор виброрезонансные приводы, выполненные с возможностью создания принудительного вращения тел качения, и датчик угла поворота и скорости вращения сепаратора, включающий индуктивный преобразователь, расположенный на наружном кольце, и якорь - на сепараторе.

Сущность изобретения поясняется фигурами.

На фиг. 1 показана схема управления вращением внутреннего кольца подшипника за счет вращения шариков.

На фиг. 2 показана конструкция управляемого подшипника качения.

Подшипник (фиг. 2) включает внутреннее кольцо 1 и наружное кольцо 2, между которыми расположены тела качения 3, разделенные сепаратором 4. В сепаратор встроены виброрезонансные приводы 5, энергия к которым подводится за счет трансформаторной связи между катушками 6 и 7. В наружное кольцо встроены индуктивные преобразователи 8 и 9 для измерения скоростей вращения сепаратора и внутреннего кольца. Якори 10 и 11 в виде колец с ферромагнитными метками, взаимодействующие с преобразователями 8 и 9, установлены соответственно на сепаратор и внутреннее кольцо. Для подключения подшипника к системе имеется кабель 12.

Такая конструкция подшипника позволяет создать принудительное вращение шариков в нужном направлении, а также оценить колебания относительной скорости вращения сепаратора, которая связана с отклонениями размеров элементов подшипника, возникающими в результате их износа и появления дефектов, в частности диаметров дорожек качения колец и шариков.

Движение шарика в подшипнике качения определяется геометрией контактирующих поверхностей. В общем случае в сферическом движении шарика можно выделить три составляющие:

$$\bar{\omega} = \bar{\omega}_k + \bar{\omega}_в + \bar{\omega}_{кр},$$

где $\bar{\omega}_k$ - угловая скорость качения, вектор которой направлен перпендикулярно плоскости контакта; $\bar{\omega}_в$ - угловая скорость вращения, вектор которой находится в плоскости контакта; $\bar{\omega}_{кр}$ - угловая скорость кручения, вектор которой также находится в плоскости контакта.

Для радиально-упорного подшипника, работающего с предварительным осевым натягом, соотношение угловых скоростей шарика $\omega_k : \omega_в : \omega_{кр} = 1 : 0,18 : 0$, что приводит к его неравномерному износу. При $\omega_{кр} \neq 0$ можно обеспечить равномерный износ шарика, что может быть использовано для повышения точностной долговечности подшипника. Управляя параметрами колебаний, можно получить различные значения $\omega_{кр}$.

При вращении внутреннего кольца со скоростью $\omega_{вн}$ скорость вращения сепаратора

$$\omega_c = \frac{\omega_{\text{вн}}}{2} \left(1 - \frac{D_w}{d_m} \cos \alpha \right),$$

где D_w - диаметр шариков; d_m - диаметр по центрам шариков; α - угол контакта.

Угол контакта α определяется зависимостью:

$$\cos \alpha = \frac{r_{\text{вн}} + r_{\text{н}} - D_w - 1/2(D_1 - d_1 - 2D_w)}{r_{\text{вн}} + r_{\text{н}} - D_w} = 1 - \frac{D_1 - d_1 - 2D_w}{2(r_{\text{вн}} + r_{\text{н}} - D_w)},$$

где D_1 и d_1 - диаметры по дну желобов наружного и внутреннего колец, $r_{\text{н}}$ и $r_{\text{вн}}$ - радиусы желобов наружного и внутреннего колец.

С учетом того что $r_{\text{н}} = r_{\text{вн}} = r_{\text{ж}}$ и упругих деформаций в местах контакта Δ_y ,

$$\cos \alpha = \frac{2r_{\text{ж}} - D_w - 1/2(D_1 - d_1 - 2D_w)}{2r_{\text{ж}} - D_w - \Delta_y} = \frac{2r_{\text{ж}} - 1/2(D_1 - d_1)}{2r_{\text{ж}} - D_w - \Delta_y},$$

где $\Delta_y \approx \frac{3P_0}{4Eb}$; P_0 - осевая нагрузка на один шарик; b - малая полуось эллиптической площади контакта.

Если рассматривать зависимость ω_c от колебаний D_w , D_1 , d_1 , то можно записать:

$$\omega_{c \text{ отн}} = \frac{\partial \omega_c}{\partial D_w} \Delta D_w + \frac{\partial \omega_c}{\partial d_1} \Delta d_1 + \frac{\partial \omega_c}{\partial D_1} \Delta D_1, \quad (1)$$

где ΔD_w - разноразмерность шариков; Δd_1 , ΔD_1 - отклонения диаметра желобов.

Частные производные по переменным параметрам определяются по выражениям:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \omega_c}{\partial D_w} &= \frac{\omega_{\text{вн}}}{2} \left(\frac{\cos \alpha}{d_m} - \frac{2r_{\text{ж}} - 1/2(D_1 - d_1)}{(2r_{\text{ж}} - D_w - \Delta_y)^2} \right) \\ \frac{\partial \omega_c}{\partial d_1} &= \frac{\omega_{\text{вн}}}{2(2r_{\text{ж}} - D_w - \Delta_y)} \\ \frac{\partial \omega_c}{\partial D_1} &= \frac{\omega_{\text{вн}}}{2(2r_{\text{ж}} - D_w - \Delta_y)}. \end{aligned} \quad (2)$$

С учетом 2 выражение 1 примет вид:

$$\omega_{c \text{ отн}} = \frac{\omega_{\text{вн}} \Delta D_w}{2} \left(\frac{\cos \alpha}{d_m} - \frac{2r_{\text{ж}} - 1/2(D_1 - d_1)}{(2r_{\text{ж}} - D_w - \Delta_y)^2} \right) + \frac{\omega_{\text{вн}} (\Delta d_1 - \Delta D_1)}{2(2r_{\text{ж}} - D_w - \Delta_y)}.$$

Таким образом, измеряя колебания ω_c , можно оценить износ элементов подшипника.

Например, для подшипника 4-36204 $\alpha = 12^\circ$; $D_w = 7,94$ мм; $d_m = 33,5$ мм; $r_{\text{ж}} = 4,09$ мм; $D_1 = 41,85$ мм; $d_1 = 25,962$ мм. Отклонения размеров в новом подшипнике $\Delta D_w = 0,8$ мкм; $\Delta D_1 = 3,5$ мкм; $\Delta d_1 = 2,5$ мкм; при выходе из строя по точности вращения $\Delta D_w = 5$ мкм; $\Delta D_1 = 4,5$ мкм; $\Delta d_1 = 3,5$ мкм. Колебания относительной скорости вращения сепаратора $\omega_{c \text{ отн}}$ в новом подшипнике при скорости вращения внутреннего кольца $\omega_{\text{вн}} = 1000 \text{ с}^{-1}$ будут равны $3,3 \text{ с}^{-1}$; при выходе из строя $9,7 \text{ с}^{-1}$. Видно, что $\omega_{c \text{ отн}}$ увеличивается практически в три раза и может служить критерием износа.

В случае управления угловой скоростью качения ω_k поворот шарика на угол φ_k можно использовать для принудительного поворота внутреннего кольца подшипника вместе с ротором на угол φ_k для его точного позиционирования, как показано на фиг. 1.

Поворот шарика на угол φ_k может быть осуществлен с помощью крутильных колебаний, приложенных к сепаратору. Соответствующий угол поворота внутреннего кольца

ВУ 17059 С1 2013.04.30

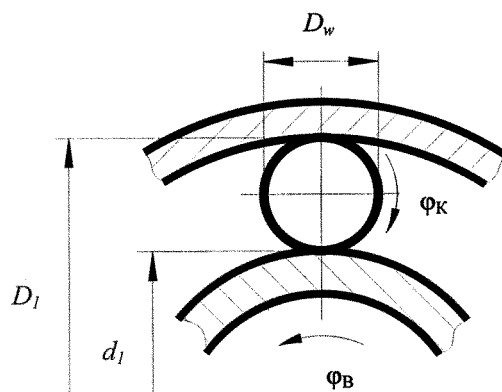
$$\varphi_{\text{в}} = \varphi_{\text{к}} \frac{D_{\text{в}}}{d_{\text{б}}}$$

Такой способ позиционирования представляется наиболее эффективным в сочетании с датчиками угла поворота.

Например, для подшипника 4-36204 при повороте шарика на 1 оборот внутреннее кольцо вместе с валом повернется на 0,3 оборота.

Источники информации:

1. Мехатронные подшипники промышленного применения. - М., 2000 (прототип).



Фиг. 1