

ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 7389

(13) U

(46) 2011.06.30

(51) МПК

F 16C 13/02 (2006.01)

(54)

ПОДШИПНИК КАЧЕНИЯ

(21) Номер заявки: u 20101035

(22) 2010.12.14

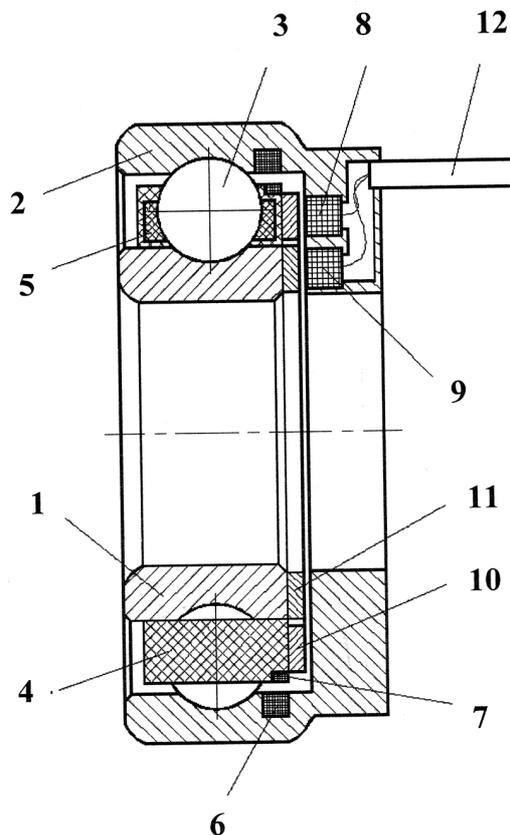
(71) Заявитель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

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

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

(57)

Подшипник качения, содержащий 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, отличающийся тем, что дополнительно содержит приводы вращения тел качения, а также датчик угла поворота и скорости вращения сепаратора, состоящий из преобразователя, расположенного на наружном кольце, и якоря на сепараторе.



Фиг. 2

ВУ 7389 U 2011.06.30

(56)

Мехатронные подшипники промышленного применения [Электронный ресурс] - М., [200-]. - Режим доступа http://www.snr.com.ru/e/mechatron_sle.htm. - Загл. с экрана. - Дата доступа 10.11.10. (прототип).

Полезная модель 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], содержащий 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 полезной модели положена задача по обеспечению управления кинематикой и диагностики состояния подшипника в процессе работы.

Поставленная задача решается тем, что подшипник качения, содержащий 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, дополнительно содержит приводы вращения тел качения, а также датчик угла поворота и скорости вращения сепаратора, состоящий из преобразователя, расположенного на наружном кольце, и якоря на сепараторе.

Сущность полезной модели поясняется чертежами.

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) содержит 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:

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

где $\bar{\omega}_k$ - угловая скорость качения, вектор которой направлен перпендикулярно плоскости контакта; $\bar{\omega}_b$ - 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 $\omega_k:\omega_b:\omega_{кр} = 1:0,18:0$, что приводит к его не-

равномерному 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

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

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

Угол контакта α определяется зависимостью

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

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

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

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

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:

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

С учетом (2) выражение (1) примет вид

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

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; $r_{ж} = 4,09$ 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 $\omega_{вн} = 1000$ рад/с будут равны 3,3 рад/с, при выходе из строя - 9,7 рад/с. 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.

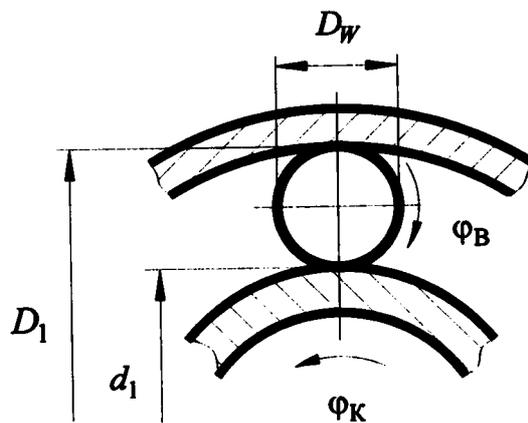
Поворот шарика на угол ϕ_k может быть осуществлен с помощью крутильных колебаний, приложенных к шарикам. Соответствующий угол поворота внутреннего кольца:

ВУ 7389 U 2011.06.30

$$\varphi_{\text{в}} = \varphi_{\text{к}} \frac{D_{\text{в}}}{d_1}$$

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.



Фиг. 1