

# ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 7388

(13) U

(46) 2011.06.30

(51) МПК

F 16C 13/02 (2006.01)

(54)

## ПОДШИПНИК КАЧЕНИЯ

(21) Номер заявки: u 20101034

(22) 2010.12.14

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

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

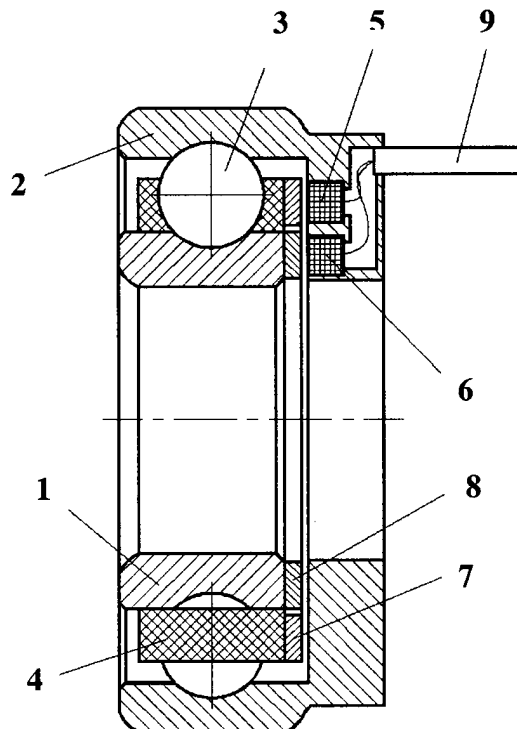
(73) Патентообладатель: Белорусский национальный технический университет (ВУ)

(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 датчик угла поворота и скорости вращения сепаратора, состоящий из преобразователя, расположенного на наружном кольце, и якоря на сепараторе.

(56)

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



ВУ 7388 U 2011.06.30

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.

Недостатком этого подшипника является невозможность диагностики его состояния в процессе работы.

В основу полезной модели положена задача по обеспечению 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 датчик угла поворота и скорости вращения сепаратора, состоящий из преобразователя, расположенного на наружном кольце, и якоря на сепараторе.

Сущность полезной модели поясняется фигурой. Подшипник качения содержит внутреннее кольцо 1 и наружное кольцо 2, между которыми расположены тела качения 3, разделенные сепаратором 4. В наружное кольцо встроены индуктивные преобразователи 5 и 6 для измерения скоростей вращения сепаратора и внутреннего кольца. Якори 7 и 8 в виде колец с ферромагнитными метками, взаимодействующие с преобразователями 5 и 6, установлены соответственно на сепаратор и внутреннее кольцо. Для подключения подшипника к системе имеется кабель 9.

Такая конструкция подшипника позволяет 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.

При вращении внутреннего кольца со скоростью  $\omega_{\text{вн}}$  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;

$\alpha$  - угол контакта.

Угол контакта  $\alpha$  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  $\Delta_y$

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

где  $\Delta_y \approx \frac{3P_0}{4Eb}$ ;

$P_0$  - осевая нагрузка на один шарик;

$b$  - малая полуось эллиптической площади контакта.

Если рассматривать зависимость  $\omega_c$  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  $\Delta D_w$  - разноразмерность шариков;

# BY 7388 U 2011.06.30

$\Delta d_1, \Delta D_1$  - отклонения диаметра желобов.

Частные производные по переменным параметрам определяются по выражениям:

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

С учетом (2) выражение (1) примет вид

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

Таким образом, измеряя колебания  $\omega_c$ , можно оценить износ элементов подшипника.

Например, для подшипника 4-36204  $\alpha = 12^\circ$ ;  $D_w = 7,94$  мм;  $d_m = 33,5$  мм;  $r_{\text{жк}} = 4,09$  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  $\omega_{\text{с отн}}$  в новом подшипнике при скорости вращения внутреннего кольца  $\omega_{\text{вн}} = 1000$  рад/с будут равны 3,3 рад/с; при выходе из строя - 9,7 рад/с. Видно, что  $\omega_{\text{с отн}}$  увеличивается практически в три раза и может служить критерием износа.