



МАГНИТОУПРУГИЙ ДАТЧИК УГЛОВЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

В статье предлагается новый подход к построению магнитоупругих датчиков угловых перемещений с системой позиционирования, выполненной в виде пространственной кривой одновитковой цилиндрической винтовой линии. Представлен один из вариантов исполнения датчика и схема формирования магнитоупругих волн.

Машиностроение, датчик, магнитоупругость, угловые перемещения, гелиса.

Для контроля углового положения вращающихся устройств в различных областях техники используются датчики угла поворота. Наиболее известны оптические, механические и магнитные датчики угла поворота. Все они имеют свои особенности и назначение. Преимущество магнитоупругих датчиков угловых перемещений (МУДУП) заключается в возможности нормально функционировать в средах с разной степенью агрессивности, при перепадах рабочих температур, механических воздействиях и т.п. [2].

Большинство известных фирм-производителей выполняют первичный преобразователь (ПП) с магнитоупругим чувствительным элементом (МУЧЭ) в виде U -образной или O -образной пространственной кривой, что создает в МУЧЭ нежелательные механические напряжения и, как следствие, искажает его магнитные свойства: чем меньше радиус ПП, тем больше эти напряжения [1]. Для устранения данного недостатка предлагается иная концепция построения МУДУП. Первичный преобразователь с чувствительным элементом обязательно должен быть линейным, а система позиционирования (СП) – нелинейной, например в виде пространственной кривой из одного магнитного витка геликоиды (гелисы), расположенной на внешней поверхности цилиндра.

На рисунке 1 показан один из вариантов выполнения МУДУП. Ось вращения цилиндра с СП соединена с осью вращения контролируемого объекта 3 (например, с валом электрической машины). Параллельно цилиндру 4 размещен ПП 1, входящий в состав датчика.

Математически форма гелисы имеет следующий вид

$$\begin{cases} x = R \cdot \sin \Psi \\ y = R \cdot \cos \Psi \\ z = \frac{l_{\text{мсп}}}{2\pi} \cdot \Psi \end{cases}, \quad (1)$$

где x, y, z – координаты декартовой системы координат, центром которой является точка пересечения оси цилиндра 4 с перпендикуляром, возобновленным в точке начала рабочей зоны a_0 , изображенной на рисунке 1;

R – радиус цилиндра;

$l_{\text{мсп}}$ – рабочая зона измерения угловых перемещений объекта;

Ψ – угол поворота объекта 3.

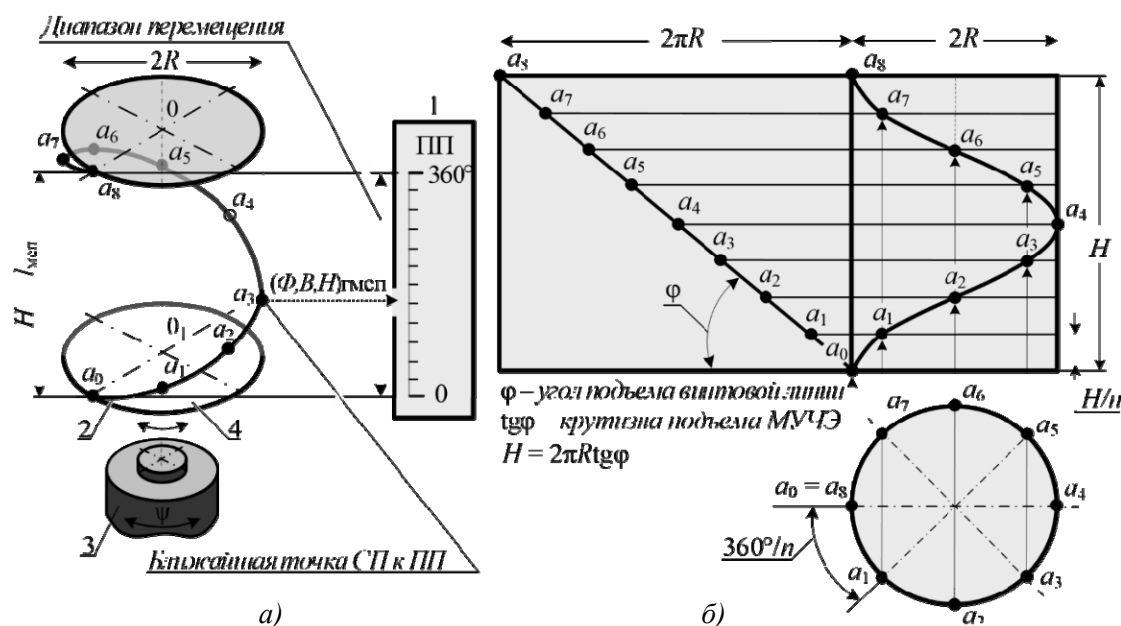


Рис. 1. Магнитоупругий датчик угловых перемещений:
 а) взаимодействие СП с ПП; б) развертка боковой поверхности цилиндра с СП

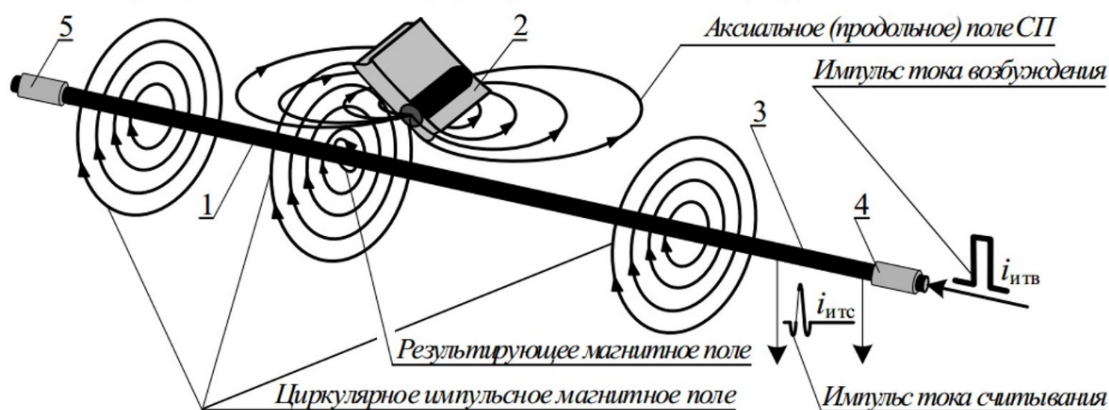


Рис. 2. Формирование магнитоупругих волн:

1 – магнитоупругий волновод; 2 – магнитная СП; 3 – обмотка катушки считывания; 4 и 5 – магнитоупругие демпферы

Таким образом, за один оборот вращения объекта 3 с СП 4 магнитное поле 2 последовательно, в диапазоне $a_0...a_8$ взаимодействует с ПП 1.

Система позиционирования 2 может быть выполнена путем нанесения на прямоугольник со сторонами $2\pi R$ и H магнитной прямой (рис. 1б) и размещения ее на внешней поверхности цилиндра 4. В результате прямая преобразуется в пространственную кривую в виде одного витка винтовой линии гелисы.

На рисунке 2 показано формирование магнитоупругих волн в МУЧЭ.

В среду МУЧЭ (1) периодически подаются импульсы тока возбуждения магнитоупругих волн в чувствительном элементе $i_{итв}$, и в его рабочем диапазоне формируется круговое импульсное электромагнитное поле. При взаимодействии этого поля с продольным полем магнитной СП (2) образуется искривленное результирующее импульсное магнитное поле. В результате в среде МУЧЭ (1) создаются крутильные магнитоупругие волны (эффект Видемана). Эти волны достигают обмотки катушки считывания (3) и считываются (эффект Виллари). При дальнейшем распространении поглощаются магнитоупругими демпферами (4, 5) [3].

Проведенный анализ и экспериментальные исследования разработанного магнитоупругого датчика угловых перемещений с магнитной СП, выполненной в виде пространственной кривой, показали, что в сравнении с другими способами измерения угловых перемещений предложенный вариант датчика обладает следующими преимуществами: технологичностью, низкими массогабаритными размерами, высокой точностью, линейностью, надежностью и бесконтактным способом измерений.

Литература

1. Волков, Ю. В. Датчики для измерений при производстве электрической и тепловой энергии : учебное пособие / Ю. В. Волков. – Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД, 2019. – 89 с.
2. Сысоева, С. С. Автомобильные датчики положения. Современные технологии и новые перспективы. Часть 14. Итоговый сравнительный анализ. Выводы и обновление / С. С. Сысоева // Компоненты и технологии. – 2006. – № 7. – С. 40–53.
3. Таганова, В. А. Оптимизация состава и свойств магнитоэластомерных композиций на основе фторкаучука СКФ-26 / В. А. Таганова // Каучук и резина. – 2012. – № 4. – С. 23–26.

A.V. Morozov, V.N. Proshkin
Penza State Technological University

MAGNETOELASTIC ANGULAR MOVEMENT SENSOR

The article proposes a new approach to the construction of magnetoelastic sensors of angular displacements with a positioning system made in the form of a spatial curve – a single-turn cylindrical helix. One of the sensor versions and a diagram of the formation of magnetoelastic waves are presented.

Mechanical engineering, sensor, magneto elasticity, angular displacement, helix.