

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ДАТЧИКИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ КАТУШЕК ИНДУКТИВНОСТИ

HIGH-TEMPERATURE DISPLACEMENT SENSORS ON THE BASIS OF CERMET INDUCTANCE COILS

г. Пенза, ФГУП НИИ "Физических Измерений".
Research Institute for Physical Measurements, Penza

Рассматривается высокотемпературный датчик перемещений с диапазоном от 0 до 4 мм., на основе металлокерамического чувствительного элемента. Представлена конструкция датчика, а также приводятся результаты испытаний на воздействие повышенной температуры (+420 °C).

The design of the high temperature displacement sensors over the range 0 to 4 mm. with the cermet sensing element is presented. High-temperature test results (+420 °C) are summarised.

Актуальной задачей при отработке новых типов двигательных установок является создание высокотемпературных бесконтактных электромагнитных датчиков для определения осевых и радиальных перемещений валов, работоспособных при температурах окружающей среды от минус 100 до +600 °C.

Разработка датчика, работающего в условиях воздействия высоких температур до +600 °C, накладывает ограничения на используемые для изготовления катушек индуктивности материалы и провода, связанные с тем, что материалов, имеющих достаточную прочность и выдерживающих такие высокие температуры, немного (керамика, ситаллы).

Однако обработка керамики и ситалла затруднительна из-за их высокой твердости и требует решения многочисленных проблем, связанных с изготовлением деталей. Поэтому при использовании керамики и ситалла конструкция деталей должна быть максимально простой. Кроме того, из-за отсутствия в настоящее время моточных проводов, изоляция которых выдерживает нагрев до температуры + 600 °C, единственным решением является выполнение катушек индуктивности методом напыления на керамические или ситалловые подложки.

В настоящей работе рассматриваются электромагнитные датчики перемещений с использованием металлокерамических катушек индуктивности, выполненных по технологии многослойных печатных плат и представляющих собой многослойную катушку индуктивности, сформированную последовательным нанесением на каждый слой керамической подложки токопроводящих спиралеобразных витков. Нанесение витков спирали на каждый слой керамической подложки осуществляется токопроводящей пастой на основе вольфрама и молибдена методом контактной печати для заполнения межспиральных переходов в подложке и методом трафаретной печати для получения спирали по плоскости подложки (рисунок 1). Толщина керамической подложки выбирается из условий обеспечения предъявляемых требований по механической прочности, изоляционным свойствам подложки после обжига и получения минимальной толщины многослойной керамической платы.

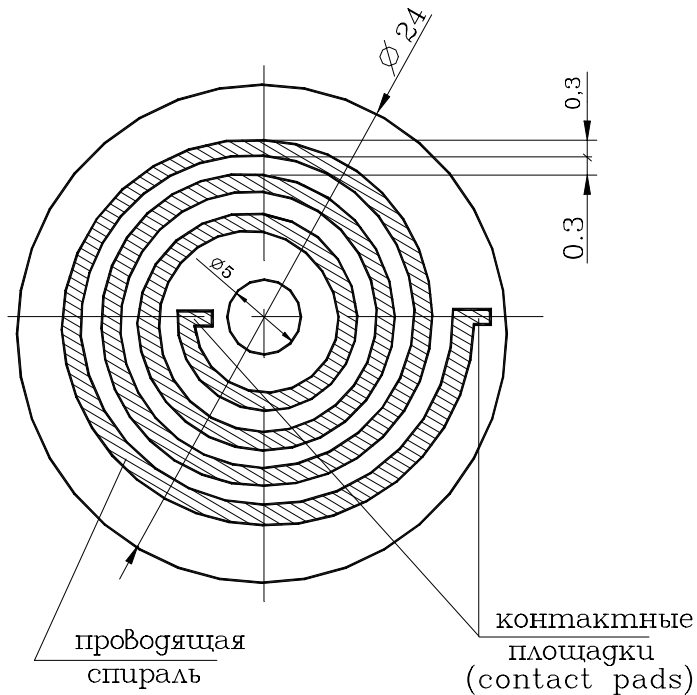


Рисунок 1. Токопроводящая спираль.
Figure 1. Current-conducting spiral.

После нанесения токопроводящих витков (спиралей) на керамическую подложку формируют спрессованный монолит из требуемого количества металлизированных слоёв и проводят обжиг монолита при температуре (1500-1600 °C). Для обеспечения электрического соединения полученной катушки индуктивности с другими элементами схемы или монтажными проводами предусматриваются никелевые контактные площадки, которые выведены на противоположные плоскости катушки и позволяют механически соединить контактные площадки проводниками или методами контактной сварки (рисунок 2).

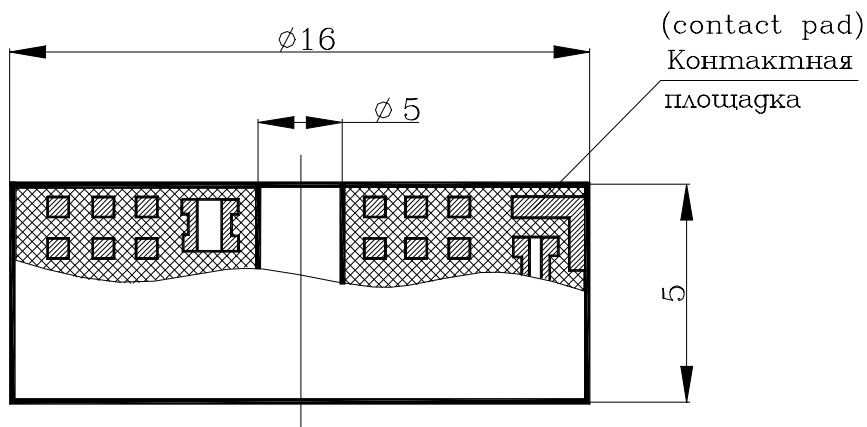


Рисунок 2. Металлокерамическая катушка.
Figure 2. Cermet coil.

Один из вариантов конструктивного исполнения высокотемпературного электромагнитного датчика перемещений трансформаторного типа на основе металлокерамических катушек индуктивности представлен на рисунке 3.

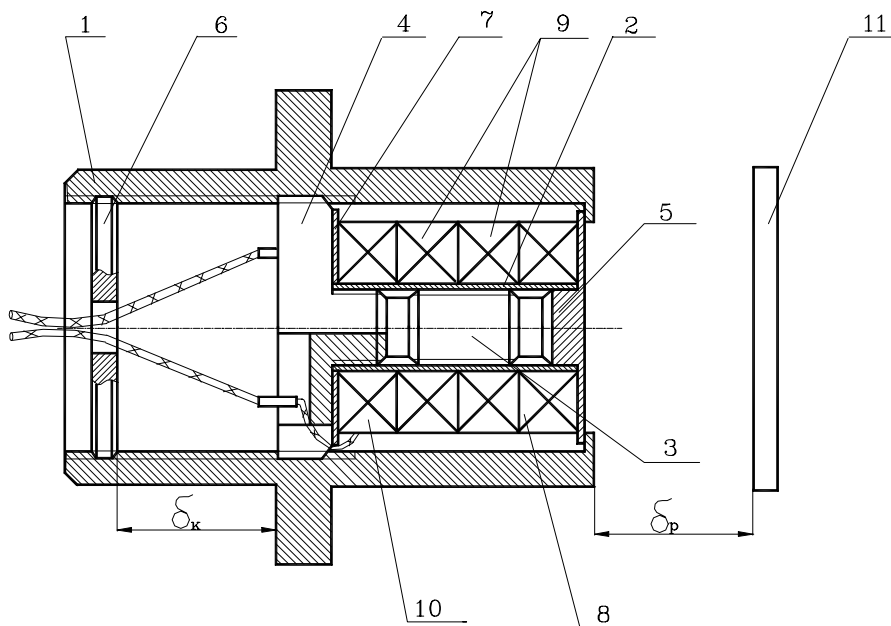


Рисунок 3 Высокотемпературный электромагнитный датчик перемещений.
Figure 3. High-temperature electromagnetic displacement sensor.

Датчик содержит ферромагнитный корпус 1, ферромагнитный сердечник 2 с резьбовым отверстием, в котором перемещается подстроечный винт 3, диамагнитные фланцы 4 и 5, компенсационную пластину 6, изоляционную шайбу 7, измерительную обмотку 8, обмотки возбуждения 9 и компенсационную обмотку 10, ферромагнитный якорь 11.

Обмотки возбуждения 9 соединены между собой последовательно-согласно и запитываются от генератора синусоидального тока, а измерительная 8 и компенсационная обмотка 10 соединены между собой последовательно встречно.

Принцип работы датчика основан на изменении взаимоиндуктивной связи между возбуждающей и измерительной обмотками трансформатора с переменным воздушным зазором между датчиком и ферромагнитным якорем связанным механически с объектом контроля.

Величина ЭДС, наводимая в измерительной обмотке датчика определяется выражением:

$$\Delta E = \frac{1}{2} \cdot j \cdot \omega \cdot W^2 \cdot \mu_0 \cdot S \cdot I \cdot \left(\frac{1}{\delta_p} - \frac{1}{\delta_k} \right),$$

где δ_k - зазор между ЧЭ и компенсационной пластиной;

δ_p - зазор между ЧЭ и ферромагнитным якорем;

S - активная площадь поперечных сечений воздушных зазоров

δ_k и δ_p ;

I - величина синусоидального тока;

μ_0 - абсолютная проницаемость вакуума;

W - число витков измерительной обмотки;

Для подтверждения характеристик предлагаемого варианта конструктивного построения датчика были проведены экспериментальные исследования воздействия повышенной температуры (+420°C) на металлокерамический чувствительный элемент. Результаты испытаний приведены на рисунке 4.

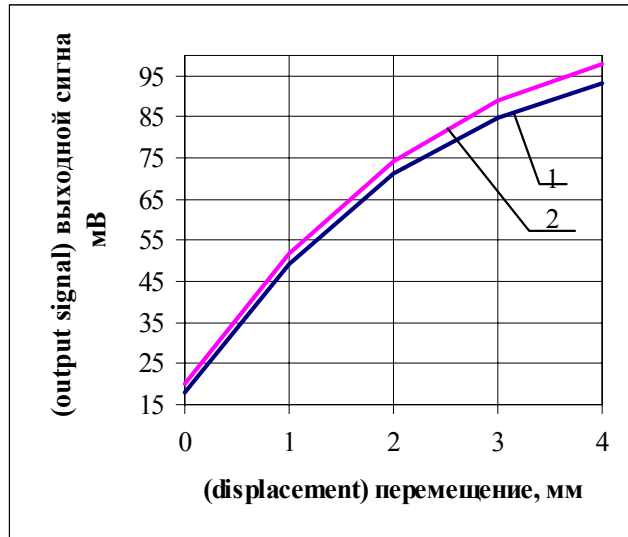


Рисунок 4. Градуировочные характеристики предлагаемого датчика.
1 - в нормальных условиях эксплуатации;
2 - при температуре +420°C.

Основные технические характеристики:

- диапазон измерения перемещений 0...4 мм;
- диапазон рабочих температур от минус 100 до +600;
- основная погрешность не более 1%.