

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ПОЛОЖЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Н.А.Колесников, В.С.Леонтьев, С.Т.Божков*

STUDYING THE CHARACTERISTICS OF A MAGNETOELECTRIC CRANKSHAFT POSITION SENSOR

N.A.Kolesnikov, V.S.Leont'ev, S.T.Bozhkov*

Институт электронных и информационных систем НовГУ, nikolaykolesnikov93@yandex.ru

**Пловдивский университет, Болгария, slavcho_bozhkov@yahoo.com*

Приведены результаты исследований магнитоэлектрического датчика положения коленчатого вала. Изучены различные положения магнитоэлектрического элемента относительно шкива. Представлены зависимости выходных характеристик датчика и проведен их сравнительный анализ. В качестве чувствительного элемента использовался магнитоэлектрический композит, состоящий из пьезоэлектрика ЦТС-19 и обкладок из магнитострикционного материала метглас соответствующего размера.

Ключевые слова: *магнитоэлектрический эффект, магнитоэлектрическая структура, магнитоэлектрический датчик, датчик положения коленчатого вала (ДПКВ)*

In this paper, findings concerning the magnetoelectric crankshaft position sensor are presented. Some different positions of the magnetoelectric element relative to the pulley are studied. The dependences of output characteristics of the sensor are analyzed. Magnetoelectric composite of piezoelectric PZT-19 and magnetostrictive material Metglas of corresponding size was used as the sensitive element.

Keywords: *magnetoelectric effect, magnetoelectric structure, magnetoelectric sensor, crankshaft position sensor (CKP sensor)*

Введение

В последние годы интенсивно изучается магнитоэлектрический (МЭ) эффект в магнитострикционно-пьезоэлектрических структурах для создания датчиков, преобразователей и сборщиков энергии [1]. В материалах такого рода МЭ эффект проявляется как результат взаимодействия магнитострикционной и пьезоэлектрической фаз компонентов, т.е. электрическая поляризация индуцируется внешним переменным магнитным полем в присутствии подмагничивающего поля. Значение МЭ эффекта характеризуется МЭ коэффициентом по напряжению $\alpha_E = E/H$.

Датчик положения коленчатого вала (ДПКВ) служит для определения углового положения коленчатого вала двигателя, синхронизации работы блока управления с рабочим процессом двигателя и определения частоты его вращения [2,3].

Магнитоэлектрический датчик положения коленчатого вала (МЭ ДПКВ) рассматривается как более дешевая, обладающая меньшей массой и габаритами альтернатива уже существующим ДПКВ. Конструкция МЭ ДПКВ подробно рассматривалась в [4].

Целью настоящей статьи является исследование и сравнение характеристик МЭ ДПКВ.

Измерительный стенд

Измерительный стенд представляет собой установку, жестко закрепленную на плоскости, состоящую из двигателя, на валу которого установлен шкив коленчатого вала автомобиля. МЭ ДПКВ устанавливается в непосредственной близости к торцу шкива. Внешний вид измерительного стенда представлен на рис.1.

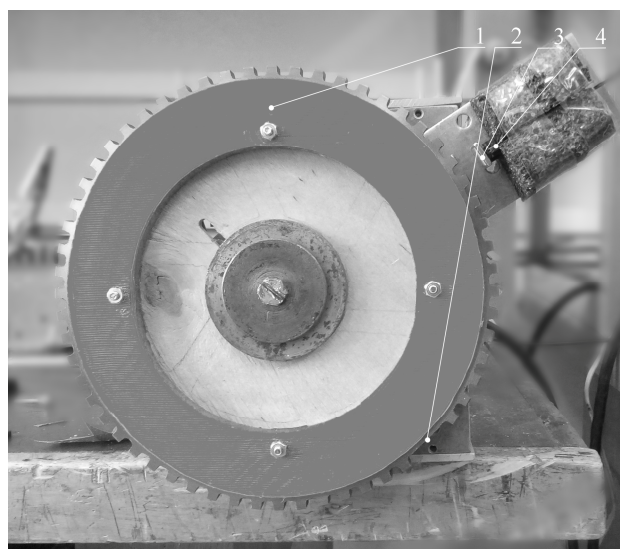


Рис.1. Внешний вид измерительного стенда: 1 — шкив, 2 — маркер, 3 — МЭ элемент, 4 — постоянный магнит

Исследование характеристик МЭ ДПКВ

В данной работе проводились исследования положения МЭ элемента, состоящего из пьезоэлектрика ЦТС-19 с размерами 30×10×0,35 мм и обкладок метгласа соответствующего размера, которые одновременно служат электродами, относительно шкива. Пластины метгласа соединялись с пьезокерамикой ЦТС-19 посредством клея, толщина клеевого слоя не превышает 10 мкм. Измерения проводились на стенде, представленном выше (рис.1). МЭ элемент, по аналогии с индукционным датчиком положения коленчатого вала, устанавливается в непосредственной близости к торцу шкива. Также важно положение

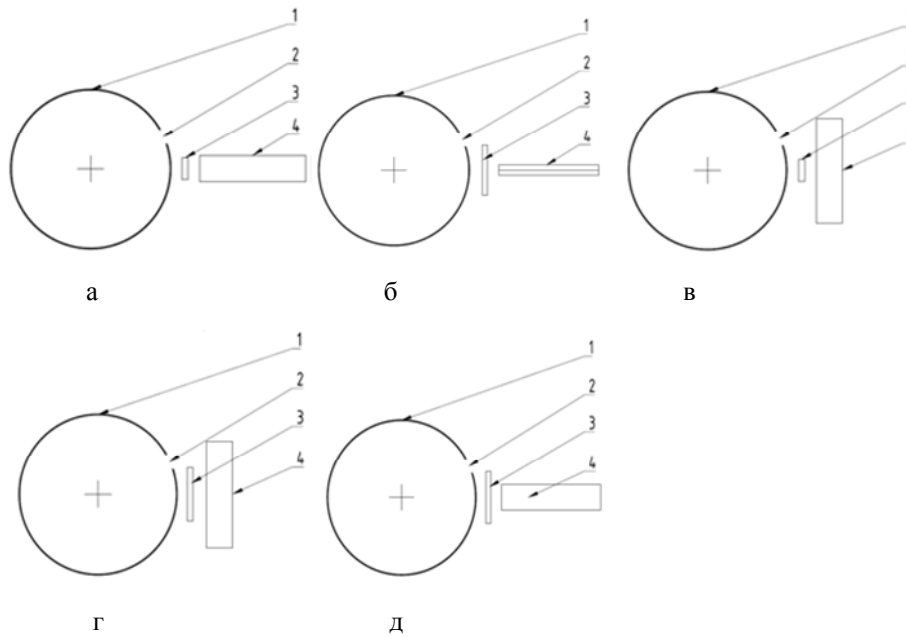


Рис.2. Взаимное положение шкива, МЭ элемента и магнита. 1 — шкив, 2 — метка, 3 — магнит, 4 — МЭ композит

постоянного магнита относительно МЭ элемента. Предполагалось, что максимальный МЭ эффект может быть получен при таком положении постоянного магнита относительно МЭ элемента и шкива, при

котором магнитный поток замыкается через МЭ элемент на шкив, а расстояние от МЭ элемента до магнита и от магнита до шкива минимально. Конструкции МЭ ДПКВ приведены на рис.2.

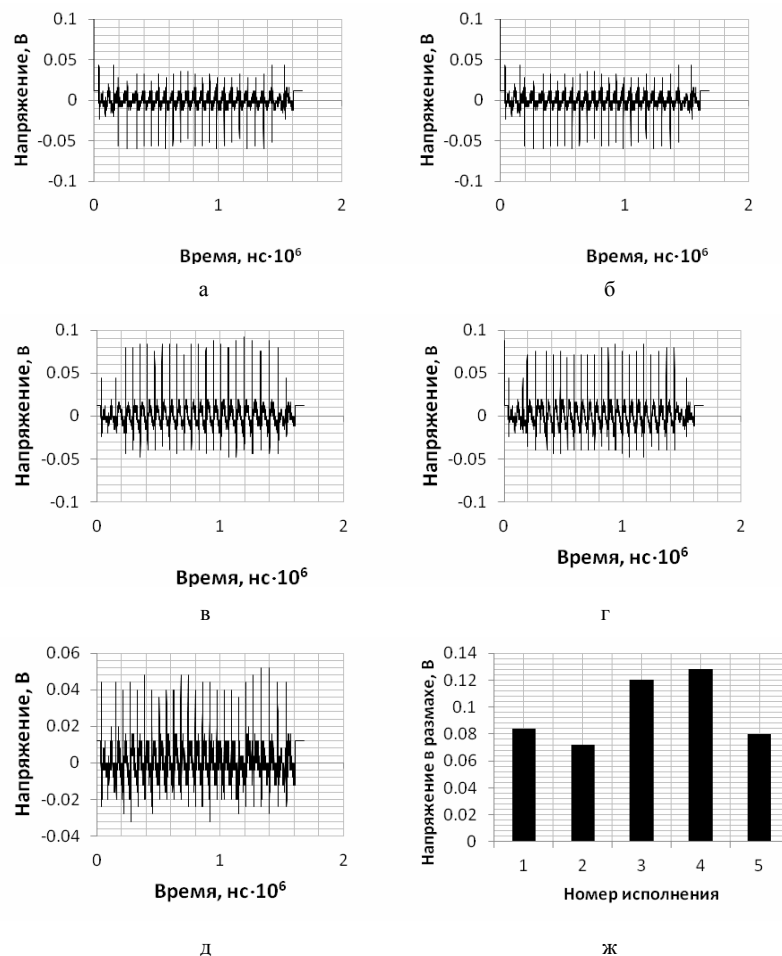


Рис.3. Графики зависимости выходного напряжения от расположения МЭ элемента относительно шкива (а-д); ж — гистограмма сравнительных характеристик

Отметим, что были рассмотрены и другие варианты конструкций с различными расположениями МЭ элемента и постоянного магнита относительно шкива. Однако ввиду того, что значение выходных характеристик было слишком мало либо отсутствовало, в данной статье они не приводятся.

На рис.3 показаны выходные характеристики МЭ ДПКВ и сравнительная гистограмма. С учетом анализа представленных выше графиков была построена гистограмма, показывающая, что конструкция с расположением ε (рис.2) обладает максимальным выходным напряжением и составляет $U_{\text{вых}} = 0,132$ В. Следует отметить, что конструкция МЭ ДПКВ не оптимальна, работает на низкой частоте и в не резонансном режиме.

Рассмотрим выходные характеристики для конструкции ε подробнее (рис.4).

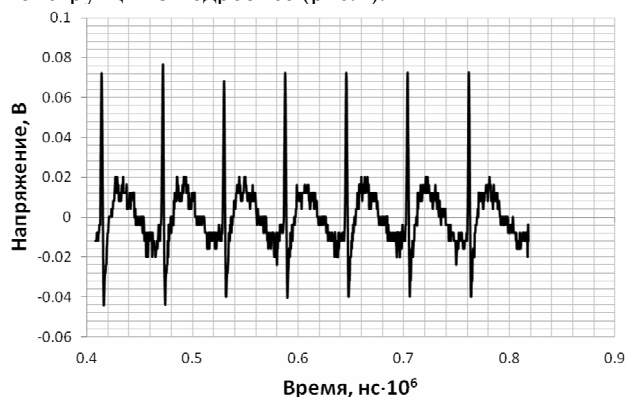


Рис.4. График зависимости выходного напряжения от расположения МЭ элемента относительно шкива

На графике, представленном выше, видно, что сигнал имеет явно выраженные пики. Дальнейшая работа над датчиком позволит сгладить всплески между пиками, улучшить симметричность сигнала.

Заключение

В статье приведены результаты исследований характеристик МЭ ДПКВ. Исследования проводились

в области низких частот. В качестве чувствительного элемента использовался магнитоэлектрический композит, состоящий из пьезоэлектрика ЦТС-19 с размерами $30 \times 10 \times 0,35$ мм и обкладок из магнитоэлектрического материала метглас соответствующего размера. Проведено сравнение выходных характеристик датчика и определено оптимальное положение МЭ элемента относительно шкива, выходное напряжение при этом является максимальным и составляет 0,132 В.

В дальнейшем планируется оптимизация конструкции МЭ ДПКВ, а также продолжение исследований, направленных на улучшение показателей выходного сигнала.

1. Magnetoelectricity in Composites / Eds. M.I.Bichurin and D.Viehland. Singapore: Pan Stanford Publ., 2012. 273 p.
2. Литвиненко В.В., Майстрок А.П. Автомобильные датчики, реле и переключатели. Краткий справочник. М.: За рулем, 2004. 176 с.
3. Bozhkov S.T., Milenov I.K., Bozhkov P.T. Application and analyzing the signals of the automobile sensors for diagnostics and control of automobile technical condition // Proc. 11th International Conference on Applied Electromagnetics — PEC-2013. Niš, Serbia, 2013. P.87-88.
4. Колесников Н.А., Петров Р.В. Магнитоэлектрический датчик для автомобиля // Вестник НовГУ. 2015. №6(89). С.74-77.

References

1. Bichurin M., Viehland D., eds. Magnetoelectricity in Composites. Pan Stanford Publishing, Singapore, 2012. 273 p.
2. Litvinenko V.V., Mastruk A.P. Avtomobil'nye datchiki, rele i perekliuchateli. Kratkii spravochnik [Sensors, relay, and switches for automobiles. Brief handbook]. Moscow, "Za rulem" Publ., 2004. 176 p.
3. Bozhkov S.T., Milenov I.K., Bozhkov P.T. Application and analyzing the signals of the automobile sensors for diagnostics and control of automobile technical condition. Proc. of the 11th Int. Conf. on Applied Electromagnetics (PEC 2013). Niš, Serbia, 2013, pp. 87-88.
4. Kolesnikov N.A., Petrov R.V. Magnitoelektricheskiy datchik dlia avtomobilia [Magnetoelectric sensor for automobile]. Vestnik NovGU. Ser. Fiziko-matematicheskie nauki – Vestnik NovSU. Issue: Physico-Mathematical Sciences, 2015, no. 6(89), pp. 74-77.