

1. Використання безпроводних технологій передачі даних для вирішення задач у неруйнівному контролі / О.Л.Кустовський, В.Ф.Петрик, К.М.Серий, Д.О.Мельник // Вісник НТУ «ХП». 2012. - № 40. — С.71-77.
2. Петрик В.Ф. Использование беспроводных технологий в дефектоскопии / Петрик В.Ф., Ковтун Г.М., Топиха Д.М. // Научни Известия НТСМ: материалы междуна. конф. «Дни НК 2014». – Созополь, 2014. – № 150. – С. 486–488.
3. Телеметрический вихретоковый дефектоскоп / А. Г. Протасов, В. Ф. Петрик, А. Л. Дугин // Научни Известия НТСМ: материалы международной

- конференции «Дни НК 2014». – Созополь, 2014. – № 150. – С. 34–36.
4. Вихрострумовий дефектоскоп з телеметричним каналом зв'язку / А.Г.Протасов, К. М. Серий, О. Л. Дугін, В. Ф. Петрик // Вісник НТУ «ХП», 2014. – № 19. – С. 132–139.
5. Lysenko I., Kuts Y., Dugin O., Protasov A. Improvement of the Eddy Current Method of Non-Destructive Testing with Pulsed Mode Excitation [Electronic resource] The e-Journal of Nondestructive Testing. 2016, № 7, Vol. 21, access mode: <http://www.ndt.net>.

УДК 681.2.084; 53.083.62

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДАТЧИКА С УПРУГОПОДВЕШЕННОЙ ПОДВИЖНОЙ МАССОЙ

Оксенчук И.Д., Кривицкий П.Г., Францкевич А.В.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

В статье [1] на основе анализа открытых литературных источников авторы отмечают, что в настоящее время существует потребность в создании недорогих, надежных, компактных гравитационных градиентометров. В тоже время отмечается кризис идей для их создания. Теми же авторами предложено использовать дифференциальный емкостной датчик с упруго подвешенной подвижной массой (ЕДПМ). В статье [2] излагаются результаты теоретических исследований датчика, модель которого приведена на рисунке 1.

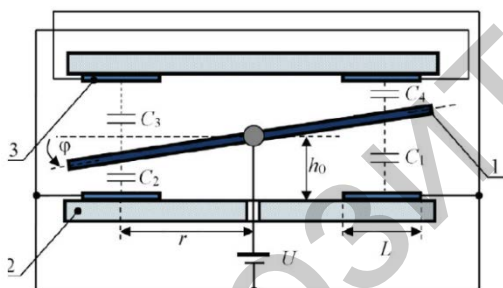


Рисунок 1 – Модель ЕДПМ датчика

Отличительной особенностью такого датчика является использование конденсаторов для понижения крутильной жесткости торсионов до единиц герц. Сами торсионы при этом имеют геометрические размеры, обеспечивающие требуемый запас прочности конструкции. С другой стороны, ток перезарядки конденсаторов, возникающий при смещении подвижной массы, используется для регистрации величины смещения.

В представленном докладе дано описание экспериментальной установки и результаты ее работы, показывающие техническую реализуемость предлагаемого дифференциального ЕДПМ.

Исследовавшийся дифференциальный ЕДПМ состоит из подвижной массы, торсионов и опоры торсионов, изготовленных из цельного куска

немагнитной стали. Габаритные размеры подвижной массы 120x40x10 мм. Торсионы имеют длину 1,25 мм, диаметр 0,95 мм. Четыре пластины конденсаторов крепятся к опорам торсионов через фторопластовые прокладки толщиной 150 мкм винтами.

Структурная схема экспериментальной установки представлена на рисунке 2.

Установка включает: исследуемый дифференциальный ЕДПМ; модуль регистрации микротоков; модуль задания высоковольтных напряжений; модуль контроллера управления и сбора данных. Питание осуществляется от лабораторного двухканального блока питания. Управление работой и запись полученных данных проводится на персональный компьютер, на который установлена специально разработанная программа-монитор.

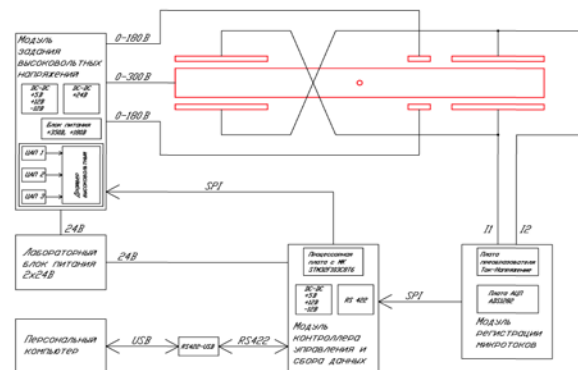


Рисунок 2 – Структурная схема экспериментальной установки

Датчик установлен на подставку с тремя опорами, регулируемые по высоте. Электрическая изоляция датчика от подставки обеспечивается фторопластовой прокладкой. Над чувствительным элементом на подставке установлен блок электронных модулей (рисунок 3). Данная конструкция помещается в вакуумную камеру, установленную на развязанном фундаменте.

До установки на дифференциальный ЕДРД пластин конденсаторов была определена резонансная частота крутильных колебаний подвижной массы. Она составила 11,8 Гц, а добротность превосходила 3000.

При проведении экспериментов удавалось понизить резонансную частоту колебаний до 1,8 Гц за счет подачи на конденсаторы напряжения порядка 235 В. Однако, за 20 – 30 минут частота плавно повышалась до величины порядка 3,5 Гц и затем оставалась стабильной длительное время. Добротность колебательной системы составляла порядка 70 – 90.

На рисунке 4 приведен пример шума токового сигнала на выходе датчика. Пик шума на частоте 3,5 Гц обусловлен наличием резонанса дифференциального ЕДПМ на данной частоте.

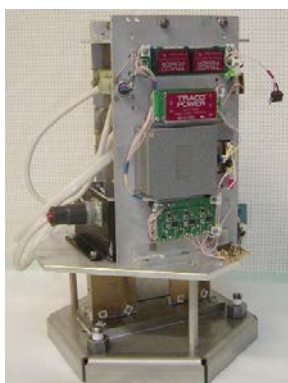


Рисунок 3 – Блок чувствительного элемента

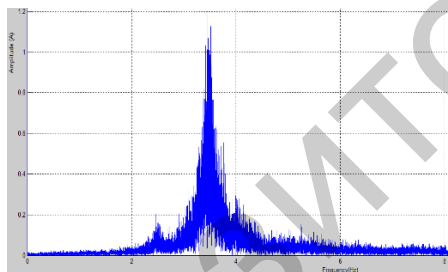


Рисунок 4 – Спектр шума токового сигнала на выходе датчика

При выполнении высокоточных измерений одним из важнейших является вопрос величины технических шумов измерительной установки и их источник.

Проведенное экспериментальное исследование шумов рассматриваемой установки позволило установить, что шумы в интересующей полосе частот 2 – 4 Гц обусловлены прежде всего:

- флуктуациями напряжения прикладываемого к конденсаторам ЕДПМ;
- вибрациями основания, на котором установлен дифференциальный ЕДПМ.

Для идентификации шумов, связанных с флуктуациями напряжения прикладываемого к конденсаторам ЕДПМ на опоры торсионов крепились пластины, которые обездвигивали подвижную массу. Эта мера устраняла влияние

сейсмических колебаний на чувствительный элемент. Сигнал преобразовывался в цифровой вид АЦП модуля регистрации микротоков с частотой дискретизации 250 Гц. В файл записывался 1 млн. выборок. График спектра строился с помощью стандартной функция MATLAB fft, реализующей метод быстрого преобразования Фурье.

Было показано, что после подачи напряжения на выходе дифференциального ЕДПМ в области 2 – 4 Гц амплитуда шумового сигнала возрастает с 0,05 фА до 0,6 фА. Причем амплитуда шума практически не зависит от абсолютной величины поданного на датчик напряжения.

Для получения данных о шумах установки связанных вибрациями основания, были сняты пластины, обездвигивавшие подвижную массу. Вакуумную камеру откачали. Данные записывались в файл с 19:00 вечера до 10:00 утра следующего дня. Частота дискретизации АЦП была 250 Гц.

На рисунке 5 представлен график полученных данных. Видно, что вибрации основания существенно уменьшаются с 1 часа ночи до 4 часов утра. Это время минимального движения транспорта, прежде всего трамваев и метро. Мгновенная амплитуда колебаний тока сигнала в данный период времени не превышала 10 пА.

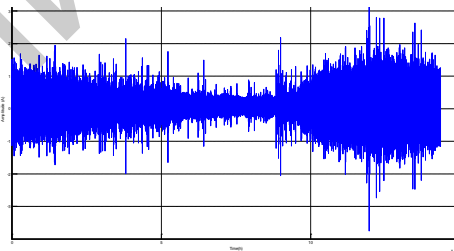


Рисунок 5 – Шумы токового сигнала, связанные с вибрациями основания

Исследование спектра шума в ночной период показало, что в области от 2 Гц до 5 Гц его амплитуда не превышала 1 фА. В дневное время амплитуда шума увеличивалась, но не более чем в три раза.

Проведенные исследования показали техническую реализуемость дифференциального ЕДПМ. Возможность понижения резонансной частоты колебаний датчика до 3,5 Гц, а также полученный достаточно низкий уровень шумов в установке, позволяют приступить к экспериментам по регистрации изменений градиента гравитационного поля.

1. Джилавдари И.З., Ризноокая Н.Н. Этапы развития и состояние разработок гравитационных градиентометров для подвижных объектов: обзор. Приборы и методы измерений. – 2016. – Т.7, №3. – С. 235–246.
2. Gilavdary I., Mekid S., Riznookaya N., Abdul Sater A. Static and dynamic stability of gravi-inertial sensors with capacitive differential system of sensitivity adjustment / Приборы и методы измерений. – 2016. –Т. 7, №1. – С. 16–23.