

Заключение

Покупать зарубежное вакуумное оборудование или разрабатывать отечественное – вопрос риторический, а вот сохранение отечественных конструкторских школ и производственных баз является стратегическим направлением развития экономики страны. Связь высших учебных заведений с промышленными предприятиями должна базироваться не только на подготовке кадров, но и на выполнении совместных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Надеемся, что попытка выстроить совместную деятельность МГТУ им. Н.Э. Баумана и АО НПО «Спецэлектромеханика» в области вакуумных технологий и оборудования окажется успешной, а одним из индикаторов успешности должны стать результаты выставки ВакуумТех-Экспо.

Управление частотной характеристикой демпфера для активной виброизоляции на основе магнитореологических эластомеров

А.М. Базиненков, И.В. Макеев, А.П. Ротарь, Д.А. Иванова, В.П. Михайлов
Москва, ФГБОУ ВО МГТУ имени Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет), 105005, г. Москва, 2-ая Бауманская ул., д.5, стр.1
ambazinenkov@bmstu.ru

Одним из наиболее эффективных методов вибрационной защиты является активная виброизоляция. Широко известно, что производство изделий микро и нано-электроники невозможно без защиты технологического и исследовательского оборудования, работающего в условиях вакуума и атмосферного давления, от вибрационных возмущающих воздействий.

Системы виброизоляции на основе магнитореологических (МР) эластомеров обладают большей эффективностью виброизоляции по сравнению с другими существующими системами за счет совмещения пассивной, полупассивной и активной виброизоляции в одном устройстве. Характеристики демпферов на основе МР эластомеров определяются составом и свойствами полимеров.

В работе представлены экспериментальные исследования частотных характеристик демпферов на основе МР эластомеров.

***Amplitude-frequency characteristic control of the active vibration control damper based on magnetorheological elastomers. A.M. Bazinenkov, I.V. Makeev, A.P. Rotari, D.A. Ivanova, V.P. Mikhailov.** One of the most effective methods of vibration protection is active vibration control. It is widely known that the micro and nanoelectronic manufacturing is impossible without the protection of equipment from vibration disturbance. The precise technological and research equipment can operate under atmospheric pressure and under vacuum.*

Vibration control systems based on magnetorheological (MR) elastomers have a higher protection efficiency than other existing systems due to the combination of semi-active and active vibration isolation in one device. The characteristics of MR dampers are determined by the composition and properties of the polymers. The paper presents experimental studies of the amplitude-frequency characteristics of dampers based on MR elastomers.

Введение

Высокие точностные требования, предъявляемые к микро- и нанотехнологическому оборудованию, приводят к необходимости отслеживания внешних вибрационных воздействий, которые могут негативно сказаться на параметрах работы оборудования, и защиты оборудования от них. Для ультра-прецизионных процессов, таких как нанолитография, прецизионная ме-

таллообработка, оптоволоконные системы, сканирующая зондовая микроскопия (атомно-силовая и туннельная), электронная микроскопия и др. необходимо обеспечить виброизоляцию на частотах вибраций в широком диапазоне от 0,5 до 100 Гц при амплитудах вибраций до 200 мкм.

Для защиты оборудования от вибраций наиболее эффективным методом считается виброизоляция, которая делится на пассивную, полуактивную и активную. Для активной виброизоляции, которая связана с перемещением защищаемых объектов в противофазе с вибрациями, применяются системы виброизоляции на основе актюаторов. Пьезоэлектрические системы имеют небольшой диапазон перемещений (способны гасить колебания с малыми амплитудами виброперемещений) и ограниченный спектр поглощаемых частот; пневматические и гидравлические системы имеют высокую стоимость и сложные системы управления; системы на основе шаговых двигателей так же дорогостоящи и имеют низкое быстродействие из-за длинных кинематических цепей.

Магнитореологические (МР) и электрореологические (ЭР) жидкости и эластомеры относятся к типу смарт-материалов, которые способны менять свои свойства под действием внешних магнитных и электрических полей. Эти материалы способны менять свои реологические свойства и деформироваться под действием управляющего поля. Использование подобных материалов в системах точного позиционирования и виброизоляции позволяет повысить их точностные характеристики и быстродействие за счет непосредственного воздействия на рабочее тело полем [1,2,4,5].

Демпфер на основе МР эластомера

Исследуемая в данной работе платформа виброизоляции на демпферах на основе МР эластомеров значительно проще и дешевле в изготовлении и обслуживании всех вышеперечисленных, содержит меньшее количество сложных механических и электрических элементов [3,6].

Назначением платформы является уменьшение колебаний, вызванных внешними возмущениями и поступающих из окружающей среды. Это устройство способно работать во всех трех режимах виброизоляции, активном, полуактивном и пассивном.

Виброизоляция обеспечивается совокупностью четырех демпфирующих элементов (МР демпферов), расположенных симметрично относительно центра платформы. Создание магнитного поля в устройстве происходит за счет управляющих катушек индуктивности.

Основными элементами МР демпфера (рис. 1) являются: цилиндрический магнитопроводящий корпус, катушка индуктивности с магнитопроводящим сердечником и мембрана из магнитореологического эластомера в который встроен подвижный фланец.

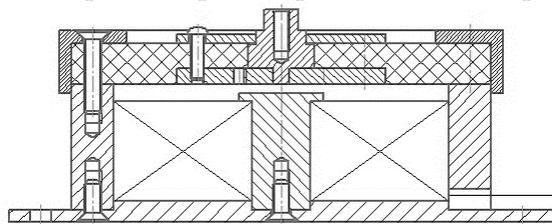


Рис. 1. Схема демпфирующего элемента [7]

МР эластомер способен изменять свои упругие и вязкостные свойства под действием магнитного поля. Эластомер является сплошным упругим материалом, состоящим из металлических магнитомягких частиц размером от 1 до 10 мкм, расположенных в силиконовой матрице. Под воздействием магнитного поля частицы могут перемещаться и выстраиваться в направлении магнитного поля, меняя свойства полимера. МР эластомер позволяет гасить колебания как пассивно, за счет демпфирующих свойств силиконовой матрицы, так и активно – за счет изменения упругих свойств эластомера и его перемещения вдоль вертикальной оси демпфера. На основании платформы закрепляется МР демпфера с одним мембранным эластомером и одной управляющей катушкой индуктивности в каждом элементе соответственно, каждый из

демпфирующих элементов может управляться независимо электрическим током, передаваемым на катушку индуктивности.

В зависимости от состава и свойств мембраны из МР эластомера его реакция на приложенное внешнее магнитное поле может быть разной. Таким образом, изменение реологических свойств МР эластомеров и характеристики устройства виброизоляции определяются не только магнитным полем, но и свойствами рабочего тела.

Таким образом, было определено амплитудно-частотные характеристики демпфера на основе МР эластомера в зависимости от управляющего тока на катушке индуктивности.

Исследование амплитудно-частотных характеристик демпфера на основе МР эластомеров

Измерения проводились на однокоординатном электродинамическом стенде для вибрационных испытаний SignlForce V400LT (Data Physics, Великобритания). Демпфер устанавливался и жестко закреплялся на рабочем столе стенда при помощи штифтов и болтов. Контроль виброускорений основания и подвижного фланца производился при помощи аналоговых акселерометров (рис. 2). В ходе экспериментов САУ стенда поддерживало постоянную амплитуду виброперемещений 125 мкм.

Результаты эксперимента представляют собой набор значений ускорений основания демпфера и подвижного фланца от частот внешних вибрация, создаваемых вибрационным стендом.

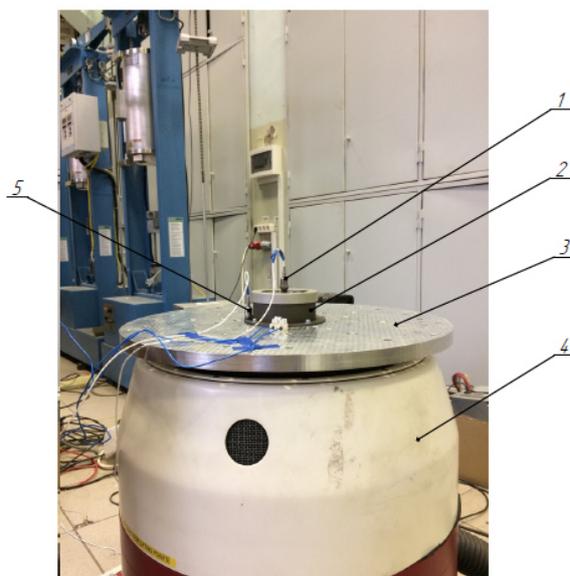


Рис. 2. Экспериментальный стенд: 1 – акселерометр, 2 – МР демпфер, 3 – стол стенда, 4 – вибрационный стенд, 5 – акселерометр

По результатам экспериментов построен график зависимости коэффициента передачи амплитуды виброперемещений от частоты внешних колебаний при разных управляющих токах на катушке индуктивности демпфера (рис. 3)

Согласно представленному графику максимальное значение коэффициента передачи амплитуды виброперемещений, резонанс системы, достигается при частоте 50 Гц и составляет 3,2 при отсутствии управляющего сигнала на катушке индуктивности. При повышении управляющего тока происходит уменьшение пикового значения коэффициента до 2,7 и смещение частоты резонанса системы на 45 Гц. Таким образом, амплитудно-частотной характеристикой МР демпфера можно управлять за счет варьирования внешнего магнитного поля, действующего на МР эластомер демпфера.

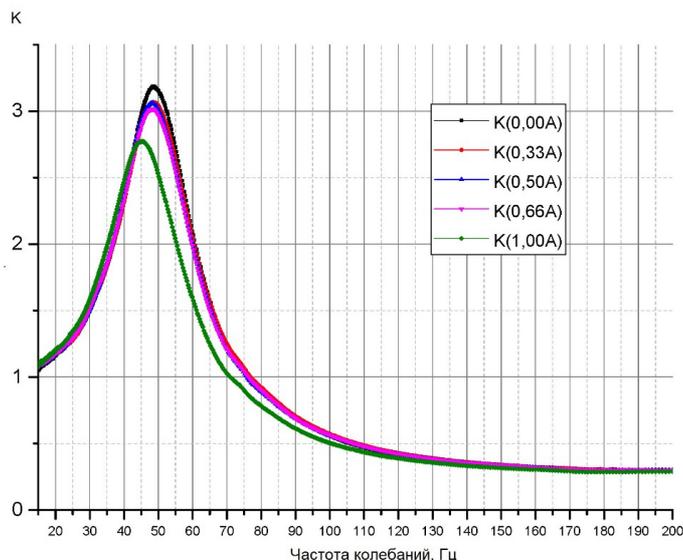


Рис. 3. График зависимости коэффициента передачи амплитуды виброперемещений MR демфера от частоты внешних колебаний

Выводы

Демпфер на основе MR эластомера способен обеспечивать пассивную, полуактивную и активную виброизоляцию объекта за счет управления свойствами эластомера при помощи внешнего магнитного поля.

При отсутствии внешнего магнитного поля MR демпфер имеет резонанс на частоте 50 Гц, при этом коэффициент передачи амплитуды виброперемещений составляет 3,2.

При повышении управляющего тока происходит уменьшение пикового резонансного значения коэффициента передачи амплитуды виброперемещений и смещение его в область более низких частот.

Заключение

В результате проведенных экспериментов были получены амплитудно-частотные характеристики MR демпфера в полуактивном режиме виброизоляции в зависимости от управляющего тока на управляющей катушке индуктивности.

Литература

1. Mikhailov V., Borin D., Bazinenkov A., Akimov I. Positioning magnetorheological actuator // Journal of Physics: Conference Series. 2009. V.149, № 1. URL <http://iopscience.iop.org/1742-6596/149/1/012075>.
2. Михайлов В.П., Базиненков А.М., Акимов И.Ю. Системы активной виброизоляции реологического типа // Высокие технологии в промышленности России. Материалы XIII Международной научно-технической конференции. Москва, 2007. с. 150-158.
3. Исследование свойств и новое применение магнитных силиконовых композитов / А. И. Горбунов, В. П. Михайлов, Г. В. Степанов и др. // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. 2008. № 1 (70). с. 90–107.
4. Системы точного позиционирования и активной виброизоляции для нанотехнологического оборудования / В. П. Михайлов, А. М. Базиненков, И. К. Зобов и др. // Наноинженерия. 2011. № 3. с. 47–57.
5. Магнитореологические устройства активной виброизоляции и позиционирования для прецизионного вакуумного оборудования / В. П. Михайлов., А. М. Базиненков, И. К. Зобов и др. // Вакуумная техника и технология. 2011. Т. 21. № 3. С. 165–169.
6. V. P. Mikhailov, A. M. Bazinenkov. A Vibration-Control Platform on the Basis of Magnetorheological Elastomers. Instruments and Experimental Techniques, 2016, Vol. 59, No. 1, pp. 131–135.