

УДК 62-56

## **ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ АКТИВНОЙ ВИБРОЗАЩИТЫ**

Немцева М.А., магистрант гр. ЭХПм-1-20, II курс  
Научный руководитель: Сидоров А.Е., к.т.н., доцент  
Казанский государственный энергетический университет  
г. Казань

В целом, существует два различных типа практического применения: критические по вибрации или критические по времени установления. Это не одно и то же, и у каждого есть разные решения. Некоторые применения могут совмещать в себе оба типа, но поскольку их решения не являются взаимоисключающими, справедливо рассматривать оба типа независимо.

Критические по вибрации. Практические применения, критичные к вибрации, на самом деле находятся в меньшинстве. Это означает, что число применений, которым требуется лучшая виброизоляция, чем может обеспечить пассивная система, довольно мало. Пассивные системы виброизоляции чрезвычайно эффективны для подавления вибраций на частотах выше нескольких Гц. Есть только два типа применений, в которых эффективность виброизоляции пассивного изолятора является проблемой [2].

Во-первых, возможно, что уровень вибрации грунта настолько высок, что прибор, работающий в большинстве сред, становится чувствительным к шуму грунта. Обычно это происходит только в зданиях с очень слабыми полами или в высоких зданиях, где раскачивание здания становится проблемой. Это необычная ситуация, поскольку большинство оборудования (например, машины для проверки полупроводников) обычно поставляются с «нижними техническими характеристиками».

Второй тип практического применения – это применение систем с очень высокой степенью внутренней чувствительности. Яркими примерами являются атомно-силовые и сканирующие туннельные микроскопы. Они имеют разрешение атомного масштаба и чувствительны к малейшим вибрациям полезной нагрузки.

В обеих ситуациях изоляционные характеристики пассивных креплений (например, резиновых) обычно достаточны, за исключением диапазона частот примерно от 0,7 Гц до 3 Гц, где пассивное крепление усиливает движение грунта. Это удобное совпадение, поскольку активные системы (типа схемы инерционной обратной связи) хорошо устраняют это резонансное усиление. Но важно избегать активной системы подавления вибраций, если только нет применения, в котором есть проблема с виброизоляцией, которую нельзя решить с помощью пассивных изоляторов. Большая часть

полупроводникового оборудования сегодня имеет другую проблему: время установления [1].

Критическое время установления. Применения, критически важные по времени установления, – это те, в которых характеристики виброизоляции пассивного пневматического изолятора полностью адекватны, но время установления изолятора недостаточно. Легко определить, является ли система такой. Если он работает нормально после того, как позволяется полезной нагрузке установиться из-за возмущения (движение платформы), то есть только проблема времени установления. Однако важно понять, что подразумевается под «временем установления».

Время урегулирования или установления. Термин «время установления» является одним из наиболее часто используемых терминов в отрасли, главным образом из-за отсутствия общепринятого определения. Физик может определить время установления как время, за которое энергия в системе упадет на  $1/e$ . Это хорошее, независимое от модели определение. К сожалению, это не то, что кто-либо имеет в виду, когда использует этот термин. Наиболее распространенным определением является «время, в течение которого система перестает двигаться». Это наихудшее из всех определений, поскольку оно нефизично, зависит от модели и полезной нагрузки. Тем не менее, его можно использовать с некоторыми оговорками [4].

Теоретически движение возмущенного гармонического осциллятора затухает экспоненциально, что бесконечно долго. В контексте виброизолятора можно было бы думать о времени, когда система “перестает двигаться”, как о времени, необходимом для достижения постоянного значения среднеквадратичного движения системы, когда в движении системы доминирует передача вибрации грунта. Это не то, что люди подразумевают под временем установления, и это не зависит от модели, поскольку «время остановки движения» зависит от величины начального возмущения и уровня грунтового шума. На самом деле не существует определения «времени установления» как единой спецификации, которую можно использовать для определения производительности системы в этом контексте – пассивного или иного.

Время установления – это время, необходимое для того, чтобы полезная нагрузка, подвергнутая известному входному сигналу, уменьшилась ниже критического уровня ускорения. Это точное определение, для которого требуются три числа: Известный ввод – это начальное ускорение полезной нагрузки сразу после прекращения возмущения (движения платформы). Критический уровень ускорения – это максимальный уровень ускорения, который полезная нагрузка может выдержать и при этом успешно выполнять свою функцию. Время установления – это время, необходимое после возмущения для того, чтобы движение полезной нагрузки затухало ниже критического уровня ускорения. Не смещение полезной нагрузки искажает процесс, а ускорение.

В применениях, критичных к вибрации, недостаточно просто спросить: «Работает ли система?» Если система не работает с пассивными системами или производительность неадекватна, то необходимо определить источник проблемы.

Применения, критичные ко времени установки, более просты. Чтобы определить, нужна ли активная система (которая предполагается только с прямой связью), нужно выполнить три шага:

1. Определить критический уровень ускорения для процесса;
2. Оценить начальный уровень ускорения полезной нагрузки, умножив ускорение платформы на отношение массы платформы к общей изолированной массе полезной нагрузки;
3. Сравнение значений шагов 1 и 2. Если критический уровень ускорения выше начальной реакции полезной нагрузки, то подойдет любая пассивная система. Если оно ниже, то необходимо сравнить отношение начального и критического уровней ускорения и использовать уравнение 1, чтобы определить, может ли система достаточно быстро стабилизироваться. Если допустимое время установления недостаточно для получения необходимого затухания, возможно, стоит попробовать систему с более высоким пассивным демпфированием. Если такая система не будет работать, то следует применять активную виброзащиту [3].

#### **Список литературы:**

1. Аверьянов Г.С. Основы теории автоматического управления: учеб. пособие / А.Б. Яковлев, Г.С. Аверьянов. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2017. – 108 с.
2. Елисеев А.В., Сельвинский В.В., Елисеев С.В. Динамика вибрационных взаимодействий элементов технологических систем с учетом неудерживающих связей // Новосибирск: Наука. 2015. 332 с.
3. Куцубина Н.В. Теория виброзащиты и акустической динамики машин: учебное пособие / Н.В. Куцубина, А.А. Санников – Екатеринбург: Уральск. гос. лесотехн. ун-т, 2014. - 167 с.
4. Муромцев Ю.Л. Основы автоматики и системы автоматического управления: учебное пособие / Ю.Л. Муромцев, Д.Ю. Муромцев. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – Ч. 1. – 96 с.