

СПОСОБ РЕАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В СТЕНДОВЫХ ОПОРНЫХ СИСТЕМАХ

Самсонов В.Н.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

Основной проблемой при создании активной пневматической опорной системы динамического стенда, служащей для стабилизации положения испытуемого объекта, является разработка исполнительных элементов, которые обеспечивают заданное программное регулирование жесткости газового объема. Актуальным также является вопрос выбора способа задания движения рабочего органа исполнительного элемента при действии низкочастотных колебаний (0,5-20 Гц) малой амплитуды (0,01-0,20 мм). Анализ различных конструктивных схем исполнительных элементов пневматических систем позволяет выделить электродинамическое устройство как отвечающее в наибольшей степени требованиям по чувствительности к управляющим воздействиям [1].

Использование электродинамического устройства в пневмоопорах требует исследования возможности регулирования движения его исполнительного органа в зависимости и в соответствии с уровнем и частотой возбуждающей нагрузки.

В активных пневматических подвесках можно выделить следующие способы регулирования динамических процессов [1,2]:

- компенсация перемещений подвижной части опоры противоположным по знаку изменением давления в рабочей камере;
- изменение параметров переходного процесса в опорной системе путем мгновенного изменения жесткости газового объема (деформация фазового портрета);
- изменение жесткостной характеристики опоры на основании прогнозирования динамического состояния системы.

Алгоритм управления в активной системе с использованием второго способа регулирования характеристик пневмоопоры описан в работе [1]. Основным его достоинством является оптимальное по быстродействию и числу переключений регулирование. Однако такой способ может быть эффективно реализован при наличии электромагнитного регулятора и дополнительных источников энергии.

При переходе на использование в активной системе устройства

Электродинамического типа (анализ возможности его использования проеден в работе [3]) оказалась целесообразной реализация двух первых пособов регулирования жесткости.

Учитывая, что в электродинамическом устройстве (ЭДУ) минимально возможная реализуемая частота колебаний исполнительного органа составляет более 5-8 Гц, возникает необходимость формирования в активной цепи динамического сигнала с частотой ниже 1-5 Гц. Одним из путей реализации в ЭДУ низкочастотных колебаний является модулирование колебаний, в частности, изменение во времени амплитуды

$$x = x_a(t) \cos(\omega t + \varphi).$$

В случае синусоидально-модулированных колебаний

$$x_a = x_0(1 + m \cos \omega_m t),$$

где ω_m , ω - частота модуляции и несущая частота; m - коэффициент глубины модуляции.

Размах модулированных колебаний (рис.1) изменяется от $(x_0 - mx_0)$ до $(x_0 + mx_0)$

с периодом $T_m = 2\pi / \omega_m$.

Период колебаний T_m значительно больше $2\pi / \omega$ колебаний с несущей частотой, поэтому в конструкции ЭДУ возможно использование модулированного сигнала в качестве исполнительного, регулирующего жесткость воздушного объема пневмоопоры. Это может быть обеспечено при выполнении нескольких условий. Во-первых, необходимо устранение несущей частоты на динамические процессы в пневмоопорах. Во-вторых, требуется обеспечить изменение коэффициента глубины модуляции в широком диапазоне. В конструкции ЭДУ величина этого коэффициента должна регулировать максимальные перемещения исполнительного органа и, следовательно, объем и давление в основной рабочей камере. В-третьих, должно быть обеспечено изменение частоты модулирующего сигнала по закону, формируемому в активной цепи управления.

Устранение влияния несущей частоты на динамику пневмоопоры достигается за счет подключения к рабочей камере дополнительных демпферных объемов, а также за счет использования дросселирующих элементов с большим (регулируемым) гидродинамическим сопротивлением. Эти дроссели выравнивают статическое давление в нескольких объемах и уменьшают влияние высокочастотной составляющей давления на динамическую жесткость газового объема рабочей камеры.

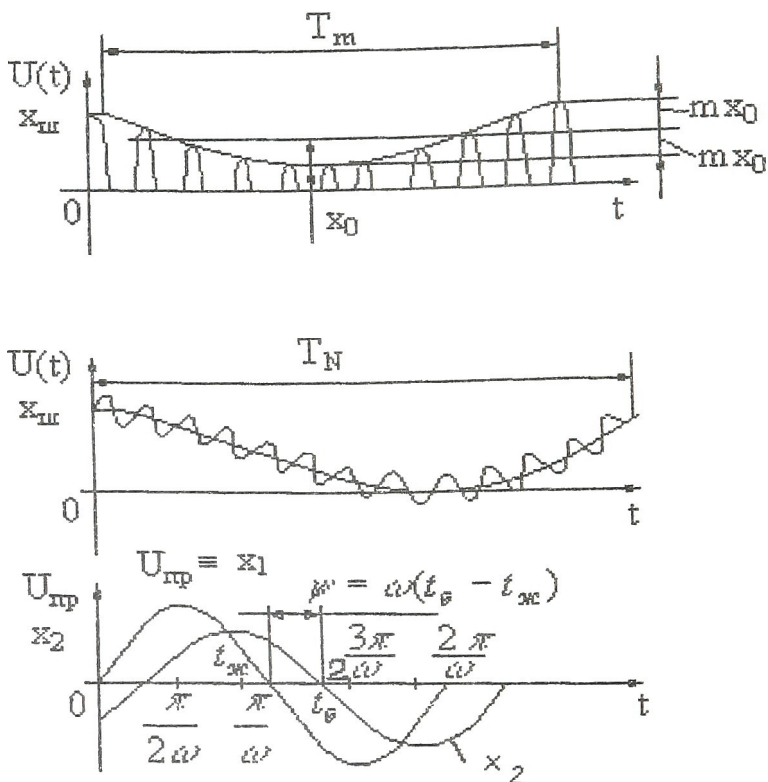


Рисунок 1 - Способ реализации амплитудной модуляции и принцип регулирования в ЭДУ

Функциональная схема привода ЭДУ, работающего в режиме стабилизации, показана на рис.2. Чувствительным элементом системы является датчик, регистрирующий виброускорение подвижного основания опоры. Система стабилизации действует по принципу компенсации отклонения массы от исходного (нулевого) уровня, определенного при отсутствии внешних возмущений.

В режиме стабилизации отклонений подвижной массы разработанное ЭДУ работает следующим образом.

При воздействии внешней низкочастотной нагрузки датчик регистрирует возникающие при отклонении основания ускорения.

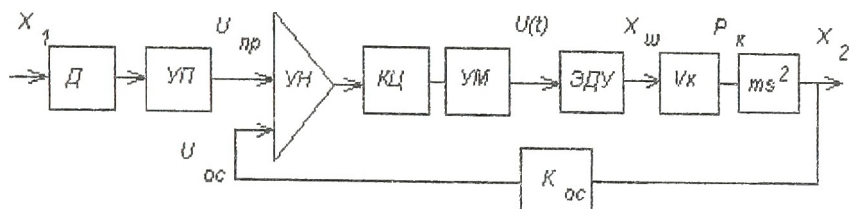


Рисунок 2 - Функциональная схема привода ЭДУ, работающего в режиме стабилизации

Двойное интегрирование сигнала осуществляется в блоке интегрирования, на выходе которого получается напряжение, пропорциональное перемещению основания. Это напряжение подается на усилительно-преобразовательные каскады системы управления, назначение которых состоит как в преобразовании сигнала (блок УН) и усилении по мощности (УМ), так и в формировании заданного закона управления перемещением исполнительного органа ЭДУ, которое достигается за счет введения корректирующих цепей (КЦ). С выхода усилителя мощности напряжение подается на управляющую катушку ЭДУ. Под действием переменного напряжения в катушке возникает ток, который, взаимодействуя с магнитным потоком возбуждения, создает относительно оси ЭДУ силу, передаваемую через шток на исполнительный орган, например, на эластичную мембрану. Прогиб мембраны обеспечивает изменение объема и давления в рабочей камере. Через датчик обратной связи и усилитель-преобразователь напряжение, пропорциональное смещению основания, подается на вход усилительного каскада, где оно сравнивается с напряжением, снимаемым с основного датчика.

В случае согласованного положения (отсутствия возмущения)

$$U_{np} - U_{oc} = \Delta U = 0$$

перемещение штока ЭДУ отсутствует. Этот режим назовем начальным состоянием.

Будем считать, что в режиме стабилизации подвижной массы характерным состоянием системы является обработка ЭДУ синусоидального входного воздействия. При низких частотах и при малых амплитудах $X_1(t)$ выходная координата $X_2(t)$ будет практически повторять входную. С ростом частоты входного сигнала проявляется инерционность звеньев

системы, следовательно будет возрастать фазовый сдвиг между $X_1(t)$ и $X_2(t)$ и, как следствие, будет расти ошибка регулирования, которая определяется выражением $\Psi = \omega(t_{\sigma} - t_{\text{эс}})$, где t_{σ} , $t_{\text{эс}}$ - соответственно моменты прохождения через ось времени координат истинного и требуемого положения основания опоры. Необходимо обеспечить такой выбор параметров опорной системы, когда бы в пределах рабочего диапазона частот электродинамическое исполнительное устройство вносило бы минимальные амплитудные и фазовые искажения. Это возможно за счет изменения настроечных параметров дросселирующих элементов опор. Их гидродинамическое сопротивление можно регулировать выбором диаметров проходного сечения от 0,1 до 1,0 мм.

Конструкция ЭДУ, в которой использован описанного способа регулирования жесткости может устанавливаться внутри замкнутых пневмобаллонов. При этом внутренний объем ЭДУ должен быть соединен с объемом рабочей камеры через дросселирующий элемент диаметром до 0,3 мм для выравнивания статического давления. Мембрана или другой упругий элемент ЭДУ обеспечивает формирование управляющих импульсов в рабочей камере подвески.

При доработке ЭДУ необходимо преодолеть ряд практических затруднений, например, создание достаточной индукции в зазоре магнита, уменьшение полей рассеяния, увеличение коэффициента использования мощности, подвод питания к подвижной катушке, защита наводок на объект испытаний. В целом конструкция ЭДУ обеспечивает эффективное управление характеристиками подвески.

Список литературы

1. Самсонов В.Н. Исследование и создание исполнительного элемента активной виброзащитной системы. Деп. в ВИНТИ № 990-В97 от 27.03.97.-15 с.
2. Шмаков В.Т. Пневматические активные средства виброизоляции для прецизионных станков. // Машиностроение. УПИ, Ульяновск, 1975 г., т. 9, вып. 1.
3. Генкин М.Д., Русаков А.М., Яблонский В.В. Электродинамические вибраторы.-М.: Машиностроение, 1975.-98 с.