

Математическая модель системы активного поддрессоривания колесного транспортного средства

Маслов В. Е.
wado93@mail.ru

Научный руководитель: аспирант Пякилля Б.И., ассистент кафедры ИКСУ, ИК, НИ ТПУ

Движение колесных транспортных средств обычно сопровождается вибрациями и трясками, представляющими собой периодические колебания некоторой частоты и амплитуды. Данные возмущения оказывают отрицательное влияние на работу транспортного средства и на находящихся в нем пассажиров. Для уменьшения влияния этих колебаний и для обеспечения комфортности передвижения, разрабатываются различные системы стабилизации, обеспечивающие контроль вертикального положения кузова автомобиля, уменьшающие амплитуду и частоту колебаний. Такие системы обеспечивают равномерное распределение динамических нагрузок на опорные элементы и узлы транспортного средства при движении, что увеличивает их срок службы. Все существующие системы поддрессоривания автомобиля можно поделить на два типа: пассивные и активные.

Пассивные системы поддрессоривания обычно состоят из демпфирующих и/или упругих элементов, параметры которых (упругость и демпфируемость) не изменяются. Наиболее распространенные упругие элементы - это пружины, гидроцилиндры, пневмоцилиндры и листовые рессоры (обычно устанавливаются на грузовые автомобили). Наиболее распространенный демпфируемый элемент – цилиндр с поршнем, в котором есть специальные отверстия, через которые протекает жидкость или газ при перемещении поршня, создавая при этом вязкое трение. В наиболее продвинутых пассивных системах поддрессоривания используется совокупность демпфируемого элемента (поршень) и упругого (пружина). Такая система обеспечивает довольно хорошую степень стабилизации вертикального положения платформы транспортного средства при относительной простоте. Однако, т.к. параметры пассивных элементов не меняются, то существует вероятность того, что система стабилизации при движении транспортного средства по неровной поверхности попадет в резонанс и произойдет ее разрушение или ускоренный износ.

Сущность активных систем поддрессоривания заключается в том, что происходит изменение характеристик упругого и/или демпфируемого элемента в зависимости от изменения внешних воздействий.

При регулировании способности демпфирования амортизатора реализуется два подхода: использование электромагнитных клапанов в амортизаторной стойке и применение специальной магнитно-реологической жидкости для наполнения амортизатора. Вид активной подвески, в конструкции которой используются амортизаторы с регулируемой степенью демпфирования, имеет собственное устоявшееся название – адаптивная подвеска. Яркими примерами существующих адаптивных подвесок являются:

- Adaptive Chassis Control, DCC (Volkswagen);
- Adaptive Damping System, ADS (Mercedes-Benz);
- Adaptive Variable Suspension, AVS (Toyota);
- Continuous Damping Control, CDS (Opel);
- Electronic Damper Control, EDC (BMW) [1].

Изменение характеристики упругого элемента можно осуществить путем увеличения жесткости рабочей пружины, которая меняется с помощью гидропривода, нагнетающего масло в амортизаторную стойку под высоким давлением (данный метод используется в подвеске Active Body Control, ABC от Mercedes-Benz).

Существующие системы стабилизации вертикального положения подвески транспортных средств уже достигли хороших результатов. Отличными примерами являются: Airmatic Dual Control и Active Body Control от Mercedes-Benz, Adaptive Chassis Control от Volkswagen, Continuous Damping Control от Opel и т.д. [1]. На текущий момент на главный план выходит минимизация амплитуд возникающих колебаний и их частота.

Главная задача при проектировании системы стабилизации заключается в синтезе регулятора, позволяющего контролировать вертикальное положение кузова, т.е. напрямую обеспечивать комфорт пассажиров транспортного средства и устранять влияние периодических колебаний, наличие которых обусловлено профилем местности. Для синтеза регулятора системы стабилизации необходимо иметь математическое описание объекта управления. В данном случае, таким объектом управления является кузов автомобиля, изменение положения которого следует измерять с помощью системы датчиков и передавать полученную информацию в систему управления.

В соответствии с поставленной задачей синтеза регулятора можно выделить следующие этапы:

Анализ существующих систем активного поддрессирования.

Разработка математической модели в виде операторно-структурной схемы для описания объекта управления.

Анализ построенной модели.

Определение диапазонов изменения параметров упругого элемента.

Синтез регулятора.

Проведение компьютерных экспериментов (моделирование синтезированной системы стабилизации).

Анализ результатов моделирования.

На рисунке 1 показана упрощенная схема системы активного поддрессирования для одного колеса транспортного средства [2].

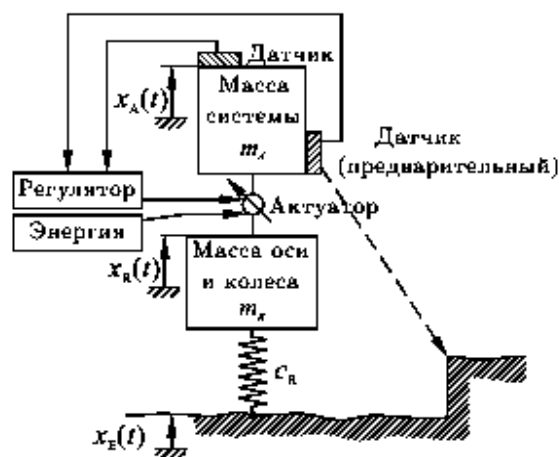


Рисунок 5. Схема системы активного поддрессирования для одного колеса транспортного средства

Синтез регулятора будет проводиться с помощью математического пакета MATLAB, поэтому необходимо создать математическую модель системы в виде операторно-структурной схемы. Создание модели начнем с моделирования объекта управления с последующим введением в модель обратной связи и регулятора. На рисунке 2 приведена кинематическая схема пассивной системы поддрессирования.

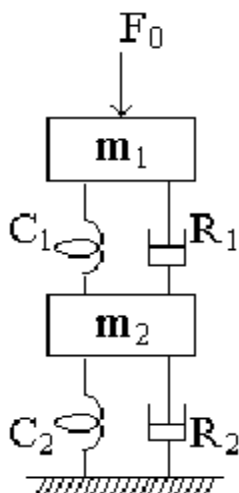


Рисунок 6. Кинематическая схема пассивной системы поддрессирования

В вышеприведенной схеме учитываются массы оси и колеса (m_2), масса кузова при учете равномерного распределения масс на колеса (m_1), жесткость пружины амортизатора и колеса (C_1 и C_2), демпфируемость поршня в системе амортизации (R_1) и демпфируемость колеса (R_2).

Переход от кинематической схемы к операторно-структурной схеме произведем с использованием методов графов связи [3].

Граф связи для исследуемой системы с расставленными причинными отношениями и направлениями потоков и усилий показан на рисунке 3.

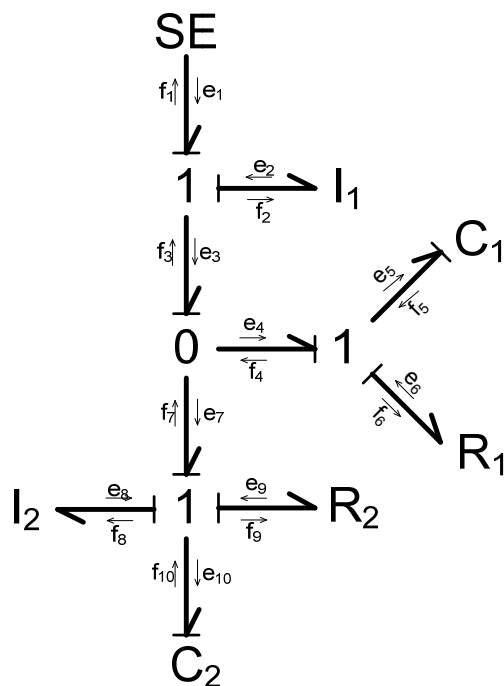


Рисунок 7. Граф связи моделируемой системы

В вышеуказанном графе приняты следующие обозначения: f_i – поток i -ой связи. e_i – усилие i -ой связи. SE – источник усилия. I_j – инерционность j -того элемента системы. R_j – демпфируемость j -того элемента системы. C_j – упругость j -того элемента системы.

По графу связи, приведенному на рисунке 3, очень просто построить операторно-структурную схему. Она показана на рисунке 4.

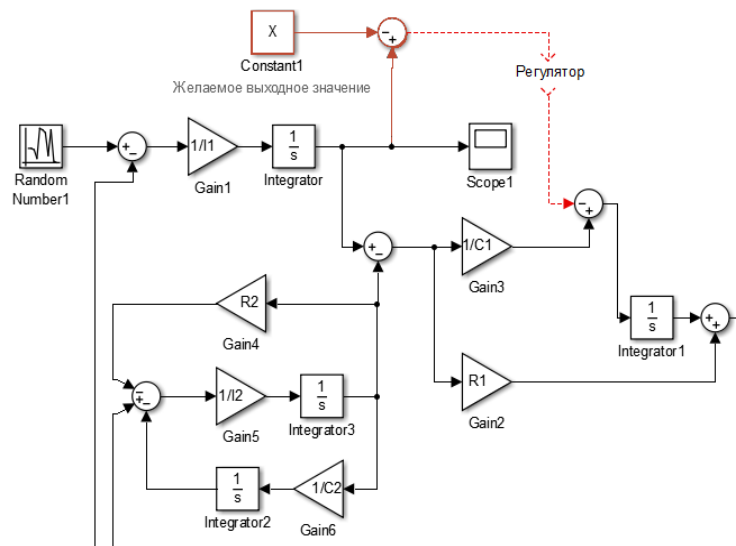


Рисунок 8. Математическая модель системы активного поддрессирования в виде операторно-структурной схемы

На рисунке 4 красными линиями выделена цепь обратной связи и синтезируемый регулятор. Работу математической модели проектируемой системы стабилизации

можно описать следующим образом. На вход модели подается сигнал, произвольно меняющий свое значение с течением времени в пределах фиксированной величины, эквивалентный неровностям дороги. Данный сигнал проходит через подсистемы колеса и регулируемого амортизатора, после чего попадает на выход и в цепь обратной связи, где сравнивается с требуемым значением уровня кузова автомобиля относительно поверхности дороги. Выходное значение всей системы соответствует текущей высоте кузова транспортного средства относительно поверхности дороги. Регулятор в цепи обратной связи, в зависимости от полученного сигнала, выдает управляющие команды на гидропривод, который будет изменять характеристики упругого звена в подсистеме амортизатора, тем самым обеспечивая системе управляемость.

Таким образом, в результате данной работы был проведен анализ существующих систем подрессоривания, было получено математическое описание системы стабилизации вертикального положения колесного транспортного средства, для которой в дальнейшем будет синтезироваться регулятор. Данный регулятор позволит системе автоматически менять характеристики упругого звена в зависимости от внешних воздействий, что приведет к увеличению управляемости транспортного средства и улучшению комфортности передвижения для пассажиров.

Список литературы:

1. Информационный портал Systemsauto.ru [Электронный ресурс] Режим доступа: http://systemsauto.ru/pendant/active_suspension.html. Свободный.
2. Хайманн Б., Герт В., под редакцией Репецкого О.В. Мехатроника. – Ганновер, 2008 г., 445 с.
3. Воронин А.В. Моделирование мехатронных систем: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томский политехнического университета, 2008 г., 137 с.

Система "Умный дом"

Д.Ю. Найбауэр, М.Е. Волшин
nephelim1994@gmail.com, megamax42rus@gmail.com

Научный руководитель: Тутов И.А., ассистент кафедры ИКСУ ИК ТПУ

В настоящее время человечество развивается бурными темпами. Темп жизни людей растёт, требуя всё больше и больше времени. И порой простые, казалось бы, безобидные, домашние заботы отнимают львиную долю суточного времени.

Например, после напряжённой рабочей недели вы решили приготовить какое-нибудь вкусное блюдо, но совсем забыли, что у вас закончилось молоко. Вот вы пришли домой не со всеми ингредиентами, и приходится обратно идти в магазин.

Или другой пример, уходя на работу, вы забыли закрыть шторы, а окно находится на солнечной стороне. В результате вечером мы приходим в душную квартиру и открываем форточку. А ведь если её забыть закрыть, то за ночь можно и простудиться.

Постановка задачи