

УДК 629.1.032

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ УЗЛОВ ПОДВЕСКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В.В. Дущенко, профессор, д.т.н., Н.И. Кумосин, бакалавр, НТУ «ХПИ»

Аннотация. На основе результатов вещественно-полевого анализа узлов подвески транспортных средств проведена классификация технических решений систем управления их характеристиками с использованием электромагнитного поля.

Ключевые слова: транспортные средства, подвеска, веполь, демпфирующее устройство, электромагнитное поле, система управления, энергоёмкость.

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ВУЗЛІВ ПІДВІСКИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

В.В. Дущенко, професор, д.т.н., М.І. Кумосін, бакалавр, НТУ «ХПІ»

Анотація. На основі результатів речовинно-польового аналізу вузлів підвіски транспортних засобів проведено класифікацію технічних рішень систем керування їх характеристиками з використанням електромагнітного поля.

Ключові слова: транспортні засоби, підвіска, веполь, демпфіруючий пристрій, електромагнітне поле, система керування, енергоємність.

USE OF AN ELECTROMAGNETIC FIELD FOR CONTROLING OF VEHICLES SUSPENDER PERFORMANCES

V. Dushchenko, Professor, Doctor of Technical Science,
N. Kumosin, bachelor, NTU «KhPI»

Abstract. On the basis of results of the substance-field analysis of knots suspender of vehicles classification of designs of control systems by their characteristics with the use of an electromagnetic field is done.

Key words: vehicles, suspender, vepol, the damping device, an electromagnetic field, a control system, power consumption.

Введение

Развитие подвесок транспортных средств (ТС) идет в нескольких перспективных направлениях, одним из которых является применение систем управления их характеристиками. Однако управление с помощью известных технических решений пока не получило широкого распространения вследствие сложности конструкций, их высокой стоимости, недостаточной надежности и большого энергопотребления. Решить данные проблемы можно путем перехода от используемых механических полей к электромагнитным полям.

Анализ публикаций

В работах [1, 2] был проведен функционально-физический анализ и построены конструктивная и потоковая функциональные структуры систем подрессоривания гусеничных и колесных машин. В работах [3, 4] проведен вещественно-полевой анализ демпфирующих устройств (ДУ) и упругих элементов (УЭ) подвески военных гусеничных и колесных машин, определены тенденции развития используемых групп физических эффектов, которые позволят разрешить выявленные противоречия развития и получить новые

эффективные физические принципы действия и реализующие их технические решения.

Цель и постановка задачи

Провести классификацию технических решений систем управления характеристиками узлов подвески ТС, в которых используется электромагнитное поле, сформулировать их достоинства и недостатки и определить перспективные направления развития.

Анализ систем управления, использующих электромагнитное поле

В соответствии с теорией решения изобретательских задач, на 4-м этапе развития гипервеполей, с целью повышения эффективности технической системы, необходимо перейти от используемых полей к более управляемым их видам [5]. Направления повышения управляемости известных полей представлены на рис.1.

В свою очередь, данные поля также разбиваются на подвиды, в направлении повышения управляемости. Например, для механического поля это: трение, давление, перемещение, удар и колебания.

В результате проведенного в работах [3, 4] вещественно-полевого анализа ДУ и УЭ подвески ТС, в частности, были сделаны следующие выводы:

- потенциал развития механического поля как «основного» поля, используемого в ДУ и УЭ, в направлении увеличения его управляемости, на данный момент можно считать исчерпанным;
- использование в ДУ и УЭ веществ, «отзывчивых» к механическому полю (пьезоматериалов, тензоэлементов, сегнетоэлектриков), представляется затруднительным ввиду их невысокой энергоемкости;
- дальнейшее развитие построенных моделей-веполей ДУ и УЭ, которые были классифицированы как сложные смешанные веполь-

ли, возможно по ветвям «комплексный веполь» и «форсированный веполь».

I. Рассмотрим ветвь развития «комплексный веполь». Простейший веполь технической системы представляет собой модель, состоящую из двух узлов – веществ и поля, с помощью которого они взаимодействуют друг с другом. Преобразование структуры веполя в «комплексный веполь» подразумевает введение в «основное» вещество «дополнительного» вещества, управляя которым можно повысить управляемость технической системы, придать ей новые свойства и, тем самым, повысить ее эффективность. «Комплексный веполь» может быть внутренним, внешним и с использованием внешней среды. Как правило, поле, управляющее «дополнительным» веществом, должно быть более высокого порядка, чем поле, действующее на «основное» вещество. После механического поля, широко используемого в узлах подвески ТС, таким может быть электромагнитное. Подвиды данного поля имеют следующую тенденцию увеличения управляемости: от теплового поля к магнитному, электрическому и далее к оптическому. К магнитным полям чувствительны ферро- и антиферромагнитные вещества, магниторезисторы, сегнетоэлектрики. К электрическим полям чувствительны проводники, пьезоматериалы, жидкие кристаллы, электреты.

1) В случае внутреннего комплексного веполя «дополнительное» вещество вводится внутрь «основного» вещества. Развитие ДУ в этом направлении привело к созданию магнитореологических гидроамортизаторов (ГА), исследованию которых посвящено большое количество работ и запатентовано достаточное число технических решений. В частности, компанией General Motors, совместно с корпорацией Delphi была разработана система MRC (Magnetic Ride Control – магнитный контроль перемещения) [6]. Суть данных ГА состоит в том, что в рабочую жидкость вводятся вещества, чувствительные к магнитному полю (ферромагнитные вещества), а также всевозможные присадки,

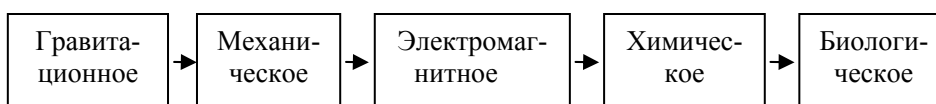


Рис. 1. Направление повышения управляемости полей

обеспечивающие работоспособность устройства. При наложении на дросселирующий узел ГА магнитного поля вязкость находящейся в нем рабочей жидкости (ее называют магнитореологической) изменяется практически мгновенно (0,01...0,001с), тем самым обеспечивается простое и надежное управление характеристиками ДУ с требуемым быстродействием. Благодаря отсутствию исполнительных электродвигателей, соленоидов и клапанов, энергопотребление такой системы сведено к минимуму. Основным недостатком системы MRC является высокая стоимость магнитореологической жидкости, которая обусловлена дороговизной стабилизаторов, препятствующих стремлению жидкости к расслоению и осаждению, а также интенсивным абразивным износом поршня и цилиндра ГА. Перспективы развития магнитореологических ДУ состоят в поиске недорогой, стабильной и долговечной магнитореологической жидкости, обеспечивающей невысокий износ трущихся поверхностей.

2) В случае внешнего комплексного веполя «дополнительное» вещество присоединяется к «основному» веществу внешним образом, когда вводить его внутрь невозможно или нежелательно. Переход к внешнему комплексному веполю был применен автором при решении задачи реализации управления характеристиками фрикционных амортизаторов. При этом использовался эффект Джонсона-Рабека – изменение коэффициента трения в зависимости от температуры. С этой целью на поверхности трения неподвижных дисков было нанесено полупроводниковое покрытие, реализующее указанный эффект под действием нагрева электрическим током. Данное техническое решение было запатентовано [5].

3) В случае перехода к комплексному веполю на внешней среде, в качестве «дополнительного» используется вещество из внешней среды. Использование данного направления с целью устранения недостатков и повышения эффективности ДУ подвески ТС представляется проблематичным.

Таким образом, развитие по ветви «комплексный веполь» можно классифицировать как использование электромагнитного поля в качестве поля, управляющего в конечном итоге характеристиками «рабочего тела», которое является главным элементом в кон-

структивной функциональной структуре ДУ [1].

II. Рассмотрим ветвь развития «форсированный веполь». В этом случае происходит переход к использованию более управляемых «основных» веществ и полей в простых, комплексных и сложных вепольных структурах. Как указывалось, следующим, более управляемым, после механического поля является электромагнитное поле.

1) Использование более управляемых «основных» веществ. Фирмой ZF была разработана система CDC (Continuous Damping Control – непрерывный контроль демпфирования), в которой используется обычный двухтрубный ГА с газовым подпором [8]. Регулирование усилия на прямом и обратном ходах осуществляется посредством двух электромагнитных клапанов, установленных сбоку, в нижней части ГА и внутри самого поршня. Настройка характеристик подвески происходит непрерывно в режиме реального времени. Также предлагается изменение режимов работы: «Comfort» – мягкое демпфирование, «Intelligent» – средние настройки, «Sport» – жесткие. В результате регулирования значительно уменьшаются клевки при торможении и крены при прохождении поворотов.

В системе DRC (Dynamic Ride Control – динамический контроль хода), посредством трубопроводов с управляемыми электромагнитными клапанами, осуществлена связь между ГА разных подвесок, что позволяет повысить устойчивость и управляемость ТС при маневрировании и прохождении поворотов.

Недостатком данных технических решений является невысокое (0,1–0,15 с) быстродействие изменения демпфирующей характеристики ГА, обусловленное работой электромагнитных клапанов. Перспективы использования данной системы зависят от возможности увеличения скорости срабатывания электромагнитных клапанов.

Другим примером применения более управляемого «основного» вещества является рекуперационный ГА [8]. В Массачусетском Технологическом Институте разработана конструкция ГА, в которой энергия толчков и ударов со стороны неровностей дороги и

колебаний подпрессоренного корпуса преобразуется в электроэнергию, при этом утверждается, что удары демпфируются более эффективно, чем в традиционных ДУ.

В данных ГА жидкость проходит через дроселирующие отверстия, приводя в действие турбину, соединенную с генератором. Для управления работой ГА используется микропроцессорный блок управления, который позволяет оптимизировать режимы демпфирования, обеспечивая плавное движения ТС и генерирование электроэнергии, которая может использоваться для подзарядки батарей или питания электрооборудования. Был проведен ряд испытаний, в результате которых выяснилось, что наибольшая эффективность подобных ДУ обеспечивается при их установке на тяжелых ТС. Так, каждый из шести ГА, установленный на трехосном грузовике, может генерировать, в среднем, до одного киловатта электроэнергии при движении по дороге со стандартным асфальтовым покрытием. Мощности, получаемой от всех ГА, вполне достаточно, чтобы заменить энергию, вырабатываемую обычным генератором.

При испытании рекуперационных ГА на более легких моделях автомобилей энергетические показатели были не столь впечатляющие, но, тем не менее, благодаря вырабатываемой электроэнергии, экономия топлива составила до 10 %, что является неплохим экономическим показателем. В настоящее время интерес к рекуперационным ГА проявили компании-изготовители тяжелых ТС и Министерство Обороны США. Данная разработка защищена двумя патентами, на очереди стоят испытания на модифицированном Хаммере, в результате которых инженеры надеются увеличить КПД устройства.

Таким образом, в рассмотренных устройствах электромагнитное поле используется в качестве поля, управляющего исполнительными устройствами, входящими в состав более управляемого «основного» вещества.

Учитывая большие потери мощности в ДУ тяжелых ТС, особенно актуальным и перспективным представляется использование управляемых исполнительных устройств с функцией рекуперации энергии, затраченной силовой установкой.

2) Рассмотрим использование электромагнитного поля в качестве «основного» поля. Попытки использования в узлах подвески ТС электромагнитного поля в качестве «основного», вместо механического, предпринимались неоднократно. Однако такие недостатки как невысокая энергоемкость (большие затраты энергии) и большой вес узлов не позволяли создать конкурентоспособную конструкцию.

Тем не менее, в последнее время распространилась информация, что такая подвеска создана [6]. Корпорация «BOSE» (известный производитель аудиосистем) разработала и успешно испытала подвеску BSS (Bose Suspension System), где вместо обычных ДУ используются линейные электродвигатели, которые гасят колебания кузова автомобиля, потребляя энергию бортовой сети. Кроме того, на некоторых режимах они работают как генераторы, вырабатывая и запасая энергию в буферной батарее суперконденсаторов, что позволило хотя бы частично решить вопрос высокого энергопотребления.

В результате подвеска потребляет электроэнергии на 30 % меньше, чем климатическая установка. Параллельно с линейными электродвигателями работают торсионы, задача которых не только экономить энергию, но и не позволять машине садиться на днище. К тому же, благодаря наличию электронных систем управления, можно управлять положениями всех колес и практически полностью исключить любые крены и клевки подпрессоренного корпуса ТС при резком торможении, разгоне и маневрировании, а также легко и быстро изменять клиренс машины.

На разработку данной электромагнитной подвески ушло около четверти века и, по мнению ее создателей, в ближайшие годы она сможет вытеснить обычные ДУ. Особенно велики перспективы использования данной подвески на электромобилях и гибридных автомобилях.

Исходя из рассмотренных направлений развития и анализа известных технических решений, можно провести классификацию систем управления характеристиками узлов подвески ТС, использующих электромагнитное поле (рис. 2), которая раскрывает общие тенденции развития и облегчает разработку новых поколений рассматриваемых узлов.

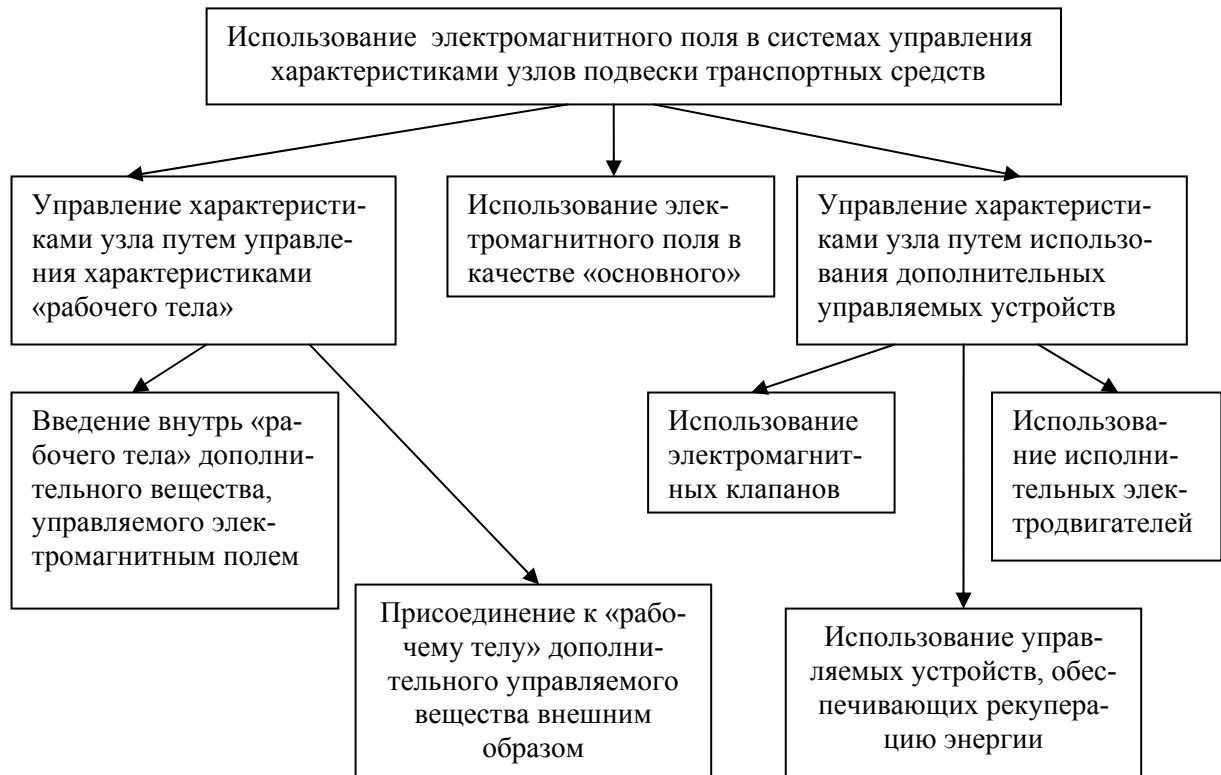


Рис. 2. Классификация систем управления характеристиками подвески ТС, использующих электромагнитное поле

Выводы

В соответствии с результатами вещественно-полевого анализа и возможными направлениями развития узлов подвески транспортных средств проведена классификация систем управления с использованием электромагнитного поля, рассмотрены их достоинства, недостатки и перспективы развития.

Литература

1. Дущенко В.В. Функционально-физический анализ и построение конструктивной функциональной структуры систем поддрессирования гусеничных и колесных машин / В.В. Дущенко // Механіка та машинобудування. – 2005. – №1. – С.140–145.
2. Дущенко В.В. Построение потоковой функциональной структуры систем поддрессирования гусеничных и колесных машин / В.В. Дущенко // Механіка та машинобудування. – 2006. – №1. – С.126–135.
3. Дущенко В.В. Вепольный анализ демфирующих устройств систем поддрессирования

военных гусеничных и колесных машин / В.В. Дущенко // Механіка та машинобудування. – 2008. – №1. – С.130–140.

4. Дущенко В.В. Вепольный анализ упругих элементов систем поддрессирования военных гусеничных и колесных машин / В.В. Дущенко // Механіка та машинобудування. – 2007. – №2. – С. 163–169.
5. Петров В.М. Теория решения изобретательских задач / В.М. Петров, Э.С. Злотина. – Л. : Машиностроение, 1990. – 425 с.
6. www.magnitek.ru
7. Пат. 37887 на корис. мод., Украина, МПК F16F 7/00. Фрикційний амортизатор / Дущенко В.В., Сипливий І.М.; заявник і патентовласник Нац. техн. ун-т «ХП». – № u 200809513; заявл. 21.07.08; опубл. 10.12.08, Бюл. № 23.
8. www.as066.narod.ru

Рецензент: М.А. Подригало, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 3 июня 2011 г.