

- подключать ресурсы двигателя внутреннего сгорания. Токоотдача аккумуляторов не превышает 75% в целях увеличения срока службы накопителей энергии;
- 2) движение на скоростях от 25 до 120 км/ч осуществляется в комбинированном режиме с возможностью отключения электродвигателей. Токоотдача аккумуляторов не превышает 60% в целях увеличения срока службы накопителей энергии;
 - 3) движение на скоростях выше 120 км/ч осуществляется только за счет ресурсов двигателя внутреннего сгорания;
 - 4) режим неэкстренного (служебного) торможения осуществляется за счет перевода асинхронных электромашин в режим рекуперации энергии (при реализации 1/3 хода педали тормоза);
 - 5) внедорожный режим осуществляется путем подключения электродвигателей с выравниваем угловых скоростей на полуосях автомобиля, тем самым создавая эффект заблокированного межколесного дифференциала;
 - 6) спортивный режим осуществляется путем комбинирования мощностей от двигателя внутреннего сгорания и асинхронных электромашин, токоотдача аккумуляторов приближена к 100%.

Выводы

В период поэтапного перехода от использования в транспортных средствах двигателей, работающих на нефтяном топливе, к электродвигателям, следует использовать автомобили с комбинированными энергетическими установками, учитывая все положительные и отрицательные стороны как автомобилей с ДВС, так и электромобилей, в сочетании с доступными на данный момент для массового производства технологиями. Автомобили с комбинированными энергетическими установками будут являться наиболее популярным типом транспортного средства на протяжении ближайших пятидесяти лет.

Литература

1. Бахмутов С.В., Селифонов В.В. Экологически чистый городской автомобиль с гибридной силовой установкой // Наука – производству. НТП «Вираз-центр», 2001, № 7.
2. Экспериментальный многоцелевой гибридный автомобиль / А.Л. Карунин, С.В. Бахмутов, В.В. Селифонов, А.В. Круташов, Е.Е. Баулина, К.Е. Карпухин, Е.В. Авруцкий // Автомобильная промышленность, 2006, № 7.
3. Селифонов В.В., Баулина Е.Е. Устойчивость и управляемость автомобиля при переменной схеме привода. – М.: МГТУ «МАМИ», 2006.
4. Селифонов В.В., Карпухин К.Е., Баулина Е.Е. Электромобиль особо малого класса с комбинированной энергетической установкой // Автотракторное электрооборудование, 2003, № 1.

Оценка эффективности модульной комбинированной энергетической установки при выборе электродвигателей определенного диапазона мощности

к.т.н. доц. Дементьев Ю.В, к.т.н. доц. Круташов А.В, Деев О.И.
Университет Машиностроения
oleg-deev@ro.ru. ,

Аннотация. В статье рассмотрена логика управления комбинированной энергетической установкой с функцией несимметричного изменения потока мощности. Составлен алгоритм действия КЭУ, сюжет для моделирования поведения автомобиля.

Ключевые слова: логика управления КЭУ, оценка эффективности КЭУ, модульная КЭУ, несимметричная тяга, ГСУ с несимметричной тягой.

Активное использование комбинированных энергетических установок (КЭУ) началось

в конце 1990-х годов сначала на территории США, далее идея была подхвачена и наиболее успешно внедрена в странах Евросоюза, в России наиболее рациональные попытки внедрения начались с начала 2000-х годов, однако до сих пор комбинированные энергетические установки не использовались в качестве систем управления автомобилями на дороге, систем АБС и систем улучшения проходимости, не были описаны методики подбора электродвигателей, методики выбора редукторов для наиболее оптимального эффекта от использования КЭУ, методики управления КЭУ.

На данный момент комбинированные системы носят интегрированный характер, хотя в условиях постепенного перехода на экологически безопасные виды топлива наиболее рациональным является использование модульного типа КЭУ, т.е. агрегаты можно установить на определенный класс автомобилей без внесения существенных изменений в конструкцию автомобиля. Предложенная ранее разработка КЭУ с функцией несимметричного изменения потока мощности через межколесный дифференциал заднего моста полноприводного автомобиля (см. статью «Комбинированная энергетическая установка с функцией несимметричного распределения потока мощности через межколесный дифференциал» в этом же номере журнала) удовлетворяет описанным выше требованиям, однако, поскольку КЭУ носит универсальный характер, т.е. является отдельным модулем, применимым сразу к нескольким классам автомобилей, встает вопрос относительно описания наиболее эффективного использования обратимых электромашин в сочетании эффекта контроля траектории, динамики автомобиля и электропотребления. Практической ценностью данного исследования является получение универсальной методики подбора электродвигателей для модульной комбинированной энергетической установки и описание методики работы данной КЭУ в различных условиях ее эксплуатации.

При проведении исследования были использованы следующие программы: Adams Car, Adams View, HyperWorks, Solidworks, Catia, VS++ 2013.

Для оценки эффективности была использована разница реакций R'_{x1} (внешнее переднее колесо), R''_{x1} (внутреннее переднее колесо), R'_{x2} (внешнее заднее колесо) и R''_{x2} (внутреннее заднее колесо) на колесах автомобиля. Перераспределение реакций выглядит следующим образом: $R'_{x1} > R''_{x1}$, $R'_{x2} < R''_{x2}$, при заносе идет прогрессирующее увеличение R''_{x2} , таким образом, с математической точки зрения, задачей КЭУ с функцией несимметричного изменения потока мощности является перераспределение реакций в пользу внешнего колеса, следовательно, предотвращение перехода в неуправляемый занос через уменьшение поворачивающего момента:

$$T_{\Pi} = 0.5 \cdot \left[(R'_{x1} - R''_{x1}) + (R''_{x2} - R'_{x2}) \right] \cdot B,$$

где: B – колея.

Коэффициент запаса автомобиля против заноса задней оси (оси с КЭУ):

$$K_2 = \frac{R_{y2} - F_{y2}}{R_{y2}},$$

где: R_{y2} – предельная величина боковой реакции, которую может передать колесо;

F_{y2} – боковая сила.

Моменты на колесах:

$$T' = T_0 \cdot \frac{1}{K_6 + 1}, \quad T'' = T_0 \cdot \frac{K_6}{K_6 + 1},$$

где: T_0 – момент на корпусе дифференциала.

Входные параметры для программного обеспечения КЭУ:

L_1 – расстояние от центра масс до задней оси;

L_2 – расстояние от центра масс до передней оси;

K_6 – коэффициент блокировки дифференциала;

$\omega_{1,2}$ – угловые скорости на задних левой и правой полуосях соответственно;

Sb – ход педали акселератора (в долях, от 0 до 10);

Bp – ход педали тормоза (в долях, от 0 до 10);

Sw – ход рулевой рейки (в долях, от -10 до 10);

ω_1 – угловая скорость внешней полуоси;

ω_2 – угловая скорость внутренней полуоси.

Каждый из параметров Sb , Bp , Sw имеет заданную 20%-ю погрешность без учета граничных точек.

Показания в реальной модели снимаются с соответствующих датчиков, в математической модели данные параметры задаются в симуляции автоматически на основании контрольных точек.

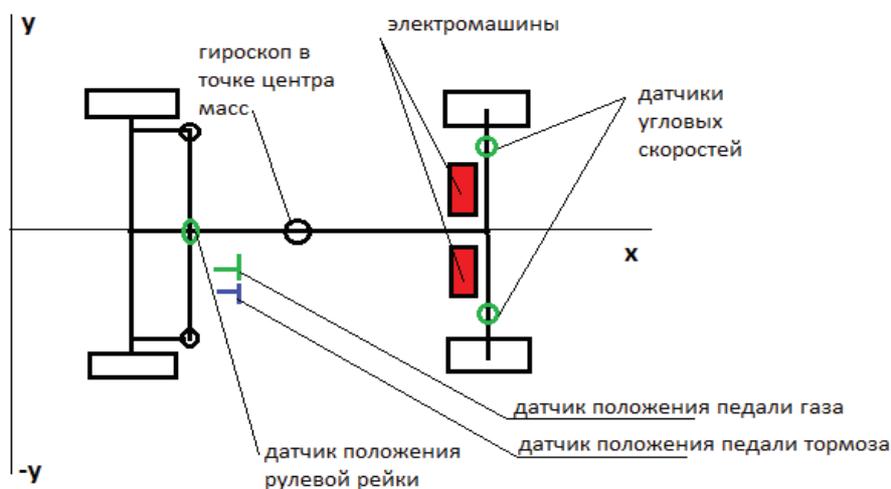


Рисунок 1. Расположение датчиков на математической модели автомобиля

Входные параметры для математической модели в программе имитационного моделирования Adams Car:

$L1$ – расстояние от центра масс до задней оси;

$L2$ – расстояние от центра масс до передней оси;

K_6 – коэффициент блокировки дифференциала;

$C1$ – угловая жесткость задней подвески;

$C2$ – угловая жесткость передней подвески;

Cx – коэффициент воздушного сопротивления;

$TyresF/r$ – размерность шин передних/ задних колёс;

Ep – мощность двигателя внутреннего сгорания;

Ee – мощность электромашин;

ϕ_0 – коэффициент сцепления с дорогой;

B – колея;

Rr – радиус поворота;

V_{max} – максимальная скорость;

Граничные условия, принятые в моделировании в программе Adams Car:

- отклонение от математической траектории (Ss) составляет не более 50% от колеи автомобиля;
- тепловой эффект от взаимодействия шин с дорогой не учитывается;
- вероятностное отклонение от заданной функции движения не более 20% (данная функция описывает непредвиденные ситуации, такие как неправильная реакция водителя при начале заноса, резкое попадание одного из колес на поверхность с меньшим коэффициентом сцепления и т.д.);
- режим старт-стоп носит оптимальный характер, т.е. заданная функция контролирует

входные параметры для оптимального разгона и торможения. В физической модели данного эффекта можно добиться путем установки датчиков угловых скоростей на полуосях автомобиля, гироскопа в предполагаемом центре масс.

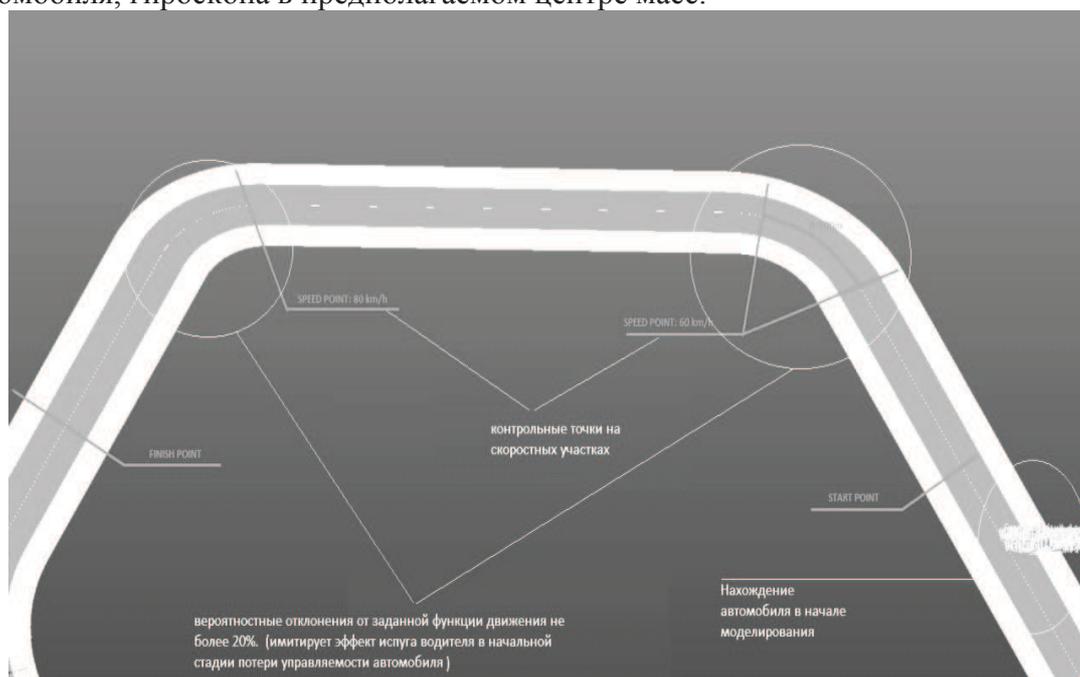


Рисунок 2. Траектория движения автомобиля, использованная для оценки его устойчивости при имитационном моделировании в программе Adams Car

Исследования проводились с помощью программы имитационного моделирования Adams Car на математических моделях автомобилей с массами от 2500 до 4000 кг, мощностью ДВС = 280 л.с., поскольку именно при данных параметрах эффективность электромашин составляет от 76 до 99% при вхождении автомобиля в поворот радиусом 100 метров на скорости 85 км/ч. Эффективность определялась на основании смещения центра заднего моста относительно идеальной средней линии математической траектории.

Согласно проведенному анализу оптимальным является выбор электродвигателей из расчета 1 кВт на 75 кг массы автомобиля, с учетом редуктора с передаточным отношением в диапазоне от 3.4 до 4.1.

Данная методика выбора электродвигателей оптимальна для конкретного класса городских автомобилей специального назначения, таких как скорая помощь, машины противопожарной службы, полицейские автомобили и т.д.

Логика управления описывается входными и выходными параметрами, выходные параметры $K1$ и $K2$ для физической модели являются количественными показателями сигнала со стороны датчиков на левой и правой полуосях.

$K1$ и $K2$ представляют из себя комплексные параметры, включающие необходимый крутящий момент, передаваемый полуоси автомобиля, для сохранения траектории согласно математической модели в допустимых пределах отклонения ход педалей тормоза или акселератора, ход рулевой рейки и пр. С программной точки зрения $K1$ и $K2$ есть не что иное, как массивы данных, полученных с датчиков и после обработки переданных на контроллер, который, в свою очередь, корректирует выходной параметр.

Таким образом, в зависимости от величины выходных параметров контроллер будет принимать решение либо на добавление тяги на конкретную электромашину, либо на перевод электромашин в режим рекуперации с притормаживанием одного из колес, либо на сочетание обеих методик контроля траектории автомобиля, что невозможно сделать обычной системой курсовой устойчивости. Начальные значения параметров $K1$ и $K2$ приняты за единицу, все числа в логике являются числами с плавающей точкой, таким образом, при совпадении угловых скоростей выходные параметры $K1$ и $K2$ будут одинаковы.

На основании изложенного с использованием программы С++ был разработан код логики управления КЭУ.

Выводы

1. Для использования в комбинированной модульной энергетической установке с функцией несимметричного изменения потока мощности через межколесный дифференциал оптимальной является мощность электродвигателя из расчета 1Квт на 75 кг массы автомобиля с учетом передаточного отношения редуктора от 3.4 до 4.1 (для автомобиля с массой от 2500 до 4000 кг и мощностью основного тягового двигателя внутреннего сгорания 280 л.с. $\pm 20\%$).
2. Логика управления может быть описана на основании входных и выходных параметров, основанных на угловых скоростях полуосей, продольных реакциях, положении рулевой рейки и педалей акселератора и тормоза.

Литература

1. Конструктивные схемы автомобилей с гибридными силовыми установками: Учебное пособие / С.В. Бахмутов, А.Л. Карунин, А.В. Круташов, В.В. Ломакин, В.В. Селифонов, К.Е. Карпухин, Е.Е. Баулина, Ю.В. Урюков. – М.: МГТУ «МАМИ», 2007 – 71 с.
2. Бахмутов С.В., Селифонов В.В. Экологически чистый городской автомобиль с гибридной силовой установкой // Наука – производству. НТП «Виращ-центр», 2001, № 7.
3. Экспериментальный многоцелевой гибридный автомобиль / А.Л. Карунин, С.В. Бахмутов, В.В. Селифонов, А.В. Круташов, Е.Е. Баулина, К.Е. Карпухин, Е.В. Авруцкий / Автомобильная промышленность, 2006, №7.
4. Селифонов В.В., Баулина Е.Е. Устойчивость и управляемость автомобиля при переменной схеме привода. – М.: МГТУ «МАМИ», 2006.
5. Липпман С., Ладойе Ж., Му Б. С++ программирование, 2007. – 402 с.
6. Дастин Э., Ржшка Дж., Пол Дж. Автоматизированное тестирование программного обеспечения, 2003. – 305 с.

К вопросу о применении методики прогнозирования долговечности фрикционных накладок к автомобильным сцеплениям

к.т.н. Есаков А.Е.

*Университет машиностроения
(495) 223-05-23, доб. 1587, avt@mami.ru*

Аннотация. В статье обозначена актуальная проблема адаптации существующей методики прогнозирования долговечности фрикционных накладок тракторных сцеплений к сцеплениям автомобилей, указаны причины её возникновения и предложен путь решения одной из ряда связанных с ней частных задач.

Ключевые слова: автомобиль, трогание, сцепление, фрикционная накладка, долговечность, мощность буксования, работа буксования, трение, температура, износ.

Долговечность узлов трения – важное эксплуатационное свойство самоходных машин. Его адекватная оценка необходима ещё на стадии проектирования как при создании новых конструкций фрикционных механизмов (или модернизации уже существующих), так и при синтезе алгоритмов автоматического управления этими механизмами. Тем более, как показали результаты работы [1], результат синтеза такого алгоритма определяется в числе прочего величиной, которая будет характеризовать указанное свойство в количественном аспекте при постановке задачи оптимального управления.

Известна апробированная и подтверждённая методика прогнозирования долговечности фрикционных накладок сцеплений [2, 3]. Вместе с тем, данная методика разрабатывалась применительно к тракторам, характеризуемым в числе прочего определёнными видами ра-