

А.Н. СЕРГИЕНКО, В.Б. САМОРОДОВ, д-р. техн. наук,
Н.Е. СЕРГИЕНКО, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ» (г. Харьков)

АНАЛИЗ РАБОТ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ АВТОМОБИЛЯ

У статті представлений аналіз результатів досліджень, спрямованих на зниження витрати палива й поліпшення динамічних якостей автомобіля шляхом раціонального використання потужності двигуна й кінетичної енергії мас автомобіля. Оцінні порівняння показують можливість зниження витрати палива й поліпшення екологічних показників автомобіля.

In a paper are introduced the analysis of results of the probes directed on drop of a fuel consumption and improvement of dynamic qualities of the automobile by intelligent use of an engine power and kinetic energy of masses of the automobile. Estimated comparisons show an opportunity of drop of a fuel consumption and improvement of ecological indexes of the automobile.

Введение. Высокая стоимость и ограниченные запасы энергоресурсов требуют постоянной работы по совершенствованию конструкции и повышению эффективности использования энергии автомобилей, так как автомобильный транспорт является одним из основных потребителей энергоносителей [1,2].

Загрязнение атмосферного воздуха вредными выхлопами автомобилей приобрело сегодня характер экологической катастрофы. Поэтому сейчас необходимо безотлагательно приступить к разработке и внедрению новых технических решений, направленных на рациональное использование автомобилями энергии и автомобильного транспорта. Сегодня проблемы экологии и экономии энергоресурсов являются актуальными не только для Украины, но и для большинства стран мира.

Цель статьи – выполнить анализ направлений развития конструкций автомобилей и исследований по повышению эффективности использования энергии автомобиля.

Повышение эффективности использования энергии автомобиля. Повышение технико-экономических показателей автомобиля неразрывно связано с его экологической безопасностью. Основным загрязнителем окружающей среды в автомобильном транспорте является автомобильный двигатель внутреннего сгорания. Улучшение его показателей – уменьшение расхода топлива и уменьшение токсичности выхлопа, постоянно ведется в направлении конструктивных усовершенствований и доработок двигателя. Уже всем стало понятно, что без эффективных способов управления двигателем положительных результатов достичь практически невозможно. Поэтому ряд работ направлено на более детальное изучение физических процессов, которые происходят в двигателе, и создание электрически управляемых исполнительных устройств по командам микропроцессорных систем. Задачей стано-

вится оптимальное управление каждым рабочим циклом двигателя внутреннего сгорания [2].

Одними из последних конструктивными усовершенствованиями двигателя являются: изменяемая в зависимости от нагрузки степень сжатия, управляемая величина хода открытия клапанов газораспределительного механизма, управление режимами впрыска топлива, повышение давления впрыска топлива, применение топливных аккумуляторов, применение двухступенчатого турбонаддува и др. Эти изменения направлены на повышение эффективности ДВС за счет улучшения показателей использования энергии топлива. [3]

Совершенствование качества управления рабочим процессом двигателя находится в постоянном противоречии с необходимостью уменьшать стоимость системы управления. Эти противоречия носят глобальный характер и проявляются при выборе датчиков и исполнительных устройств и характеристик алгоритмов обработки информации в системе управления рабочим процессом.

Уровень конструкции, технологии и качество изготовления автомобиля, двигателя, датчиков и исполнительных устройств системы управления, определяют требования к алгоритму управления. Алгоритмы управления позволяют анализировать реальное состояние двигателя и в соответствии с результатами анализа корректировать регулировки рабочего процесса, а, следовательно, и показатели автомобиля [2].

Успехи, достигнутые в создании алгоритмов, реализующих по цикловое управления рабочим процессом, практически исчерпали резервы снижения токсичности отработавших газов автомобиля с системами управления рабочим процессом, обеспечивающих выполнения норм ЕВРО. Ужесточение требований к токсичности выбросов автомобилей, как на момент их производства, так и при эксплуатации потребовало изменение основных направлений развития систем управления рабочим процессом двигателя:

1) разработка и реализация мероприятий направленных дальнейшее снижение расхода топлива и токсичности выбросов нового автомобиля;

2) контроль состояния устройств снижающих расход и токсичность выбросов в процессе эксплуатации автомобиля (бортовая диагностика OBD II).

Сегодня в автомобиле используется специально разработанная динамическая регенеративная система торможения. Суть ее работы состоит в том, что она управляет тормозной системой автомобиля, исходя из необходимой степени заряда батареи. Это позволяет достичь определенного уровня регенерации энергии при торможении, одновременно добываясь нужного торможения, соответствующего воздействию на педаль тормоза.

Одной из схем, которую планируют использовать в ближайшее время на автомобилях Формулы 1, является вариант KERS (Kinetic Energy Recovery Systems) [3,4] привода к колесам с параллельным подключением к трансмиссии генератора-электродвигателя, включенного в цепь с литий-ионной аккумуля

муляторной батареей. Такая схема (рис.) позволяет в большей степени использовать рекуперацию кинетической энергии автомобиля при торможении и движении на спусках, заряжая батарею, и существенно улучшить динамику автомобиля, так как параллельно с двигателем или отдельно возможно использовать электропривод колес.

Экономия энергии необходима и при затратах энергии в приводах вспомогательного оборудования. Кондиционер оснащен компрессором, который может приводиться в движение, как двигателем, так и электромотором. Когда двигатель находится в режиме "Idle Stop" компрессор приводится в движение электромотором; если требуется быстрое охлаждение, он приводится в дви-

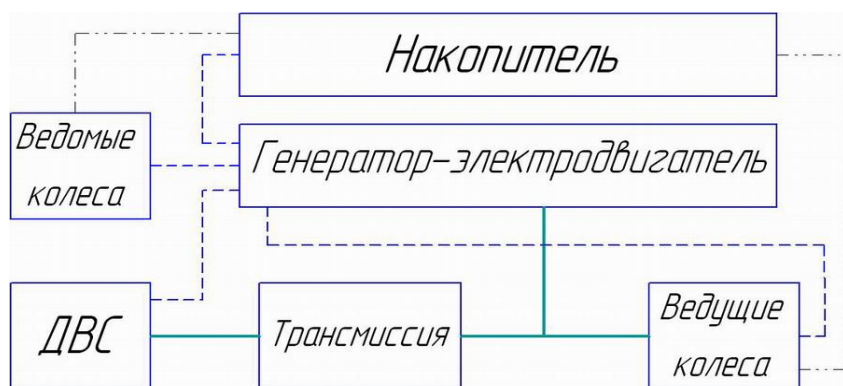


Рисунок – Структурная схема энерго-силовой установки автомобиля

жение совместно и двигателем и электромотором. А в случае, если температура в салоне стабильна, работает только двигатель, позволяя улучшить как комфорт, так и экономию топлива.

Сегодня в энергию движения на практике превращается всего от 25 до 30% энергии, содержащейся в топливе. Большая часть переходит в тепло, которое используется далеко не полностью. Кроме того, постоянно растет доля мощности двигателя, отбираемая для выработки электроэнергии для бортовой сети. Поэтому все большее значение приобретает целенаправленное управление потоками энергии в автомобиле. Одной из первых компаний разработала интеллектуальную систему регулирования работы генератора – BMW. Это создало предпосылки для более эффективного получения и более широкого использования электроэнергии в автомобилях многих фирм [4].

Эффективная динамика достигается не только благодаря максимально эффективному сгоранию топлива. Только изучение всех потоков энергии и их взаимного влияния может привести к новым решениям. Между импульсом зажигания и передачей усилия на дорогу в современных автомобилях протекает значительно больше процессов, чем одно лишь сгорание топлива в дви-

гателе. В результате этого выделяется тепло, которое в виде отработавших газов используется для турбоагнетателей, повышающих мощность двигателя, и через теплообменники от охлаждающей жидкости подается для отопления салона, но остальная энергия пропадает. Также тепло используется для получения механической энергии, получаемой с помощью малогабаритной паровой турбины. Кроме того, современные автомобили потребляют больше электроэнергии, которая – также в результате сгорания топлива – получается, накапливается и используется с помощью генератора и аккумуляторной батареи. Рост потребления электроэнергии является результатом увеличения количества функций комфорта, а также внедрения все новых компонентов систем безопасности и управления динамикой, таких как система регулирования узлов ходовой части, активное рулевое управление, система управления двигателем, ABS, EBD, DSC, ESP и др.

Управление энергией преследует две цели. Во-первых, общее потребление электроэнергии необходимо ограничить без снижения функциональных возможностей. Во-вторых, целенаправленное управление преобразованием энергии, содержащейся в топливе, в электрический ток должно свести к минимуму потери в общем балансе энергии. В современных моделях BMW уже созданы важные предпосылки для реализации обеих задач. Интеллектуальное управление энергией уже сегодня осуществляется на серийных моделях. Так, новые электрические водяные насосы рядных шестицилиндровых двигателей BMW работают в зависимости от потребности в охлаждении. Это значит, что с максимальной мощностью они работают только при высоких и максимальных скоростях и нагрузке. Сразу после запуска насос не включается. В результате ускоряется прогрев двигателя. Поскольку водяной насос имеет электропривод и не связан с двигателем, он не отбирает у силового агрегата энергии. В целом такой принцип работы позволяет экономить около 2 % топлива по результатам европейского теста на допуск к эксплуатации.

Развитие конструкции приборов световой индикации направлено на снижение потребления ими электроэнергии, повышения функциональных показателей и надежности. Примером может служить – применение светодиодных устройств.

Фирма BMW разработала систему управления энергией, которая постепенно внедряется на модельных рядах и обеспечивает постоянный контроль состояния аккумуляторной батареи. Датчик АКБ гарантирует, что заряда батареи в любой момент достаточно для нового запуска двигателя. Система своевременно предотвращает перегрузку электропитания и, как следствие, разряд батареи. С этой целью благодаря четко определенным приоритетам управления сокращается подача электроэнергии для функций, предназначенных исключительно для повышения комфорта, например, подогрев сидений и кондиционирование воздуха, в результате подается достаточно электроэнергии для функций, важных с точки зрения безопасности, и обеспечивается ре-

зерв для следующего запуска двигателя. Управляемая выработка электроэнергии предотвращает потери энергии.

Реальность уже сегодня: интеллектуальное управление энергией. В будущем система управления будет также выбирать момент времени для преобразования энергии в электрический ток в целях достижения максимально возможной эффективности. Ее центральным элементом является интеллектуальное регулирование генератора, которое координирует управление энергией в зависимости от режима движения. Это решение включает в себя регенерацию энергии торможения и ее использование в виде электроэнергии в обычной бортовой сети. Регулирование генератора основывается на элементах управления бортовой сетью, которые, как и датчик состояния АКБ, уже проверены на практике и предлагаются на всех моделях [5].

До сих пор выработка электроэнергии постоянна во всех режимах движения. Генератор имеет постоянный ременной привод от коленчатого вала. В будущем этот процесс будет происходить только тогда, когда мощность двигателя не запрашивается, то есть в режимах принудительного холостого хода и торможения. Таким образом, например, при ускорении основная часть энергии топлива идет на преобразование в кинетическую энергию автомобиля. В это время снабжение электроэнергией бортовой сети полностью берет на себя аккумуляторная батарея. Генератор снова включается только при переходе двигателя в режим принудительного холостого хода или при недостаточном заряде батареи.

Регенерация энергии торможения: тормозная система становится источником энергии. Целью разработки является генерирование электроэнергии без использования мощности двигателя и, следовательно, без расхода энергии топлива. Недорогая в этом смысле электроэнергия вырабатывается не только в режиме принудительного холостого хода генератором, но и при торможении в результате так называемой рекуперации высвобождаемой при этом энергии. Так, энергия, до сих пор пропадавшая в виде тепла, выделявшегося на тормозных дисках, также будет подаваться в бортовую сеть автомобиля. Тем самым значительно снижается необходимость генерирования электрического тока в режиме тяги двигателя. Непосредственное преобразование топлива в электроэнергию будет происходить только в исключительных случаях. В результате интеллектуального регулирования генератора и регенерации энергии торможения заметно повышается эффективность двигателя и экономичность автомобиля.

Важным условием для управления энергией в зависимости от режима движения является целенаправленное регулирование степени зарядки аккумуляторной батареи. В режиме тяги двигателя в зависимости от условий окружающей среды она заряжается лишь примерно до 80 % емкости. При этом в любом случае обеспечивается достаточный резерв для расхода электроэнергии на неподвижном автомобиле и для запуска. Степень зарядки, превышающая это значение, достигается только во время благоприятных с точки

зрения выработки энергии режимов принудительного холостого хода и торможения. Полученную в результате энергию можно затем использовать и во время работы двигателя в режиме тяги без включения генератора. Поскольку целенаправленное регулирование повышает число циклов заряда/разряда, интеллектуальную схему регулирования генератора компания BMW использует в сочетании с современными аккумуляторными батареями, выполненными по технологии AGM (Absorbent Glass Mat). Они рассчитаны на большую нагрузку, чем традиционные свинцово-кислотные батареи. В батареях типа AGM электролит абсорбирован в сепараторе из микростекловолокна между свинцовыми пластинами. Они в течение длительного времени сохраняют способность к накоплению энергии, в том числе при частом заряде/разряде.

При торможении возникает электрический ток, при нажатии педали акселератора – чистая динамика. Использование системы интеллектуального регулирования генератора с регенерацией энергии торможения на практике дает двойное преимущество. Во-первых, целенаправленное управление выработкой электроэнергии по результатам европейского теста на допуск к эксплуатации обеспечивает снижение расхода топлива примерно на 3 %. Во-вторых, непосредственное преимущество в режимах тяги дает выключение генератора. При разгоне используется больший крутящий момент. Таким образом, интеллектуальное управление энергией способствуют повышению экономичности и эффективной динамики.

Такая система управления электроэнергией таит в себе значительный потенциал для повышения экономичности современных автомобилей. При этом необходимо минимизировать потери, повысить регенерацию энергии и разгрузить механический процесс так, чтобы максимальная часть потенциальной энергии топлива превращалась в энергию движения. Каждая мера в отдельности способна существенно сократить расход топлива. Кроме того, сочетание этих мер повышает динамичность. Поэтому общая концепция управления энергией, которой придерживается компания BMW, позволяет надеяться, что будущие поколения автомобилей достигнут весьма значительного прогресса в области эффективной динамики. Интеллектуальная система регулирования генератора с регенерацией энергии торможения к тому же можно применять на всех автомобилях.

Сегодня вновь приобрела актуальность система «стоп-старт», которая отключает двигатель, когда автомобиль стоит в пробке или на светофоре.

Для автомобилей с гибридной силовой установкой декларируется беспрецедентное снижение расхода топлива. Однако гибридная силовая установка пока еще существенно проигрывает дизелю при работе на больших переломках. Также следует отметить, что при эксплуатации автомобиля при низких температурах – под минус тридцать, для обогрева салона требуется тепло ДВС.

В процессе движения автомобиля колеса и кузов автомобиля совершают вертикальные и угловые колебания, которые гасятся амортизаторами. Меха-

ническая энергия колебаний превращается в тепловую и передается в окружающую среду, что приводит к нерациональному использованию энергии автомобиля. Следует рекуперировать энергию колебательных масс [6].

В качестве накопителя энергии многие производители используют аккумуляторные батареи. Однако на сегодня становится актуальным – применение механического накопителя энергии – супермаховика [7].

При установке накопителя энергии на автомобиль возникает проблема обеспечения безопасности водителя и пассажиров. Так в электрическом накопителе энергии напряжение достигает порядка 300 В, а в механическом – разгоняют маховик до таких скоростей, при которых прочность обычной конструкции может быть не достаточной.

Движение автомобиля осуществляется в сложной дорожной обстановке, в транспортных потоках, формируемых большим количеством случайных факторов, изменяющихся как в пространстве, так и во времени. Под воздействием этих факторов так же случайным образом, меняются скорость движения, ускорение и траектория движущихся автомобилей. Непрерывное и случайное изменение положения органа управления двигателем, осуществляемое водителем в этих условиях при управлении автомобилем, а также непрерывное изменение нагрузки на двигатель, формируемой трансмиссией автомобиля, обуславливают нестационарные условия работы автомобильного двигателя и являются наиболее характерными и наиболее важными отличиями автомобильной энергетической установки от энергетических установок других транспортных средств.

Выводы. Повышение эффективности автомобиля возможно путем целенаправленного управления потоками энергии, которую получают его системы и агрегаты, с помощью интеллектуальной системы регулирования и регенерации энергии, соответствующим образом программируемой и настраиваемой. Современные конструкции накопителей и преобразователей энергии дают возможность их установки на автомобиле без существенных изменений конструкции базового автомобиля.

Список литературы: 1. За Рулем // М.: Изд. «За Рулем», 2007 – 2008. 2. Гирявец А. К. Теория управления автомобильным бензиновым двигателем. – М.: Стройиздат, 1997. – 161 с. 3. Сайт www.racecar-engineering.com. 4. Сайт фирм BMW и Volkswagen www.bmw.com и www.volkswagen.de. 5. Сайт фирмы Audi www.audi.com. 6. Сайт www.flybridsystems.com. 7. Сайт www.brakingtechnologies.com.

Поступила в редколлегию 22.11.08