УДК 620.03

© Л. Е. Торосян, канд. техн. наук, доцент
(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)
E-mail: levantor@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-3-254-258

© L. E. Torosian, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)
E-mail: levantor@mail.ru

МЕХАНИЗМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

MECHANISMS OF POWER SUPPLY OF THE VEHICLE MOTION

Проанализированы существующие тенденции в области проектирования силовых установок для приведения в движение автомобиля. Проведено сравнение качества силовых приводов, работающих на электрической энергии. Рассмотрены вопросы поиска резервов для повышения качества тепловых двигателей внутреннего сгорания, работающих на углеводородном топливе. Поставлены вопросы возможности исследований в области оптимизации работы теплового двигателя на уровне рабочего процесса и кривошипно-шатунного механизма.

Ключевые слова: энергетическая установка, электропривод, гибридный двигатель, преобразователи энергии, энергетические потоки, транспортная работа, энергетические затраты.

The article analyzes the current trends in the design of power plants for propelling vehicles. There is a comparison of quality of powered drives operating on electric power. Such issues are considered as searching for means to improve the reserves quality of engines operating on hydrocarbon fuels. Some questions are raised regarding the possibilities in optimizing the operation of the heat engine on the level of the working process and of the crank gear.

Keywords: power plant, electric drive, hybrid drive, power converters, energy flows, transportation work, energy costs.

Тенденция поиска альтернативных видов топлива и энергии приводит к необходимости задуматься над вопросом, а насколько полно мы представляем возможности существующей классической схемы приведения автомобиля в движение и, главное, есть ли резервы получения и преобразования энергии в этой классической схеме.

Для привода автомобиля применяется тепловая энергетическая установка (ЭУ) в виде двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Об очевидных преимуществах классической схемы приведения в движение автомобиля говорить не приходится, так как эти преимущества доказаны временем. Недостатки же классической схемы, в которой используется кинематическая связь между двигателем, трансмиссией и ведущими колесами, можно обобщенно разделить на несколько групп. Одна группа связана с ограниченными временными перспективами классической схемы конструкции ДВС из-за использова-

ния углеводородного топлива, объемы которого (во всяком случае, нефти) иссякнут в недалеком будущем. Вторая группа недостатков связана с экологическими проблемами. Третья группа связана с низкой эффективностью использования тепловых ЭУ, особенно в группе легковых автомобилей, которые зачастую выполняют ничтожно малую транспортную работу при больших затратах топлива.

Попытки инженерной мысли в последнее десятилетие перейти к поискам альтернативных способов приведения в движение автомобиля привели к развитию двух основных направлений исследований. Первое направление связано с использованием электрической энергии в приводе (в основном легковых автомобилей), а второе направление — поиск альтернативных видов топлива для ДВС.

В последние годы также возникли некоторые разработки, которые призваны использовать

кинетическую энергию движущегося автомобиля для получения и сохранения энергии.

Проанализируем названные тенденции.

1. Использование электрической энергии выражается в конструктивных схемах, где этот вид энергии накапливается и аккумулируется для последующего использования в приведении в движение автомобиля. Недостатки электропривода выражаются в следующем:

- малое расстояние пробега до полного разряда аккумулятора;
- уровень надежности электродвигателя не соответствует широкому спектру условий эксплуатации;
- мощность ЭУ недостаточна для использования их на грузовых автомобилях, автобусах и тракторах;
- эксплуатация и сервис ЭУ, как и всех остальных элементов привода, практически ограничена и зависит от развития инфраструктуры.

Если учесть даже только названные недостатки, то можно заключить, что серьезно говорить о применении электрического привода при существующих схемах энергообеспечения процесса движения, а главное транспортной работы, основную долю которой производят грузовые автомобили, автобусы и другая тяжелая техника, не приходится. Хотя перевод существенной части мирового парка легковых автомобилей на электрический привод, несомненно, даст возможность решить многие топливные и экологические проблемы.

Одним из способов обойти названные выше недостатки электропривода, который используется для электромобилей, является проектирование гибридной схемы привода. Однако и в этой схеме привода существуют свои недостатки, а именно:

- усложнение конструкции;
- увеличение веса за счет объемной аккумуляторной батареи (АКБ) с последующей проблемой ее утилизации;
- увеличенная стоимость конструкции и последующей эксплуатации транспортного средства;
- недостатки пусковых характеристик;
- недостатки эргономики салона в холодный период.

Как известно, гибридные автомобили подразделяются на два основных типа — с последовательной и параллельной схемами привода. При последовательной схеме привода тепловая ЭУ не используется для непосредственного приведения в движение, а питает генератор и дает зарядку аккумулятору, они же (генератор и АКБ) и используются для приведения в движение автомобиля. При параллельной схеме для приведения в движение используется как тепловая ЭУ, так и электромотор (электропривод). У каждой из этих схем существуют свои недостатки. В частности, в последовательной схеме работает принцип двойного преобразования энергии для привода и, как следствие, снижается КПД. Параллельная схема предполагает усложнение конструкции для управления потоками энергии.

Комбинация последовательной и параллельной схем с использованием основных преимуществ каждой дает на сегодняшний день наиболее оптимальный результат. При такой схеме тепловая ЭУ используется наилучшим образом на режимах движения, когда электрический привод не может быть обеспечен энергией (например, при полной разрядке аккумулятора, при движении на малой скорости продолжительное время). К сожалению, и эта комбинированная схема обладает недостатками:

- увеличение стоимости конструкции;
- увеличение веса за счет использования дополнительного генератора;
- усложнение схемы энергопреобразования.

Для сравнения, цена на гибридный легковой автомобиль немецкого производителя BMW модели i3 с электроприводом по сравнению с обычным автомобилем того же производителя, оснащенный бензиновым двигателем, на российском рынке больше почти два раза.

И все-таки необходимо отметить, что гибридная схема привода автомобиля уже доказала свою жизнеспособность в определенных условиях эксплуатации, а значит она представляет интерес для дальнейшего исследования и развития. Однако эта схема в существующем виде пока очень далека от решения основных задач транспортной работы в промышленных масштабах.

2. Производство альтернативных видов топлива для ДВС является еще одним из направлений решения энергетических задач и проблем

в конструкции привода автомобиля. К сожалению, те объемы производства и использования альтернативного топлива, которые существуют сегодня, можно назвать лишь экспериментальными. Но научные исследования в этой области проводить необходимо, так как именно комбинация применяемых топлив может стать отправной точкой для создания новых конструкций ЭУ. Однако возникает вопрос, а насколько актуально это направление, например, для Российской Федерации, обладающей существенными запасами природного газа. Не является ли все-таки на данном этапе развития российской экономики и ее направленности приоритетным решение задачи перевода техники на газовое топливо? Ведь разговоры на тему об альтернативных видах топлива при практическом отсутствии системы перехода на газовое топливо могут привести к увеличению затрат и увести экономику от реализации системы использования природного газа как варианта альтернативного топлива.

3. Инженерные решения по использованию кинетической энергии движущегося автомобиля на сегодняшний день приобрели несколько направлений. Одно из них — разработка системы использования тепловой энергии, которая выделяется при торможении и нагреве от трения (система рекуперации). В этой системе тепловая энергия не используется в чистом виде, как в цилиндре двигателя, а преобразуется в электрическую. Но все те устройства, которые связаны с преобразованием любого вида энергии в электрическую, сразу усложняют конструкцию по весу, по содержанию, а значит и по стоимости. При этом КПД таких конструкций очень мал.

4. Еще одним направлением является попытка оптимизировать процесс управления автомобилем, например компьютерная система I-See компании Volvo управляет в автоматическом режиме переключением передач для использования кинетической энергии движущегося автомобиля. Эта система поддерживает скорость автомобиля, автоматически управляя подачей топлива и тормозом при движении под уклон, обеспечивая наиболее экономный режим. В частности, система предполагает использование кинетической энергии при движении автомобиля под уклон накатом. Но не совсем ясно, как разработчики алгоритма управления данной системой учиты-

вали параметры безопасности при движении на спусках. Также для работы такой системы необходим соответствующий рельеф местности, где существует множество уклонов.

Южнокорейская технология Magneter предполагает установку на автомобили магнитов, а в автомобильные дороги — ленточных систем, которые должны взаимодействовать с магнитами автомобиля. Предполагается, что магнит автомобиля при движении будет перемещать магниты ленточной системы, в результате чего генерируется ток, который затем можно использовать, например, для освещения дорог.

Анализ тенденций в исследованиях показал, что основным направлением в разработках систем приведения автомобиля в движение является работа в области электрического привода и автоматизации как управления ЭУ, так и процессом движения автомобиля.

Результаты этих исследований, разработок и производства в основном наблюдаются в области легкового автомобилестроения. Можно сказать, что начало третьего тысячелетия ознаменовано борьбой инженерной мысли за уход от зависимости автомобильной отрасли от углеводородного топлива.

А что в области проектирования грузовых автомобилей и автобусов? Ведь эти транспортные средства (как было сказано выше) выполняют основной объем транспортной работы в экономике. В этой области пока не наблюдается попыток, например, заставить двигаться грузовой автомобиль на электрической тяге. Это понятно, ведь здесь энергетические затраты совсем другого порядка.

Вернемся к тепловым ЭУ, которые пока незаменимы. На взгляд автора, тепловые ЭУ еще не исчерпали свои возможности. В данной статье хотелось бы поставить ряд вопросов, касающихся повышения качества тепловых двигателей.

Какие же резервы можно было бы выделить в области эффективности обычных (назовем их условно углеводородными) двигателей? Насколько полно исследованы рабочие процессы? Можно ли изменить процесс топливоподачи не только качественно, но и количественно? Можно ли существенно сократить потери тепловой энергии при работе углеводородного двигателя и тепло использовать вторично в рабочем про-

цессе без дополнительных энергетических затрат и потерь? Как будет отражаться на процессе смесеобразования и последующего горения воздух, нагретый от тепла, отведенного из цилиндра двигателя? Является ли резервом сокращения энергетических затрат процесс усиления в кривошипно-шатунном механизме двигателя? И наконец, можно ли говорить о том, что поиск и оптимизация состава углеводородного топлива для теплового двигателя окончательно надо считать завершенными?

На современном этапе развития процесса двигателестроения и при существующих технологиях проектирования приводов преобразование электрической энергии в механическую будет неуклонно сопряжено с необходимостью управлять несколькими потоками энергии, что означает автоматическое увеличение веса установок и, как следствие, увеличение энергетических затрат. Получается, что проектирование электропривода при существующих конструкциях аккумуляторных батарей и системе зарядки автомобилей электроэнергией ведет не к уменьшению энергетических затрат, а к их увеличению. Ведь когда речь идет об автомобилях на электрической тяге, то обоснованием их преимуществ является недорогая зарядка аккумуляторных батарей и отсутствие вредных выбросов. Но так ли это?

Практика использования автомобилей, конструкция которых представляет собой всевозможные преобразователи энергии для приведения в движение автомобиля, пока не дает права говорить о перспективности таких конструкций в плане энергетических затрат. Нельзя рассматривать технические преимущества электромобилей или гибридных автомобилей, до тех пор пока не будет раскрыта полная картина в сравнительных параметрах, как минимум, по трем направлениям — затраты (в том числе энергетические) на производство, экологические показатели (в том числе на стадии производства) и возможности транспортной работы.

Для зарядки АКБ требуются существенные затраты энергии на всех этапах — их производство, зарядка в период эксплуатации, утилизация. АКБ также не обладают привилегией отсутствия вредных выбросов — из-за протекающих в них химических реакций и выделений в атмосферу.

Однако изменение конструкции АКБ может стать еще одним резервом снижения затрат энергии.

Проведя анализ существующих систем энергообеспечения процесса движения автомобиля и направлений проектирования технических систем, можно заключить, что исследования в области рабочего процесса теплового двигателя не исчерпали свои возможности. В связи с этим хотелось бы выделить ряд направлений, которые, на взгляд автора, могли бы стать резервом повышения качества тепловых ЭУ.

1. Исследования в области усиления в цилиндре двигателя.
2. Исследования в области вторичного использования тепловой энергии ДВС для обеспечения рабочего процесса без дополнительных преобразований энергопотоков.
3. Исследования в области проектирования АКБ и применения для их конструкций материалов, позволяющих снизить вес и размеры.
4. Исследования в области использования кинетической энергии движущихся частей автомобиля для решения задачи зарядки АКБ электромобилей.
5. Исследования в области разработки новых видов топлива для тепловых ЭУ, основанных на углеводородном сырье.

Библиографический список

1. Пополов А. С. Солнечный транспорт. М.: Транспорт, 1996. 168 с.
2. Новиков Н. Ю. Городу — чистый воздух. М.: Московский рабочий, 1982. 160 с.
3. Эйдинов А. А., Каменев В. Ф., Лежнев Л. Ю. Электромобили и автомобили с КЭУ // Автомобильная промышленность. 2002. № 1. С. 9–12.
4. Златин П. А., Кеменов В. А., Ксенович И. П. Электромобили и гибридные автомобили. М.: Агроконсалт, 2004. 416 с.
5. Van den Bossche P. О тенденциях в стандартизации электромобильной техники, EVS-15, Brussels, october, 1998, CD-ROM, Paper № 316.
6. Moeller F. H. и др. Элементы силовых установок электромобилей // Automotive Engineering. 1988. Vol. 106. № 2. Feb. С. 259–264.
7. Козловский А. Б., Дижур М. М. Электромобиль и экология крупных городов // Автомобильная промышленность. 1992. № 4. С. 21.

8. Ксеневи́ч И. П., Эйди́нов А. А., Трегубов Г. П., Богачев Ю. П., Изосимов Д. Б., Маршалкин Г. И. Электро-мобиль: состояние и приоритетные направления развития // Приводная техника. 1988. № 8/90. С. 5–22.

9. Ипатов А. А., Эйдинов А. А. Электромобили и автомобили с КЭУ. М.: НАМИ, 2004. 328 с.

10. Поляк Д. Г., Эйдинов А. А., Козловский А. Б. Электромобили. Проблемы поиска решения // Автомобильная промышленность. 1994. № 5. С. 12.

11. Эйдинов А. А., Яковлев А. И. Возможные пути развития энергетических установок автомобилей // Автомобили и агрегаты: сб. науч. тр. НАМИ. 1999. Вып. 223. С. 48–69.

12. Furukawa N. et al. EV 24h Travel Distance Record Challenge // The 17th International Electric Vehicle Symposium (EVS-17). Montreal, Canada, 2000.

13. Blanchard Ph., Cesbron D., Rigobert G. and Sarre G. Performance of soft li-ion batteries for electric vehicles // The 17th International Electric Vehicle Symposium (EVS-17). Montreal, Canada, 2000.

14. Патент РФ № 2007130852/09, 01.10.2006. Пелленк Р. Способ сбалансированной зарядки литий-ионной или литий-полимерной батареи // Патент России № 2364992. 2009.

15. Moore S. W., Schneider P. J. A Review of Cell Equalization Methods for Lithium Ion and Lithium Polymer Battery Systems. Society of Automotive Engineers, 2001.

16. Martinez C., Sorlien D., Goodrich R., Chandler L., Magnuson D. Using Cell Balancing to Maximize the Capacity of Multi-cell Li-Ion Battery Packs. AN167. URL: www.xicor.com.

17. Сихуа Уэн (Sihua Wen). Выравнивание заряда батарей обеспечивает долгое время работы и продлевает срок службы. Copyright 2009 Texas Instruments.

References

1. Popolov A. S. *Solnechnyy transport* [Solar transport]. Moscow, Transport Publ., 1996, 168 p.

2. Novikov N. Yu. *Gorodu — chistyy vozdukh* [Pure air — to the city]. Moscow, Moskovskiy rabochiy Publ., 1982, 160 p.

3. Ehydinov A. A., Kamenev V. F., Lezhnev L. Yu. *Ehlektrmobili i avtomobili s KEhU* [Electric vehicles and cars with KEU]. *Avtomobil'naya promyshlennost' – Automotive industry*, 2002, no. 1, pp. 9–12.

4. Zlatin P. A., Kemenov V. A., Ksenevich I. P. *Ehlektrmobili i gibridnye avtomobili* [Electric vehicles and hybrid cars]. Moscow, Agrokonsalt Publ., 2004, 416 p.

5. Van den Bossche P. *O tendentsiyakh v standartizatsii ehlektrmobil'noy tekhniki* [About tendencies in standard-

ization of the electro-mobile equipment]. EVS-15, Brussels, October 1998, CD-ROM, Paper no. 316.

6. Moeller F. H. et al. *Ehlementy silovyykh ustanovok ehlektrmobiley* [Elements of power plants of electric vehicles]. *Automotive Engineering*, 1988, vol. 106, no. 2, pp. 259–264.

7. Kozlovskiy A. B., Dizhur M. M. *Ehlektrmobil' i ehkologiya krupnykh gorodov* [Electric vehicle and ecology of large cities]. *Avtomobil'naya promyshlennost' – Automotive industry*, 1992, no. 4, p. 21.

8. Ksenevich I. P., et al. *Ehlektrmobil': sostoyanie i prioritetye napravleniya razvitiya* [Electric vehicle: the state and priority directions of development]. *Privodnaya tekhnika – Driving equipment*, 1988, no. 8/90, pp. 5–22.

9. Ipatov A. A., Ehydinov A. A. *Ehlektrmobili i avtomobili s KEhU* [Electric vehicles and cars with KEU]. Moscow, NAMI Publ., 2004, 328 p.

10. Polyak D. G., Ehydinov A. A., Kozlovskiy A. B. *Ehlektrmobili. Problemy poiski resheniya* [Electric vehicles. Problems and search for solutions]. *Avtomobil'naya promyshlennost' – Automotive industry*, 1994, no. 5, p. 12.

11. Ehydinov A. A., Yakovlev A. I. *Vozmozhnye puti razvitiya ehnergeticheskikh ustanovok avtomobiley* [Possible ways of development of power plants of cars]. *Avtomobil' i agregaty. Sb. nauch. tr.* [Cars and units. Coll. of sci. works]. NAMI Publ., 1999, iss. 223, pp. 48–69.

12. Furukawa N. et al. EV 24h Travel Distance Record Challenge. Proc. of the 17th International Electric Vehicle Symposium (EVS-17). Montreal, Canada, 2000.

13. Blanchard Ph., Cesbron D., Rigobert G. and Sarre G. *Performance of soft li-ion batteries for electric vehicles*. Proc. of the 17th International Electric Vehicle Symposium (EVS-17). Montreal, Canada, 2000.

14. Pellenk R. *Sposob sbalansirovannoy zaryadki litiy-ionnoy ili litiy-polimernoy batarei* [A method of the balanced charging of lities - ion or lithium - polymeric battery]. Patent RF, no. 2364992, 2009.

15. Moore S. W., Schneider P. J. *A Review of Cell Equalization Methods for Lithium Ion and Lithium Polymer Battery Systems*. Society of Automotive Engineers, 2001.

16. Martinez C., et al. *Using Cell Balancing to Maximize the Capacity of Multi-cell Li-Ion Battery Packs*. AN167. Available at: www.xicor.com

17. Sikhua Uehn (Sihua Wen). *Vyravnivanie zaryada batarei obespechivaet dolgoe vremya raboty i prodlevaet srok sluzhby* [Alignment of a charge of batteries provides a long operating time and prolongs service life.]. Copyright 2009, Texas Instruments.