



ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НА ЕНЕРГИЙНАТА ЕФЕКТИВНОСТ НА АВТОБУСНИЯ ТРАНСПОРТ

Галин Банков¹, Иван Миленов²
g.bankov@abv.bg, milenov55@abv.bg

¹*”Шумен-Пътнически автотранспорт” ООД гр. Шумен, бул. Ришки проход N29*
²*ВТУ “Тодор Каблешков” – София, ул. „Гео Милев“ 158,*
БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: енергийна ефективност, електробус, електродвижване, автобусен транспорт

Резюме: Настоящият доклад представя две технически решения за подобряване на енергийните разходи в автобусния транспорт. Оценката включва анализ на оперативните предимствата и недостатъците на конвенционалните дизелови автобуси в транспортната система на Република България, а също така при подмяната им с електрически такива. На основата на конверсия, извършена от дизелов автобус от най-масовия клас – мидибус в електрически е направен действащ модел и са оценени границите за подобряване на енергийната ефективност в автобусния транспорт. По създадена методика са проведени реални експериментални измервания за определяне на изразходваната енергия за изминаване на 100 км пробег и определяне на енергийната ефективност в двата случая. Резултатите са посочени в доклада. Второто решение е използването на хибридни задвижващи системи в автобуси. Те трябва да демонстрират своите предимства по отношение на конвенционалните автобуси.

Усилията за постигането на по-добра екологичност бяха насочени към развитие на електрическия обществен транспорт – метрополитен, трамваен и тролейбусен транспорт. Развитие на този транспорт обаче е свързано със значителните инвестиции. Търсенето на решения в тази посока доведе до създаването на нов вид транспортно – електрически автобус или т.н. електробус. Той съчетава в себе си предимствата на автобуса и на тролейбуса. Има възможност да се движи по свободно избран маршрут без да има нужда от изграждането на релсов път и контактна мрежа, използва много по-екологично, икономично и безшумно електрическо задвижване.

Смята се, че основната бариера пред потенциалните потребители е цената на електромобилите, но това не е единствената причина и дори не е най-съществената. По-съществената причина е експлоатационната неравностойност на електромобила в сравнение с конвенционалния му аналог. В случай, че в течение на няколко години тази неравностойност не бъде преодоляна, най-вероятно пазарната “ниша” на електромобилите ще бъде заета от по-евтините и експлоатационно по-равностойни хибридни автомобили.

Предимства и недостатъци от замяната на конвенционалните автобуси с електрически.

От даден момент постигането на съществени подобрения в двигателите ще изисква преминаване към нови източници на енергия и постепенното заменяне на автомобилите с двигатели, работещи с конвенционално гориво /т.н. конвенционални автомобили/, от хибридни автомобили и автомобили с електрически двигател – електромобили. Основното предимство на електромобила спрямо конвенционалния автомобил с двигател с вътрешно горене, е че при работата му почти не се отделят токсични емисии, а доколкото такива се отделят, те са съществено по-ниски от тези при работата на конвенционалния автомобил. Допълнително предимство на електромобила пред конвенционалния автомобил, е че използването му намалява зависимостта на сухопътния транспорт от все по-ограничените ресурси на нефт и газ, необходими за получаването на конвенционални горива. Монотонно намаляващите природни ресурси на нефт и газ неизбежно ще води до повишаване цените на конвенционалните горива, а от тук и цените на транспортните услуги, извършвани с конвенционални автомобили.

Неравностойността на електромобилите и електробусите пред конвенционалните им аналози се дължи на проблеми, кореспондиращи с акумулаторните батерии, главните от които са: цена, капацитет, изискване за подходяща работна температура, експлоатационен ресурс /брой на зарядно-разрядните цикли/, пробег с едно зареждане, висока пожароопасност и токсичност при някои видове батерии и др.

Съпоставка на необходимите разходи за експлоатация на електробус и конвенционален автобус

Границите на реално приложение на новия вид транспортно средство – електробус, могат да бъдат реално определени само чрез експеримент в реални експлоатационни условия. Разработването на един нов вид транспортно средство какъвто се явява електробуса е сложна задача не само от инженерна гледна точка. За изпитване на практика на предимствата на електробуса бе извършена конверсия на автобус Ивеко-Отойол М24 от дизелов в електрически. На местото на дизеловия двигател е монтиран трифазен синхронен двигател с постоянни магнити за възбуждане. Номиналното напрежение подавано към двигателя е 380 V, а номиналната мощност която развива тяговия електродвигател е 65 kW. Това е първият електробус в Р. България използващ за задвижване синхронен тягов електродвигател с постоянни магнити.

Проведени са изпитания на електробуса на полигон и в реални пътни условия. В резултат на тях са и представените по-долу данни.

При изчисленията са завишени цените на електроенергията като методическо средство за извършване на по-предпазливи разчети и оценки по отношение на икономическите предимства на електромобилите. При това условие е направена примерна съпоставка на икономическата ефективност на електробус и на конвенционален автобус. Данните са представени в таблица 1.

Сравнителният анализ показва, че в ценово отношение средният разход на електрическа енергия от електробуса в лева е с 59 % по-нисък от съответния разход на дизелово гориво на конвенционалния автобус.

Данните, показани в таблица 1, са получени при действаща пазарна цена към м. ноември 2014г. на конвенционалното течно гориво и при завишена цена на потребителската електроенергия за електробуса. Следователно може да се приеме, че от съображения за сигурност данните в таблицата преднамерено са завишени в негативна посока за електробуса. Въпреки това данните показват, че енергията за експлоатация на електробуса струва на потребителя най-малко два пъти по-евтино от еквивалентната енергия за експлоатацията на аналогов конвенционален автобус.

Таблица 1

Сравнение на разходите на гориво и на електроенергия съответно за автобус и електробус при изминат пробег 70 000 км и 100 000 км годишно.								
Пробег	Разход на конвенционално гориво в литри 14 л. / 100 км.		Цена на гориво в лева при 2.50 лв. за 1 л.		Разход на ел. енергия в КВЧ 48 квч / 100 км.		Цена на ел. енергия в лева при 0.30 лв. за 1 квч	
	70 000 км	100 000 км	70 000 км	100 000 км	70 000 км	100 000 км	70 000 км	100 000 км
Превозно средство	9 800	14 000	24 500	35 000	33 600	48 000	10 080	14 400

Ако приемем за база средногодишен пробег 50 000 км и допуснем 15 години за бъдеща експлоатация на двете превозни средства, необходимото “гориво” за експлоатация на електробуса ще струва на притежателя му с 190 000 = (262 500-72000) лева по-малко от горивото на притежателя на конвенционален автобус от същия клас. При годишен пробег 100 000 км и същия срок за експлоатация, електробусът излиза на ползвателя с 380 000 лева по-евтин от конвенционалния. Ако приемем пазарни цени на електробуса и на конвенционалния автобус съответно 300 000 лева и 150 000 лева, разчетите показват, че след около 8 години, при средногодишен пробег 50 000 км, а при 100 000 км. за 4 години електробуса възвръща напълно по-високата инвестиция за закупуването му, и то при липсващи каквито и да преференции и при запазване на сегашното ценовото съотношение между 1 л дизел - 2,5 лева и 0,30лв за 1квч електроенергия. Всъщност, по-правдоподобно е да очакваме в бъдещ период по-бързо покачване на цените на конвенционалните горива спрямо цените на електроенергията, тъй като суровините за производството на конвенционални горива са ограничени и постепенно се изчерпват, което неизбежно ще се отрази на ръста на цените им. Докато източниците за производството на електроенергия непрекъснато се разширяват както по брой, така и по капацитет. При такава прогноза следва да се очаква допълнително нарастване на ефективността на електроенергията като “гориво” за превозните средства.

Допълнителни предимства на електробусите пред конвенционалните автобуси са:

- тройно по-високият к.п.д. на електродвигателя спрямо к.п.д. на двигателя с вътрешно горене, на което всъщност се дължи по-ниския разход на енергия при равни други условия;
- по-добра характеристика на въртящия момент, даваща възможност за бързо ускоряване на превозното средство;
- опростено и с намалени разходи техническо обслужване;
- безшумност при движение;

Основните недостатъци на електробуса пред конвенционалния автобус са:

- по-високата първоначална цена на придобиване.
- по-ниска експлоатационна мобилност, респективно по-малката дължина на пробега с едно зареждане на акумулаторната батерия

Като по-евтина алтернатива на електрическите автобуси, все по-често място намират хибридният такива. Разнообразието от конструктивни решения при използването на хибридно задвижване е много голямо. При разработката ELFA на Siemens дизеловият двигател не задвижва задната ос посредством трансмисия, както обикновено се прави, а вместо това активира генератор, който захранва с ток един или

няколко задвижващи електромотора чрез силова електроника, реализираща регулирането. По този начин се намаляват загубите в трансмисията и се повишава КПД.

Първите автобуси с хибриден двигател City Hybrid вече са в експлоатация в Мюнхен, Германия. Оборудвани са със електромотори Siemens, тези автобуси използват до 30% по-малко гориво, отколкото техните конвенционални аналози. В този град, както и в Стокхолм (Швеция) за превозни средства е необходимо да се заплати такса, за автомобили с висок разход на гориво.

Siemens възлага големи надежди за хибридните автобуси. Хибриден означава комбинация от двигател с вътрешно горене и електрически мотор. Автобуса не е необходимо да бъде постоянно включен към мрежата. Когато водачът натисне спирачката, енергията, която обикновено се освобождава под формата на топлина се подава към системата за съхранение на енергия. Това е същия принцип, който се използва в хибридните автомобили от края на 1990-те години. Използването на хибридна технология в автобуса е още по-ефективно, отколкото в леките автомобили. Между 25-40% от времето си на работа автобусът престоива на спирки и светофари. Постоянно спира и ускорява. За работата си автобусът може да използва съхранената спирачната енергия постепенно за да набере скорост, без да изхвърля отработени газове.

Хибридният автобус осигурява икономия на гориво до една трета, и по този начин намалява емисиите на въглероден двуокис (CO₂). В зависимост от броя на съзвещения и автобусни спирки по маршрута, обикновеният автобус консумира около 40-60 литра гориво на 100 километра. Ако автобусът минава около 60 000 км на година, то общото потребление на гориво съставлява 30 000 литра дизелово гориво. Въпреки това, хибрида консумира само 20 000 литра. Инженерите на Siemens използват специален трик за по-нататъшно намаляване на разхода на дизелово гориво. Задвижването включва два трифазни асинхронни двигателя, които са свързани със скоростната кутия. Ако вместо това се използва синхронен двигател с постоянни магнити, то за създаването на магнитно поле, което позволява да се стартира двигателя е необходима по-малко електроенергия. В резултат на това се намаляват загубите и се повишава ефективността и още по-голямо количество енергия се предава на оста, което осигурява допълнителни икономии от 10% дизелово гориво. В допълнение, такава система значително намалява износването на двигателя. Разбира се, хибридните автобуси все още са по-скъпи от конвенционалните дизелови автобуси, цената на 12-метров градски автобус е примерно около 250 000 евро. По експертна оценка хибридният автобус ще струва със 100 000 евро по-скъпо. Същевременно икономии от мащаба, произтичащи от стартирането на масово производство ще намалят допълнителните разходи наполовина, като в този случай цената ще бъде само 20% по-висока от нормалната цена.

Въпросът за хибридни автобуси става все по-популярен. Ако само китайската столица Пекин бъде в състояние да изпълни обявения план и замени през 2015г. половината от автобусния парк с хибриди автобуси, то само този проект ще генерира значително търсене на тези превозни средства. Световният интерес е изключително висок. Siemens работи с множество производители на автобуси по изпълнение на поръчки за хибридна система ELFA – MAN, Mercedes, Tata Motors, Van Hool.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Евтимов И., Р. Иванов, Г. Попов, Възобновяеми енергийни източници, Русе, 2012 / Evtimov I., R. Ivanov, D. Popov /

- [2] Стефанов С. П., В. С. Русева, Енергоефективни източници и технологии, Русенски университет, Русе, 2009/ Stefanov S.P, V. Rousseva /
- [3] Янев, Ст., Н. Михайлов, И. Стоянов, Справочник с най-добри практики в областта на възобновяемите енергийни източници, Сдружение Общинска Енергийна Агенция – Русе, 2011, / Yanev St., N. Mikhailov, I. Stoyanov /
- [4] Samoilescu G., B. Ali, F. Nicolae, C. Mogoianu, C. Ciobanu, M. Bejan, C. Popa, A. Barbu, L. Cizer, Z. Viorel, Н. Михайлов, К. Андонов, Д. Антонова, И. Евстатиев, И. Стоянов, В. Стоянов, К. Мартев, Н. Евстатиева, А. Манукова, Д. Димов, О. Динолов, Е. Куманова, Р. Иванов, С. Кадирова, Ц. Георгиев, Възобновяеми енергийни източници и технологии, Русе, ПРИМАКС, 2012
- [5] Стефанов С. П., В. С. Русева, Енергоефективни източници и технологии, Русе, Русенски университет, 2009
- [6] L. Festner and G. Karbowski, Foothill Transit Ecoliner Electric Bus Program, EVS26 Los Angeles, California, May 6-9, 2012.
- [7] G. Lodi, R. Manzoni and G. Crugnola, Batteries for full electric and hybrid buses: fleet operation results and relevant battery improvements, The 25th World Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exhibition (EVS25), Nov. 2010, pp 1 - 7.
- [8] J. Laurikko and K. Erkkilä, Assessment of the Energy Efficiency of the Propulsion System in an Electric Vehicle – Methodology and First Results, EVS25 Shenzhen, China, Nov. 5-9, 2010.
- [9] N.-O. Nylund and K. Koponen, Fuel and technology options for buses. Overall energy efficiency and emission performance, VTT Technology 46, Espoo 2012. 294 p. + app. 94p. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T46.pdf>
- [10] T. Markel et al., ADVISOR - a systems analysis tool for advanced vehicle modeling, Journal of Power Sources, 110(2002), 255-266.
- [11] Denton T., Automobile Electrical and Electronic Systems, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford, 2004

OPTIONS FOR IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF BUS TRANSPORTATION

Galin Bankov¹, Ivan Milenov²
g.bankov@abv.bg, milenov55@abv.bg

¹*"Shumen Patnicheski avtotransport" Ltd., Shumen, bul. Rishki prohod N29,*

²*Todor Kableschkov University of Transport, Sofia str. "Geo Milev" 158,
BULGARIA*

Key words: *energy efficiency, elektrobus, electric, bus, hybrid*

Abstract: *This report presents two technical solutions to improve energy costs in bus transport. The assessment includes an analysis of the operational advantages and disadvantages of the conventional diesel buses in the transport system of the Republic of Bulgaria, but also in replacing them with electric ones. On the basis of the conversion carried out by a diesel bus of the mass grade - midibus in electrical made operational model and assessed the limits to improve energy efficiency in the bus. By established methods were conducted actual experimental measurements for determining the energy consumed to travel 100 km mileage and determine the energy efficiency in both cases. The results are shown in the report. The second considers the possibility of using hybrid drive systems in buses. They must demonstrate their advantages in terms of conventional bus.*