

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРОЦЕСА НА УСКОРЯВАНЕ НА ЕЛЕКТРОМОБИЛ

Николай Павлов¹, Васил Димитров²
npavlov@tu-sofia.bg, vdimitroff@abv.bg

*¹Технически университет – София, Факултет по транспорта,
бул. “Кл. Охридски” No 8, София 1756,
БЪЛГАРИЯ*

*²Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”
гр. София, ул. „Гео Милев” 158
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: *електромобил, потегляне, ускоряване, динамика*

Резюме: *В диклада е изследван процесът на ускоряване при потегляне на лек пътнически електромобил. Електрозадвижването на изследвания електромобил е със синхронен електродвигател с възбуждане от постоянни магнити. Използвани са два подхода – изчислителен и експериментален. Експерименталните изследвания са извършени в реални пътни условия. За регистриране на ускорението е използван нискочестотен акселерометър, монтиран на хоризонтална повърхност на предното табло на електромобила. Данните са записани в паметта на мобилен компютър чрез използване на аналого-цифрово устройство. Изследвани са характеристиките на процеса на ускоряване при стандартен и при екологичен режим на движение на електромобила. Режимите на движение могат да бъдат избирани от водача в зависимост от желанието му. Направено е сравнение на изчислителните резултати с тези, получени при пътните експерименти. Също така е извършен сравнителен анализ на характеристиките на ускорението на електромобила с такива на автомобил от същия модел, но задвижван от двигател с вътрешно горене и механична предавателна кутия с ръчно превключване на предавките. Изследван е и процесът на ускоряване в аварийен режим, който автоматично се включва при силно разрежена батерия. В такъв случай системата за управление значително понижава разполагаемата мощност, за да осигури по-голям запас от пробег за достигане до зарядна станция.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Ускоряването характеризира неравномерното движение на превозното средство при изменение на скоростта от по-ниска към по-висока. Оценява се чрез големината на ускорението, времето и дължината на изминатия път за ускоряване при различни пътно-експлоатационни условия [1]. То е важен показател за динамичните свойства на пътните превозни средства, в това число и на електромобилите. Електромобилите имат някои особености в характеристиките на ускоряване спрямо конвенционалните автомобили с двигател с вътрешно горене (ДВГ). Те са обусловени от особеностите на

характеристиките на съвременните тягови електрозадвижвания, които позволяват безстепенно изменение на въртящия момент в широк диапазон на честотата на въртене на вала на електродвигателя. Това позволява използването им без необходимост от предавателна кутия със степенно изменение на въртящия момент посредством превключване на предавки. Освен това и характеристиката на въртящия момент на електродвигателите е по-благоприятна за задвижване на превозни средства. В голям диапазон от характеристиката големината на момента се изменя по хиперболичен закон, което съответства на характера на изменение на пътните съпротивления с нарастването на скоростта на превозното средство. Друго предимство на електрозадвижването е, че по-лесно се регулира в сравнение с ДВГ, с цел постигане на различни режими – стандартен, мощностен (спортен), екологичен или аварийен.

Целта на доклада е да се изследва процесът на ускоряване на серийен електромобил при различни режими. За целта на изследването са използвани два подхода – изчислителен и експериментален. Направено е сравнение на характеристиките на ускорението на електромобила с такива на автомобил от същия модел, но задвижван от двигател с вътрешно горене и механична предавателна кутия с ръчно превключване на предавките.

ОБЕКТ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО И ИЗПОЛЗВАНА АПАРАТУРА

Обект на изследването е електромобил марка **Volkswagen**, модел **e-up!** [2]. Електромобилът е нает от фирма **Spark**, която предлага електромобили под наем чрез интернет приложение. Изследваният електромобил по време на зареждане на зарядна станция преди провеждане на изследването е показан на фиг. 1.



Фиг. 1. Изследваният електромобил по време на зареждане на зарядна станция

Електрозадвижването на изследвания електромобил е със синхронен променливотоков електродвигател с възбуждане от постоянни магнити, вградени в ротора [3].

За целите на изследването е монтиран акселерометър на хоризонталната повърхност на предното табло на електромобила (фиг. 2). Данните се записват на твърдия диск на мобилен компютър. Използваният акселерометър е на фирма **TE Connectivity**, модел 4030-002-120. Обхватът на измерването му е ± 2 g, честотен

диапазон на измерване 0-200 Hz и чувствителност 1000 mV/g. Чувствителният му елемент е кондензаторен силициев микро-електромеханичен (MEMS). Изходящият му сигнал е аналогов и за преобразуването му с цел визуализация и записване на компютъра е използвано аналого-цифрово устройство на фирма **Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH**, модел DQ401.

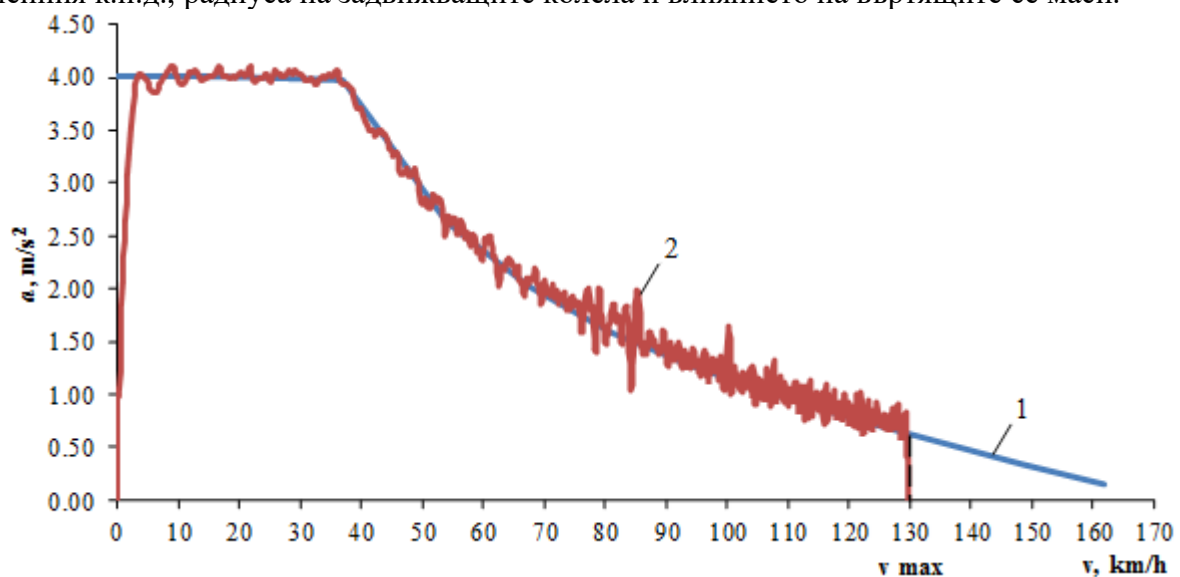


Фиг. 2. Акселерометър и мобилен компютър, използвани при експериментите

РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО

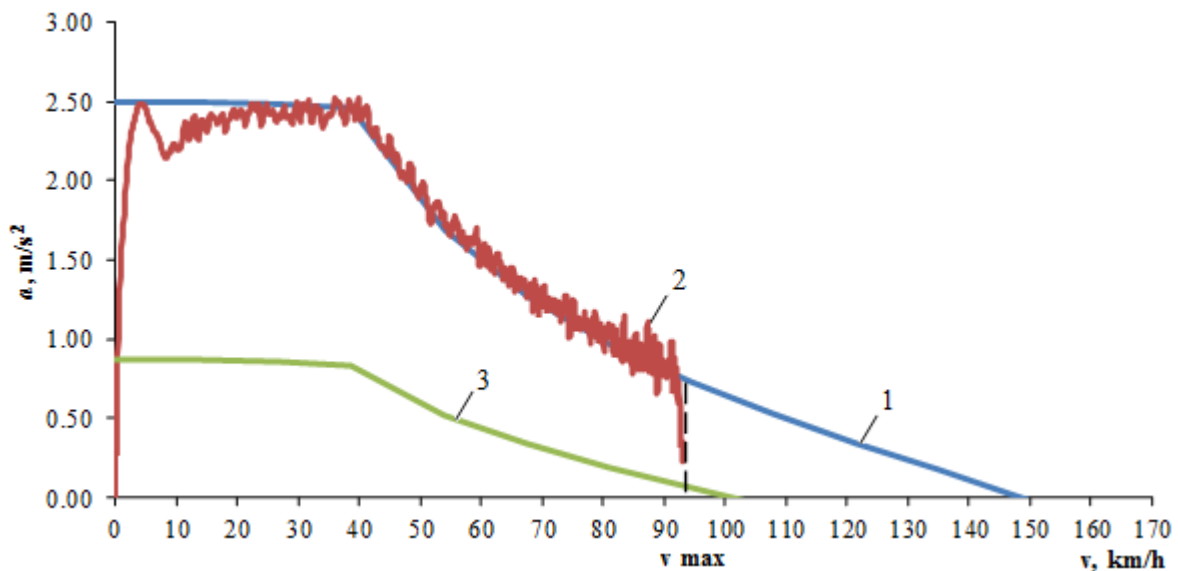
Проведени са експерименти в реални пътни условия, при които е записано ускорението на електромобила при потегляне. Тъй като е използван само един сензор – акселерометърът, записаните графики на ускорението са във функция на времето. За да се получат стойностите на скоростта на движение на електромобила е приложено числено интегриране на ускорението спрямо времето. По този начин са получени графиките на ускорението във функция на скоростта.

При прилагане на изчислителния подход е използвана методиката, представена в източник [1]. Това е класическа методика за определяне на динамичните свойства на транспортни средства, която е базирана на механичните характеристиките на двигателя, масата на транспортното средство, предавателните числа на трансмисията и нейния к.п.д., радиуса на задвижващите колела и влиянието на въртящите се маси.



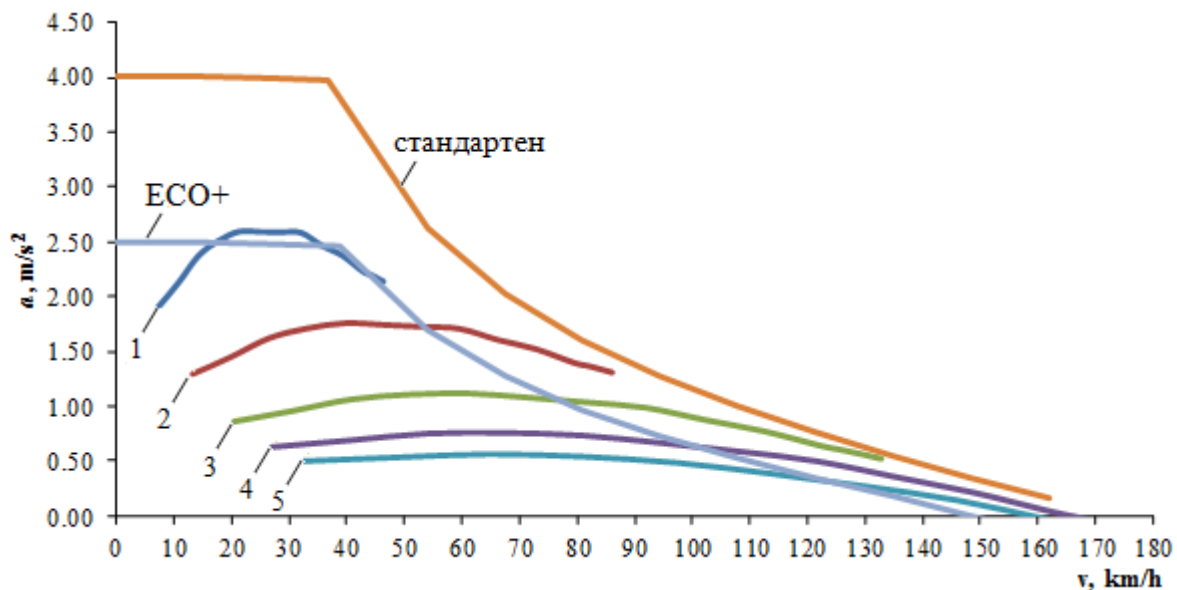
Фиг. 3. Изчислена (1) и експериментална (2) характеристики на ускорението при стандартен режим

На фиг. 3 са показани характеристиките на ускорението при стандартен режим на движение на електромобила, който е обичайният режим по подразбиране при всяко стартиране на изследвания електромобил. След всяко стартиране водачът може да избира измежду три режима на движение, които се задействат чрез бутон, разположен на централната конзола. Възможните режими са стандартен, ЕСО и ЕСО+. При режим ЕСО+ мощността на електродвигателя е ограничена на 40 kW. При стандартния режим на движение и режимът ЕСО разполагаемата мощност е съответно 60 и 50 kW [3]. Максималният въртящ момент, който електродвигателят може да осигури при потегляне на трите режима – стандартен, ЕСО и ЕСО+, са съответно 210, 167 и 133 Nm. Когато запасът от енергия на акумулаторната батерия достигне критична стойност, автоматично се задейства аварийен режим, при който разполагаемата мощност на електродвигателя се понижава на 15 kW. По този начин се осигурява по-дълъг пробег за достигане до зарядна станция. На фиг. 4 са показани изчислената и експериментално получената характеристика на ускорението при екологичен режим на движение ЕСО+. Също така е показана и изчислената характеристика на ускорението в аварийен режим. Поради риск от изчерпване на цялата енергия на батерията не са провеждани пътни експерименти в аварийен режим.



Фиг. 4. Изчислена (1) и експериментална (2) характеристики на ускорението при режим ЕСО+ и изчислена характеристика при аварийен режим (3)

Проведени са и изчисления по цитираната методика [1], чрез които са сравнени характеристиките на ускорението на електромобила с характеристиките на автомобил от същия модел, но задвижван от двигател с вътрешно горене и механична предавателна кутия с ръчно превключване на предавките. Максималната мощност на двигателя с вътрешно горене на автомобила е 55 kW, а максималният въртящ момент е 95 Nm [4]. Предавателната кутия е петстепенна с предавателни числа на отделните предавки 3.64, 1.96, 1.27, 0.96, 0.80. Предавателното число на главното предаване на автомобила е 4.17, докато предавателното число на главното предаване на електромобила, което представлява двустъпален редутор е 8.16. На фиг. 5 са показани резултатите от изчисленията на ускорението на автомобила на всяка една предавка и са сравнени с изчислените характеристики на електромобила в стандартен и екологичен режим на движение.



Фиг. 5 Изчислени характеристики на ускорението на автомобил с ДВГ на отделните предавки и характеристики на електромобила при стандартен режим и режим ECO+

На фигурата се вижда, че ускорението на електромобила при стандартен режим е по-голямо в целия диапазон на скоростта – от 0 до максимална скорост. В режим ECO+ още при потегляне се постига ускорение от 2.5 m/s^2 , което е близко до ускорението на първа предавка на автомобила с ДВГ. При по-нататъшното увеличение на скоростта, ускорението на автомобила на отделните предавки има по-високи стойности от това на електромобила в режим ECO+. Трябва да се има предвид, че стандартният режим на ускоряване по данни от производителя е на разположение за максимум 30 секунди. Това е напълно достатъчно за достигане на максимална скорост на електромобила еднократно. Например той се ускорява от 0 до 100 km/h за 12.4 s по данни на производителя. При провеждане на експериментите в стандартен режим, максималната скорост от 130 km/h се достига за 22 s . Ако водачът е спортно ориентиран и стилът му на управление води до чести ускорявания, при достигане на пределната температура на електродвигателя автоматично се ограничава мощността на електрозадвижването.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В доклада са изследвани различни режими на ускоряване на серийен електромобил по два начина – посредством провеждане на пътни експерименти и извършване на изчисления. При пътните експерименти е използван само един сензор – акселерометър. Посредством числено интегриране на записа на ускорението са получени стойностите на скоростта по време на ускоряване. Представени по този начин, резултатите от пътните експерименти са сравнени с изчислените по методиката, представена в източник [1]. Наблюдава се добра съпоставимост на резултатите от двата подхода на изследване. Извършено е сравнение на характеристиките на ускоряване на електромобила с тези на същия модел автомобил с ДВГ. Резултатите показват, че в стандартен режим на движение стойностите на ускорението на електромобила са по-големи от тези на конвенционалния автомобил в целия диапазон на скоростта, като по този начин се осигурява по-добра динамика на движение в градски условия. В режим ECO+ стойностите на ускорението на електромобила са близки до тези на автомобила, особено в диапазона от 0 до 50 km/h на скоростта на движение. Така че в градски

условия на движение, дори и в режим ECO+, осигуряващ по-дълъг пробег, ускорението на електромобила е съпоставимо с това на конвенционалния автомобил.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Димитров С., Ръководство за курсова работа по теория на автомобила, Издателство на Технически университет – София, 2015
- [2] The e-up! SSP VW 527, 2014
- [3] The e-up! Running gear and power transmission. SSP VW 529, 2013
- [4] Volkswagen up! 1.0 75HP move up! specs, <https://www.cars-data.com>

STUDY ON THE PROCESS OF ACCELERATION OF AN ELECTRIC VEHICLE

Nikolay Pavlov¹, Vasil Dimitrov²
npavlov@tu-sofia.bg, vdimitroff@abv.bg

*¹Technical University of Sofia, Faculty of Transport
8 Kliment Ohridski Blvd., Sofia 1756*

*²Todor Kableshkov University of Transport
Sofia, 158 Geo Milev Str.
THE REPUBLIC OF BULGARIA*

Key words: *electric vehicle, set off, acceleration, dynamics*

Abstract: *The paper examines the process of acceleration when set off a light passenger electric car. The electrical drive of the studied electric vehicle includes a synchronous electric motor with excitation by permanent magnets. Two approaches are used- computational and experimental. The experimental studies were performed in real road conditions. A low-frequency accelerometer mounted on a horizontal surface of the front panel of the electric vehicle was used to record the acceleration. The data is stored in the memory of a mobile computer using an analog-digital device. The characteristics of the acceleration process at standard and ecological mode of movement of the electric car have been studied. Driving modes can be selected by the driver depending on his wishes. The computational results are compared with those obtained in road experiments. A comparative analysis of the acceleration characteristics of the electric car with those of a car of the same model, but driven by an internal combustion engine and a manual transmission with manual gear shifting, has also been made. The acceleration process in emergency mode, which is automatically switched on when the battery is very low, has also been studied. In this case, the control system significantly reduces the available power to provide a longer range to reach the charging station.*