

## **ИЗСЛЕДВАНЕ РЕЖИМИТЕ НА РАБОТА НА ТЯГОВ АСИНХРОНЕН ЕЛЕКТРОДВИГАТЕЛ, ЗАДВИЖВАЩ ЕЛЕКТРОМОБИЛ**

**Владислав Бойновски**  
[v.boynovski@gmail.com](mailto:v.boynovski@gmail.com)

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков”,  
София, ул. „Гео Милев” № 158  
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

***Ключови думи:** електромобили, електрически задвижвания, асинхронни двигатели*

***Резюме:** В доклада са представени изследвания на различни режими на работа на асинхронен тягов двигател, задвижващ електромобил. Изследванията са направени на конвертиран от бензинов в електрически автомобил Renault Kangoo. Като задвижващ тягов двигател се използва асинхронен двигател с векторно управление и оборудван с измервателна апаратура, която дава възможност за запис на основните величини на двигателя: мощност, въртящ момент, обороти на двигателя, изразходвана енергия, моментни стойности на ток и напрежение, температура на двигателя. Изследванията са направени при движение в реални градски условия, като с помощта на GPS и акселерометър са записани основните параметри на движение: скорост, ускорение, изминато разстояние и надморска височина. Проведени са изпитания при режими на: ускорение, движение по инерция, равномерно движение, рекуперативно спиране и движение при различен профил на пътя. Показани са механичната, и КПД – характеристики при различните натоварвания. Направен е анализ на получените резултати за всички режими на работа.*

### **УВОД**

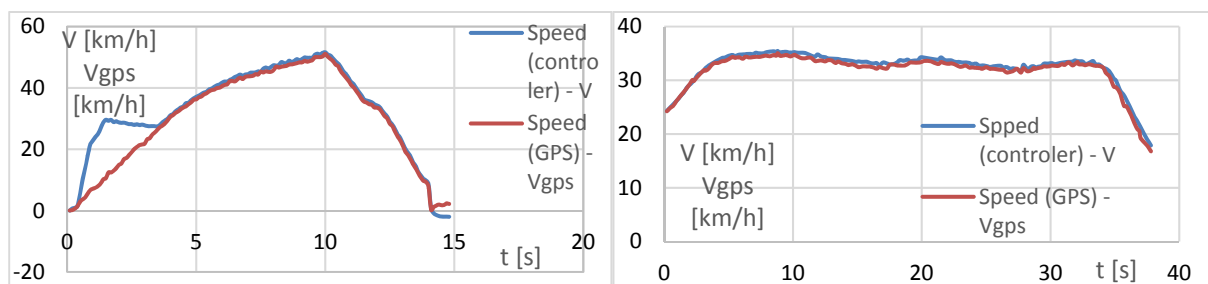
Електромобилите са най-надеждното решение за справяне с лошото въздействие на автомобилния транспорт върху околната среда. Високата ефективност, безшумната работа, липсата на отделяни изгорели газове, добрите динамични показатели, възможността за регенерация по време на спиране и движение по наклон, сравнително простата конструкция са част от предимствата на електромобилите пред конвенционалните автомобили с ДВГ. Тези предимства се дължат на качествата на електрическите задвижващи системи.

В доклада са представени резултати от направено експериментално изследване върху техническите параметри и характеристики на асинхронно задвижване на електромобил.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

Изследването е направено на конвертиран от бензинов в електрически автомобил Renault Kangoo, задвижван от асинхронен двигател с векторно управление и оборудван с измервателна апаратура: специализиран интерфейс за връзка с контролера на двигателя и осцилоскоп, с помощта, на които са записани моментни стойности на параметрите на двигателя: мощност, въртящ момент, обороти, ток, напрежение и температура. Основните параметри на движение: скорост, ускорение, изминато разстояние и надморска височина са записани с помощта на монтирани в електромобила GPS и акселерометър. Всички данни са записвани през период от 0,1s. Проведени са измервания в реални пътни условия. Направени са два опита с продължителност 15s. В първия опит е направен запис на параметрите при потегляне на електромобила от място, ускорение до скорост 52km/h и спиране до покой с рекуперация. При втория опит е направен запис на параметрите при равномерно движение на автомобила със скорост 35km/h.

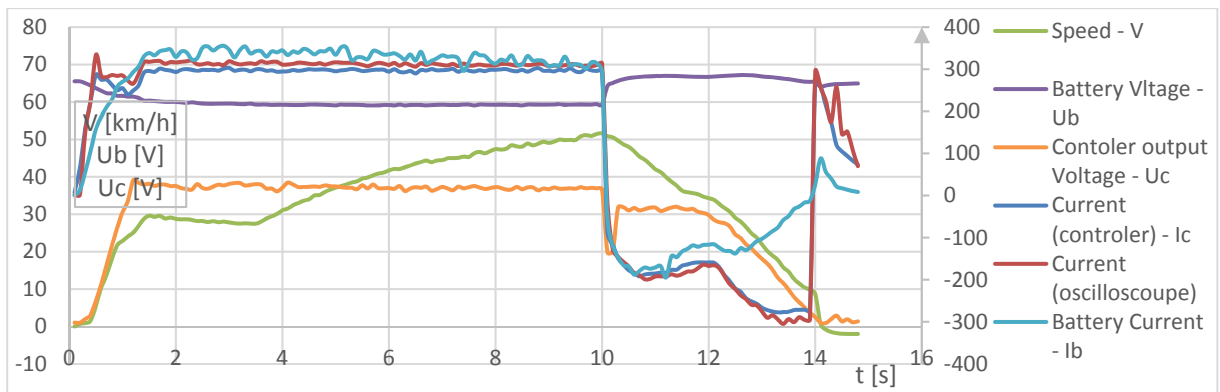
Във фиг. 1 и фиг. 2 в графичен вид са показани данните на скоростта при двата опита. Синята линия показва скоростта, изчислена на база изменението на оборотите на двигателя, а червената линия показва данните, записани от GPS приемника. Както може да се види на фигурите, стойностите от двата метода за измерване на скоростта са много близки. В началото на първия опит се наблюдава леко задържане на ускорението за период от 2s, дължащо се на отпускане на педала за ускорение на автомобила, което е следствие на пътните условия. При GPS данните това не е отчетено.



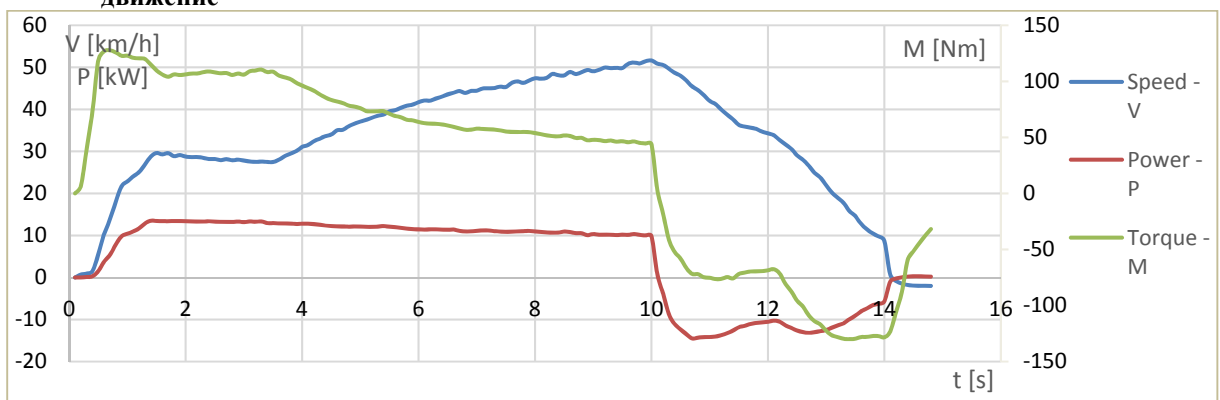
Фиг. 1 Опит 1 и Фиг. 2 Опит 2 - Измерване и запис на скоростта по два метода

На фиг. 3. и фиг. 5. са показани в графичен вид измерените стойности на напрежението на акумулаторната батерия (АБ) и двигателя, както и токовете на АБ и двигателя във функция от времето. Също така е показана и скоростта на електромобила. Напрежението и тока на АБ, както и тока на двигателя са записани от контролера на двигателя с помощта на специализирания интерфейс. С помощта на осцилоскопа са записани стойностите на напрежението и тока на двигателя. И при това измерване, както при скоростта може да се види, че стойностите на тока на двигателя при двата метода на измерване са много близки. На фиг. 3 може добре да се разграничат режимите на работа – ускорение и спиране с рекуперация от първия опит. Режимът на движение с равномерна скорост е показан на фиг. 5. На фиг. 4 и фиг. 6 са показани стойностите на мощността и въртящият момент на двигателя във функция от времето при двата опита.

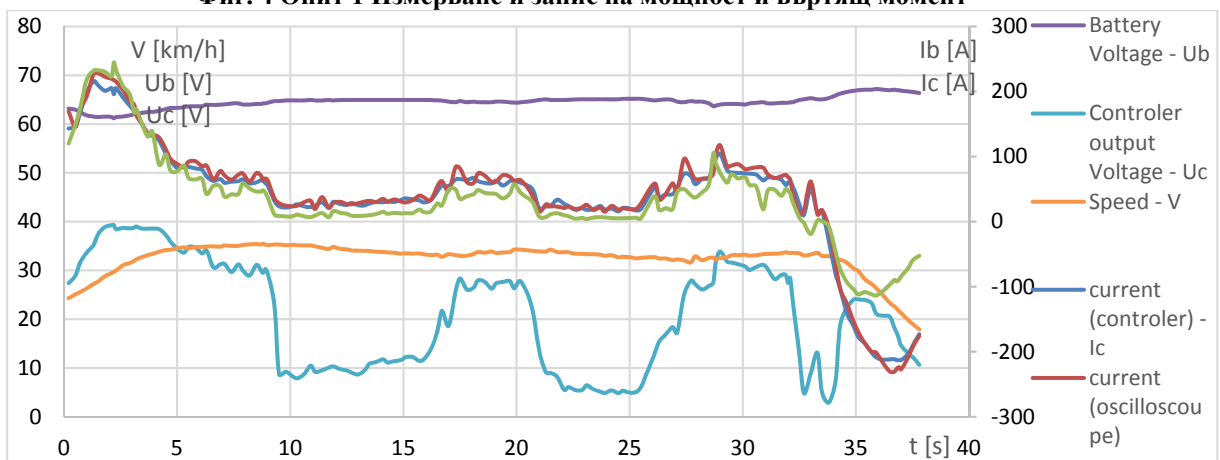
- Режим на потегляне (пускане на двигателя): Това е най-неблагоприятният режим на работа за двигателя и контролера. На фиг. 7 и 8 е показано изменението на стойностите на параметрите. Вижда се, че напрежението, консумираният ток и въртящият момент на двигателя нарастват за много кратко време, и скоростта се увеличава, а напрежението на АБ леко намалява. За този режим е характерна консумация на голяма мощност, протичане на голям активен и реактивен ток, ниски стойности на фактора на мощност, нисък КПД.



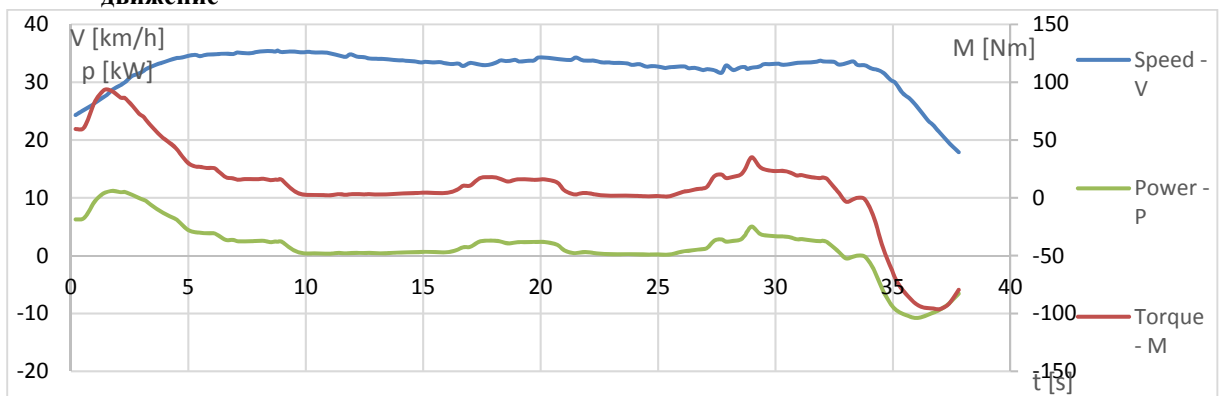
Фиг. 3. Опит 1 Измерване и запис на токовете и напреженията по време на движение



Фиг. 4 Опит 1 Измерване и запис на мощност и въртящ момент

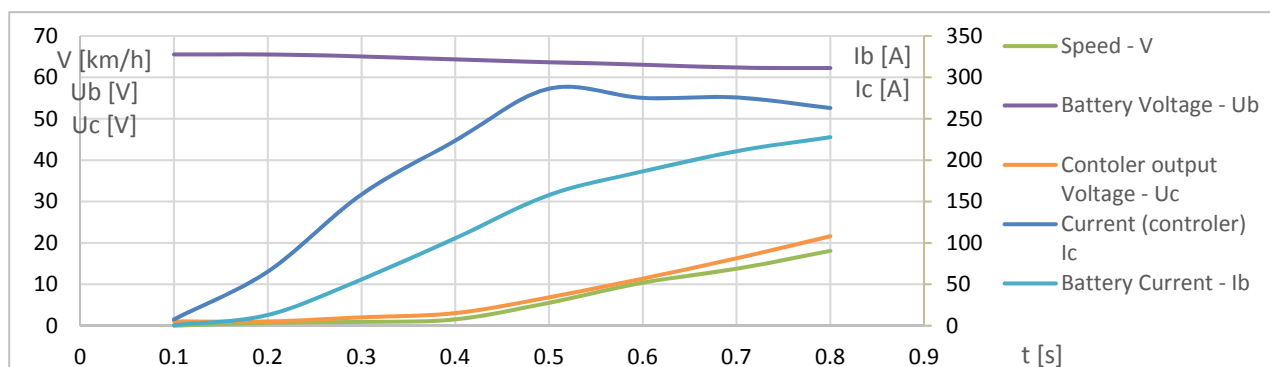


Фиг. 5 Опит 2 Измерване и запис на токовете и напреженията по време на движение

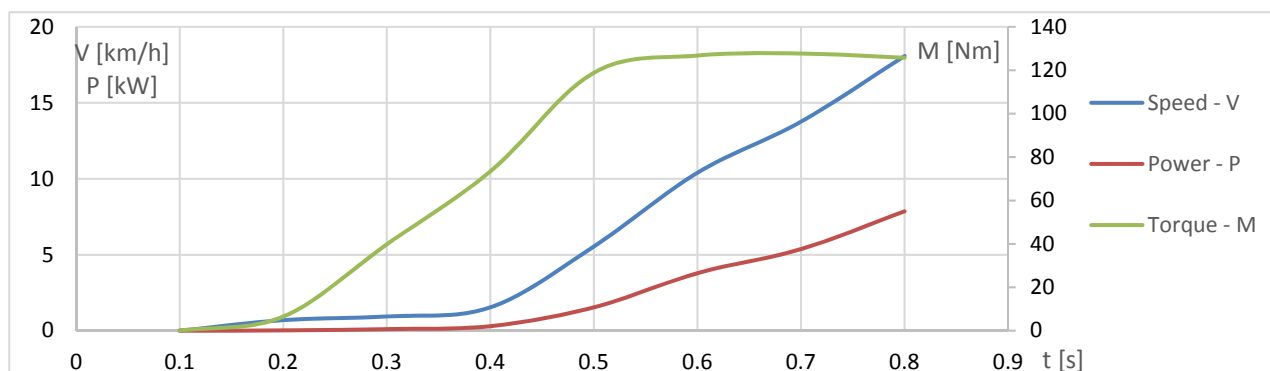


Фиг. 6 Опит 2 Измерване и запис на мощност и въртящ момент

- Режим на ускорение: В този режим двигателя и контролера също са под голямо натоварване. Скоростта нараства до максимална стойност 52km/h за експеримента, мощността остава голяма (средната стойност за този опит е 11,85kW), въртящият момент постепенно намалява, факторът на мощност и КПД на двигателя също нарастват и достигат до максимални стойности.

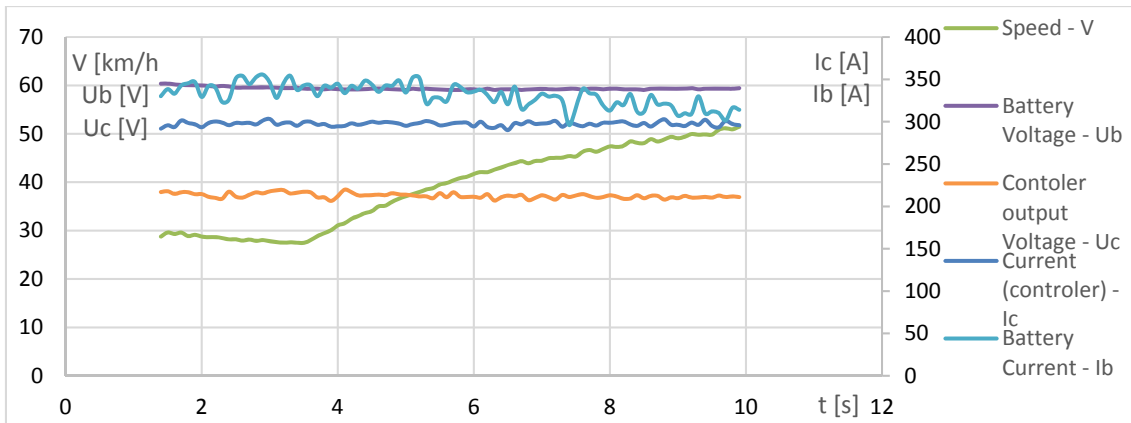


Фиг. 7 Токове и напрежение в режим на потегляне

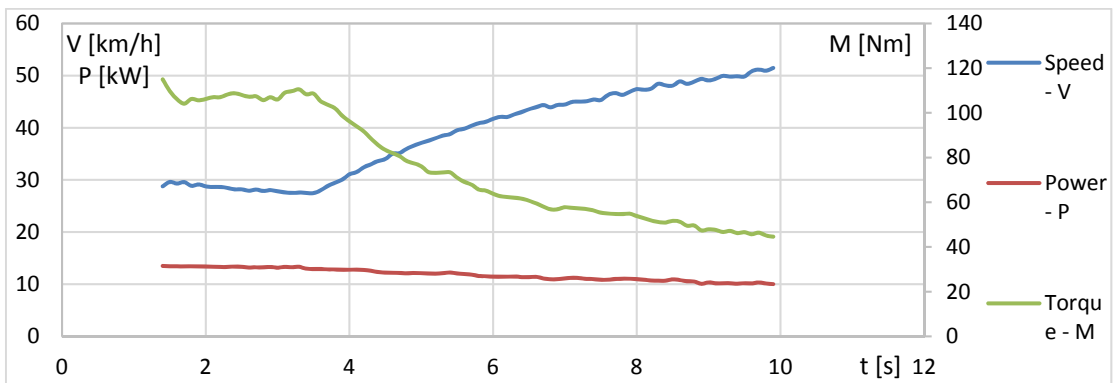


Фиг.8 Мощност и въртящ момент в режим на потегляне

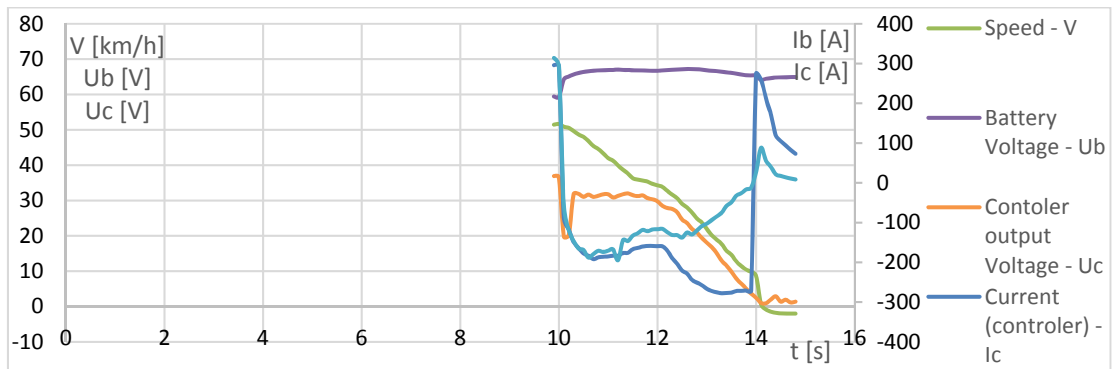
- Режим на движение с постоянна скорост: този режим е най-благоприятен за електродвигателя и контролера. Характеризира се с малък разход на енергия, висок фактор на мощност и КПД на задвижващата система. Показан е на фиг. 5 и 6. На тях ясно се виждат моментите, в които се натиска педала за ускорение на автомобила, за да се поддържа скоростта на движение. В тези моменти стойностите на токовете нарастват, а с тях и тези на въртящия момент и мощността. Средната стойност на консумираната мощност за този опит е 1,7kW.
- Режим на спиране с регенерация: При този режим токът сменя посоката си и е с отрицателен знак, а напрежението се повишава и скоростта намалява. Контролерът на двигателя регулира тока и напрежението. Експериментът показва, че може да се върне мощност до 12kW, която е ограничена софтуерно с цел да се защитят елементите на контролера и акумулаторната батерия от претоварване и повреди. Стойностите на параметрите са показани на фиг. 11 и 12.



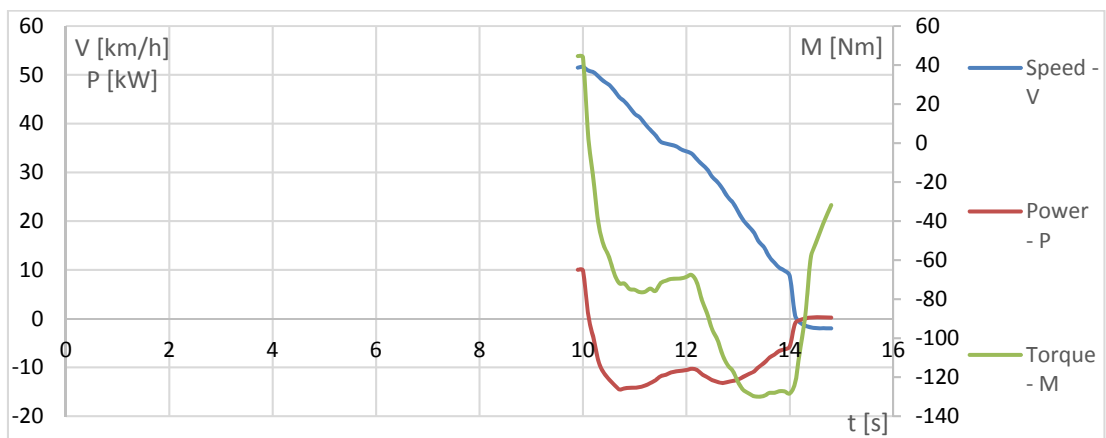
Фиг. 9 Токове и напрежение в режим на ускорение



Фиг. 10 Мощност и въртящ момент в режим на ускорение



Фиг. 11 Токове и напрежение в режим на спиране с регенерация



Фиг. 12 Мощност и въртящ момент в режим на спиране с регенерация

## ИЗВОДИ

- При изследвания в реални пътни условия има възможност да се измерят реалните стойности на техническите параметри и да се построят характеристиките на тяговото задвижване на изследваното превозно средство.
- Направените изследвания дават възможност да се направи анализ на параметрите на задвижващата система в основните режими на работа: потегляне, ускорение, движение с равномерна скорост и спиране с регенерация/рекуперация

## ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Българанов Л. Миленов И. Павлов Г. Джамбазки Ч. Електрозадвижване, София-2009  
[2] Минчева М. Електромеханични устройства, Електрически машини и апарати, София-2008  
[3] Евтимов И. Р. Иванов, Електромобили, Русе 2011  
[4] Иван Миленов, Васил Димитров, Чавдар Джамбазки, Георги Червендинев  
ПРОЕКТИРАНЕ НА ЕЛЕКТРОЗАДВИЖВАНЕ ЗА ГОЛФ-КОЛИЧКА, София 2013

## INVESTIGATION OF OPERATING MODES OF TRACTION ASYNCHRONOUS MOTOR, ACTUATING AN ELECTRIC VEHICLE

Vladislav Boynovski  
[v.boynovski@gmail.com](mailto:v.boynovski@gmail.com)

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

**Keywords:** *electric cars, electric drives, induction motors*

**Abstract:** *The report examines studies of different modes of operation of an asynchronous traction motor, actuating an electric vehicle. The research was performed on a Renault Kangoo, converted from petrol to electric vehicle. An asynchronous motor with vector control is used as a propulsion traction motor. It is equipped with measurement device that allows to record the main properties of the motor: power, torque, motor speed, energy consumption, instantaneous values of current and voltage, motor temperature. The tests were carried out when driving in real urban conditions, and the main parameters of movement, such as speed, acceleration, distance traveled and altitude were recorded using GPS and accelerometer. The following modes of vehicle motion were examined: acceleration, inertial motion, uniform motion, regenerative braking and motion at different road profiles. The mechanical, speed and efficiency - characteristics at different loads are presented.*

*Finally, the obtained results for all operating modes are analyzed.*