

АНАЛИЗ НА ТЕХНИЧЕСКИТЕ ПАРАМЕТРИ И ИЗБОР НА ТИПА НА ТЯГОВ ДВИГАТЕЛ ЗА ЕЛЕКТРОМОБИЛИ

Владислав Бойновски, Иван Миленов
v.boynovski@gmail.com, milenov55@abv.bg

**ВТУ „Тодор Каблешков“
София, 1574, ул. Гео Милев 158
БЪЛГАРИЯ**

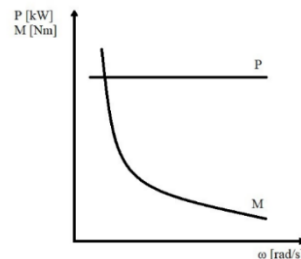
Ключови думи: *електромобили, електрически задвижвания*

Резюме: *В съвременните електромобили се използват различни типове електрически двигатели: постояннотокови колекторни, постояннотокови безчеткови с възбуждане с постоянни магнити, асинхронни, синхронни с възбуждане с възбудителна намотка и синхронни с възбуждане с постоянни магнити. В доклада е направен сравнителен анализ на техническите параметри и характеристики на различните типове тягови електрически двигатели. Посочено е, че при избора на типа на електродвигателя трябва да бъдат взети предвид следните основни изисквания: специфична мощност (мощност от единица тегло), въртящ момент, максимални и номинални обороти, вида на механичната характеристика, КПД и начин на управление. При отчитане на всички посочени показатели в общия случай се стига до еднозначен избор на тягов електродвигател. Всички направени сравнения показват значителни предимства на синхронни двигатели с постоянни магнити, спрямо всички останали използвани в електромобилите с малка и средна мащност. За електромобили с голяма мощност, товарни електромобили и електробуси се използват предимно асинхронни електродвигатели. При малки електромобили с ограничена скорост, електромотоциклети и електровелосипеди, се предпочитат постояннотокови двигатели с възбуждане от постоянни магнити. Тези резултати се потвърждават и от избора, направен от повечето фирми производители на електрически превозни средства.*

УВОД

През последното десетилетие интересът към автомобилите с електрическо задвижване става все по-голям поради факта, че те са превозни средства с нулеви емисии. Това е и основната причина да се правят все повече инвестиции за разработването на електрически задвижващи системи за електромобили и хибриди. Тези задвижващи системи имат около три пъти по-висока ефективност (по-високо КПД) от конвенционалните захранвани от петролни горива. Освен с положителното си влияние върху околната среда и по-голямата си ефективност, електрическите автомобили имат и други съществени предимства пред двигателите с вътрешно горене (ДВГ). Електрическите двигатели имат: по-малки габарити, тегло и цена, по-добри динамични показатели, по-безшумни, имат по-малки експлоатационни разходи.

Съвременните системи за управление на електрическите двигатели дават възможност да бъде реализирана механична характеристика ($M=f(\omega)$) близка до идеалната за задвижване на транспортни средства. Тя представлява равнобедрена хипербола и показва, че при запазване на мощността на двигателя, транспортното средство може да развие както голям въртящ момент (голяма задвижваща сила), така и високи обороти (висока скорост на транспортното средство).

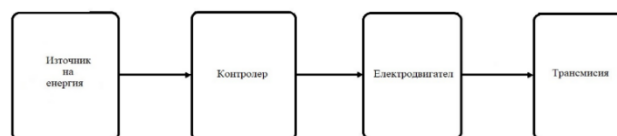


Фиг.1 Идеализирана механична характеристика

Независимо от присъщите му и посочените по-горе предимства електромобила все още не е заел полагаемото му се място. Това може да се обясни с факта, че към момента те все още имат ограничен пробег, по-голямо време за зареждане и все още висока себестойност. Тези недостатъци, постепенно се преодоляват основно с развитието на новите технологии и материали.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Съвременната електрическа задвижваща система се състои от четири основни подсистеми - източник на енергия (батерия), контролер (инвертор), един или няколко електро двигателя и трансмисия. На фиг.2 е показана блок-схема на електрическа задвижваща система [7].



Фиг.2 Блок-схема на електрическа задвижваща система

Различните видове моторни превозни средства имат различни характеристики и от правилния избор на задвижващата система зависи дали може да се изпълнят зададените динамични и икономични параметри на автомобила. Електродвигателите в електромобилите работят при различни условия и натоварвания, поради което те се проектират специално за техните специфични нужди. Те могат да бъдат захранвани с постоянен или променлив ток.[4,5]

Основните видове електродвигатели използвани в електрическите задвижващи системи са: постояннотокови колекторни (BDC), постояннотокови безчеткови с възбуждане с постоянни магнити (BLDC), асинхронни (IM), синхронни с възбуждане с възбудителна намотка и синхронни с възбуждане с постоянни магнити (PMSM).

При избора на двигатели за електрически превозни средства трябва да се вземат предвид следните технически параметри и характеристики: специфична мощност

(мощност от единица тегло), въртящ момент, номинални и максимални обороти, вида на механичната характеристика, КПД, начин на управление. От тези параметри и характеристики зависи цялостната работа на електромобила, така че те трябва да бъдат избрани компетентно и с повишено внимание [5].

В табл. 1 е представен вида на избрания електродвигател за някои от най-популярните електромобили на пазара [10].

Таблица 1

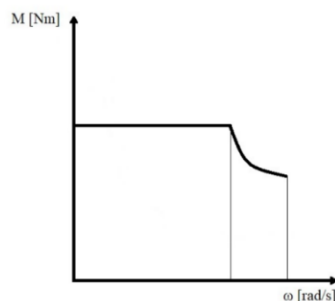
Производител	Страна производител	Година на производство	Вид на електродвигателя
Nissan Leaf	Япония	2013	Синхронен с постоянни магнити
KIA Soul EV	Корея	2014	Синхронен с постоянни магнити
Volkswagen e-Golf	Германия	2017	Синхронен с постоянни магнити
Volkswagen e-Up	Германия	2016	Синхронен с постоянни магнити
BMW i3	Германия	2013	Синхронен с постоянни магнити
Hyundai Ioniq	Корея	2016	Синхронен с постоянни магнити
Ford Focus Electric	Германия	2013	Синхронен с постоянни магнити
Mercedes-Benz B-klasse	Германия	2015	Синхронен с постоянни магнити
Renault Zoe	Франция	2016	Синхронен с роторна намотка
Tesla Model S 75	САЩ	2016	Асинхронен
Toyota Prius	Япония	2017	Синхронен с постоянни магнити

От направеното сравнение в табл.1 може да се види, че в момента автомобилните производители залагат на разработването на задвижващи системи с променливотокови електродвигатели - предимно синхронни с постоянни магнити. Докато в миналото са били предпочитани (BDC) постоянно токовите колекторни двигатели (поради лесното им управление и способността им да постигат висок въртящ момент при ниски обороти), то при съвременните електромобили се приема, че те вече не са конкурентни на променливотоковите. Наличието на колектор ги прави по-ненадеждни, изискват по-честа и скъпа поддръжка и имат по-малка специфична мощност и ефективност спрямо променливотоковите машини. Ето защо в последните години тези двигатели получиха ново развитие. Основният недостатък (наличието) на колектор при BDC двигателите е премахнат с появата на постоянно токовите безчеткови електродвигатели с възбуждане от постоянни магнити (BLDC) [3,5].

При тези двигатели колектора и четките са заменени от сензор, който следи положението на ротора и постоянните магнити и изпраща сигнал към контролера. Липсата на колекторния механизъм подобрява значително ефективността, специфичната мощност, разширява диапазона на ъгловата скорост, налява шума. В същото време се появява нов недостатък. BLDC се захранват и управляват като към тях се подават правоъгълни импулси. Това води до възникване на пулсации във въртящия момент, развиван от тези електродвигатели, както и до по-ниските технически показатели спрямо тези на променливотоковите двигатели. Тези двигатели са

предпочитани за задвижващи системи на малки електромобили с ограничена скорост, електромотоциклети и електровелосипеди, при които изискванията към електрозадвижванията не са толкова високи, колкото при електромобилите.

Направеният сравнителен анализ представен в таблица 1 убедително доказва, че за съвременните електрозадвижвания се предпочитат синхронните електродвигатели с възбуждане от постоянни магнити (PMSM). Тези електродвигатели нямат вторична намотка на ротора си. Поради това при тях се елиминират електрическите загуби на ротора, а магнитните се намаляват. Това води до съществено намаляване на загряването на ротора и опростява въпроса с охлаждането на електродвигателя като цяло. Предимствата на PMSM са сравнително простата и компактна конструкция; малък инерционен момент на ротора и бърза реакция на промяната на режима на работа; Работят по-добре от четковите постояннотокови при висока честота на въртене; В сравнение с асинхронните имат по-добри енергетични показатели и по-гъвкави регулировъчни характеристики. На фиг. 3 е показана тяхната механична характеристика [3,4,5].



Фиг.3 Механична характеристика на PMSM

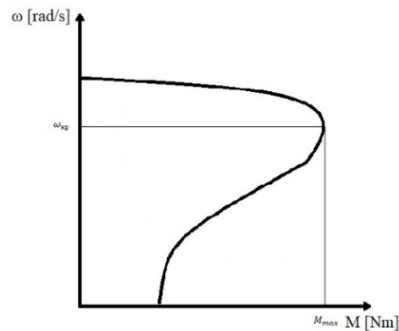
От фигурата се вижда, че тези електродвигатели развиват голям пусков въртящ момент, а дясната част на характеристиката показва, че те могат да развиват и високи обороти. Изброените предимства на PMSM показват и обясняват защо почти всички съвременни електромобили се задвижват от такива двигатели. От техническа гледна точка изборът на вида на електродвигателя за съвременен електромобил изглежда предопределен. Не така стоят нещата, ако въпросът се разглежда в по-глобален мащаб.

Високата и нестабилна цена на суровините за производство на постоянни магнити (наречани не случайно редкоземни), прави несигурно бъдещето на PMSM. Това особено важи при вземане предвид, че технологията на електрическата тяга в бъдещите транспортни системи ще се разгърне в много по-голям мащаб. Ето защо е станало наложително да се намерят алтернативни решения[4].

Като алтернативен вариант на PMSM се разглеждат асинхронните и синхронните двигатели с възбудителна намотка. Те имат проста конструкция, ниска цена, широк диапазон на изменение на ъгловата скорост и не променят характеристиката при повишаване на температурата на двигателя. Недостатците им в сравнение с PMSM са: по-ниската им ефективност, и по-малката специфична мощност.

Асинхронните двигатели, които намират приложение в електромобилите са с накъсо съединен ротор (кафезен ротор) изработен от мед или алуминий. Сравнително простата конструкция на двигателя обяснява неговата висока надеждност и ниските разходи за поддръжка и ремонт. Векторното оптимално управление на тези двигатели им позволява широк диапазон на изменение на ъгловата скорост и запазване на висок

КПД при изменение на натоварването. На фиг.4 е показана външната скоростна характеристика на асинхрония двигател [2,3].



Фиг.4 Механична характеристика на асинхронен двигател

При направени сравнения между аналогични 50kW електродвигател PMSM и 50 kW IM е установено, че IM двигателите имат с около 40% по-голямо тегло и намалена плътност на въртящия момент (въртящ момент от единица обем) с около 25%. Използването на алуминий вместо мед в ротора за асинхронната машина увеличава загубите с още 4% и намалява плътността на въртящия момент с 5%. Това увеличение на загубите води до увеличаване на пиковия инверторен ток с 10-15%. В същото време се намалява теглото и цената на електродвигателя [4,6].

В табл. 2 е показано сравнение на ефективността на разглежданите електродвигатели.

Таблица 2

Тип Двигател	КПД
DC	до 85%
BLDC	до 95%
IM	до 92%
Синхронен	до 90%
PMSM	до 97%

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Съвременният електромобил има променливотоков тягов двигател, към който има завишени изисквания по отношение на габарити, тегло, мощност, въртящ момент, обороти и надеждност.

- В техническо отношение най-големи предимства имат PMSM. В бъдеще тяхното по-широко приложение ще зависи от производството, предлаганите количества и цената на постоянните магнити.

- Като алтернатива на PMSM могат да служат IM и синхронните двигатели с възбудителна намотка. Тяхното запазено място е при много мощните задвижвания - електрически локомотиви, метрополитен, тролейбуси, електробуси и др.

- За задвижващи системи на малки електромобили с ограничена скорост, електромотоциклети и електровелосипеди най-широко се използват BLDC.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Българанов Л. Миленов И. Павлов Г. Джамбазки Ч. Електрораздвижване, София-2009
- [2] Минчева М. Електромеханични устройства, Електрически машини и апарати, София-2008
- [3] Евтимов И. Р. Иванов, Електромобили, Русе 2011
- [4] Villani M. High Performance Electrical Motors for Automotive Applications – Status and Future of Motors with Low Cost Permanent Magnets, 67100 L'Aquila, Italy
- [5] Jape S. Thosar A . Comparison of Electric Motors for Electric Vehicle Application, Aurangabad, Maharashtra, India 2017
- [6] Burwell M. Goss J. Popescu M. Performance/cost comparison of induction-motor & permanent-magnet-motor in a hybrid electric car, Tokyo, Japan, 2013
- [7] Luthra G. Comparison of Characteristics of Various Motor Drives Currently Used In Electric Vehicle Propulsion System, Punjab, India 2017
- [8] Arat H. Numerical Comparison of Different Electric Motors (IM and PM) effects on a Hybrid Electric Vehicle, 31200 Hatay, Turkey, 2018
- [9] Bălățanu A. Florea L.M. Comparison Of Electric Motors Used For Electric Vehicles Propulsion; Bucharest, Romania, 2013
- [10] <https://www.cars-data.com>

ANALYSIS OF TECHNICAL PARAMETERS AND CHOICE OF TRACTION MOTOR TYPE FOR ELECTROMOBILES

Vladislav Boynovski, Ivan Milenov
v.boynovski@gmail.com, milenov55@abv.bg

*Todor Kableshkov University of Transport
Sofia, 1574, 158 Geo Milev str.*

Key words: *electric vehicles, electric drives*

Abstract: *In modern cars different types of electric motors are used: collector dc motor, brush less permanent magnet DC motor (BLDC), asynchronous motor, field winding synchronous motor and permanent magnet synchronous motor (PMSM). In the report a comparative analysis of the technical parameters and characteristics of different types of traction electric motors is made. It is indicated that when making a choice of the type of the motor in the following basic requirements should be taken into account: specific power (unit weight), torque, maximum and nominal speed, type of mechanical characteristic, efficiency and control. The consideration of all these indicators generally leads to a unique choice of traction electric motor. All comparisons made show significant advantages of permanent magnet synchronous motor (PMSM) over all others used in electric vehicles with medium and small power. For high power electric vehicles, electric trucks and electric buses, mostly are used asynchronous motors. In the case of small electric vehicles with limited speed, electric bikes are preferred brush less permanent magnet DC motor (BLDC). These results are confirmed also by the choice made by most companies producing electric vehicles.*