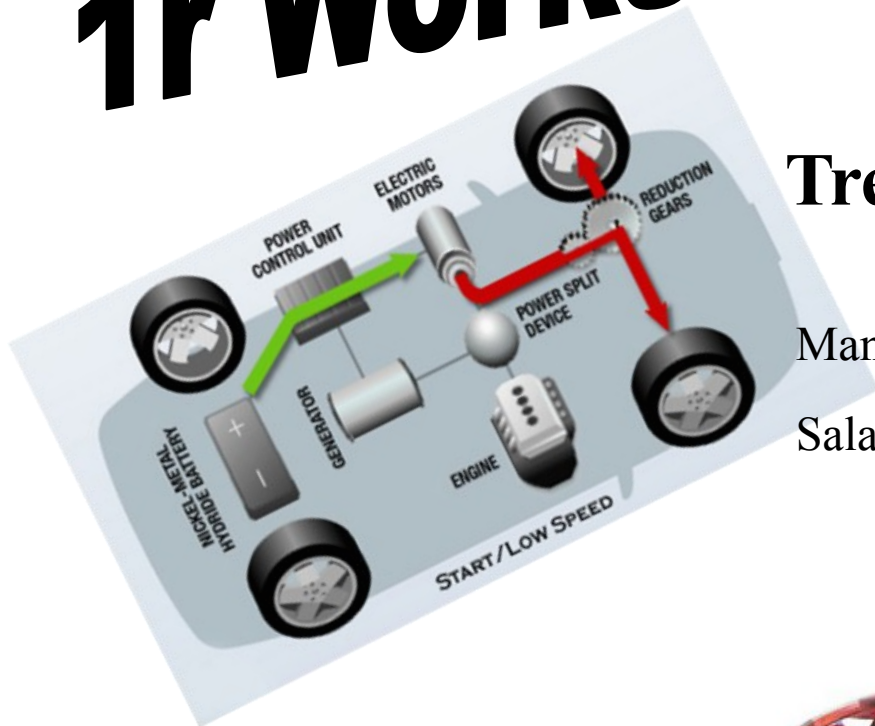


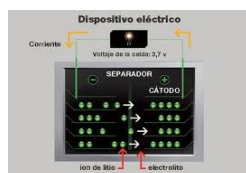
1r Workshop TC2



Treballs realitzats

Manresa, 2 de febrer de 2012

Sala d'actes de l'EPSEM



Enginyeria de
Sistemes TIC

1r Workshop TC2

PRESENTACIÓ

En el marc de l'assignatura de Tecnologies Complementaries 2 (TC2) de la titulació de Grau en Enginyeria de Sistemes TIC, s'ha plantejat com a repte la cerca d'informació relacionada amb diferents aspectes del vehicle elèctric. Els resultats d'aquest treball es mostren en aquest document i es presentaran públicament en el 1r Workshop TC2.

COMITÈ TÈCNIC

Un comitè tècnic format per especialistes del món de la industrial i professors del departament DiPSE, han revisat els treballs realitzats. Hi han participat:

Gabriel Prat de SELBA

David Soler de SELBA

Antoni Biosca d'AUSA

Francesc Bravo de MACSA

Agustí Fontquerni de ISEEB

Josep Solà de MAPRO

Rosa Argelaguet UPC

Victor Barcons UPC

Pere Palà UPC

Jordi Bonet UPC

Francisco del Aguila UPC

Immaculada Martínez UPC

A tots els coordinadors del treball volem agrair la seva desinteressada col·laboració

Coordinació i organització: Teresa Escobet i Joan Bergas

CONTINGUT DEL DOCUMENT

Diferències entre els cotxes elèctrics i els cotxes actuals <i>Pau Benet, Edgar Costa, Joan Martínez, Juli Mas</i>	3
Coches Híbridos <i>Alberto Montón, Albert Garcia, Sandra Pareja, José Manuel Randos</i>	8
La moto elèctrica <i>Nil Camprubí, Xavier Alsina, Arnau Arumi i Josep M. Soler</i>	13
Mètodes de càrrega de vehicles elèctrics <i>E. Boja, A. Catllà, F. Llamas, J. Garriga</i>	19
Els motors en els vehicles elèctrics <i>Pau Soliva, Nil Bacardit, Albert Babí i Arnau Piñero</i>	24
Bateries per al cotxe elèctric <i>Juan Carlos Martínez, Enric Pomar, Francesc Nadal, Gerard Caballero</i>	31

Diferències entre els cotxes elèctrics i els cotxes actuals

Pau Benet^{#1}, Edgar Costa^{#2}, Joan Martínez^{*3}, Juli Mas^{#4}

[#]Segon curs de Grau en Enginyeria de Sistemes TIC

¹juli.mas@estudiant.upc.edu

²pau.benet@estudiant.upc.edu

⁴edgar.costa@estudiant.upc.edu

^{*}Enginyer Tècnic Industrial, Especialitat Electrònica Industrial. Segon curs de Grau en Enginyeria de Sistemes TIC

³juan.martinez.domene@estudiant.upc.edu

Resum— Aquest article reflecteix la recerca que s'ha portat a terme entorn la comparativa entre vehicles de combustió i vehicles amb motor elèctric. Tot i intentar abordar la comparativa des de la visió més ampla possible, és en l'anàlisi dels factors econòmics on pren més força. Sovint aquest és el factor més ponderant alhora de poder escollir un tipus de vehicle i excloure'n un altre, passant per sobre de consideracions ètiques o tecnològiques.

I. INTRODUCCIÓ

El present document pretén donar una visió comparativa entre els vehicles tradicionals, amb motor de combustió interna i els vehicles amb motor elèctric, des de el punt de vista tecnològic, social i econòmic.

El punt de partida, a nivell tecnològic, és l'evolució que el control electrònic ha comportat en el món de l'automoció.

A nivell social, l'aposta per tecnologies netes i la conscienciació sobre el concepte de sostenibilitat és un altre punt clau.

L'economia és l'altre factor que repercuteix en l'elecció d'un cotxe. Moltes vegades els aspectes ètics són deixats a banda per la falta d'un potencial econòmic que permeti accedir a determinats béns.

L'article s'ha estructurat de la següent forma:

A la secció 2 s'ofereix una introducció amb la finalitat de tenir una perspectiva social i històrica de l'evolució dels vehicles automòbils, la tecnologia i l'ecologia. En la secció 3 es fa la comparativa de vehicles elèctrics, sobretot des del punt de vista del cost, i d'aquests amb les seves versions equivalents en vehicles de combustió. A continuació, tenim la secció 4 on s'apunten les diferències tecnològiques com a canvis estructurals en el concepte de vehicle. Aquestes es mostren des d'un punt de vista interessant: el canvi de tecnologia en un cotxe de combustió existent. La secció 5 és una breu nota que ha de permetre caracteritzar aquest treball en el temps, ja que queda ràpidament desfasat a causa de l'evolució tecnològica i la reducció de costos en la producció de vehicles elèctrics. Per acabar, la secció 6 es sintetitza l'article en forma de conclusions a partir de les dades i les diferents comparacions que s'han apuntat.

II. ÀMBIT HISTÒRIC I SOCIAL

En l'evolució dels vehicles a motor[2], des del segle XIX fins a dia d'avui, la indústria ha avançat sempre incorporant en aquests vehicles tota la tecnologia disponible en el moment.

L'evolució ha fet el seu camí, ja sigui en quant a millorar el rendiment dels sistemes de propulsió, l'ús de nous materials, noves línies de disseny, sistemes de fabricació més eficaços o augmentar confort i seguretat en els vehicles.

En les darreres dècades s'ha pogut veure que l'electrònica ha passat a ocupar un espai dominant en els vehicles automòbils convencionals. Nous requeriments en seguretat, contaminació, utilitat i confort ho han propiciat.

Aquestes aportacions de l'electrònica les podem classificar tal com es mostren a la TAULA 1.

D'altra banda, des dels anys 50~60 fins a principis del segle XXI ha existit un increment sobre l'ús de l'automòbil, fet que a propiciat una expansió en la indústria i un enriquiment dels sectors directament involucrats. Actualment, amb el mercat de vehicles occidental saturat i la seva economia en recessió, el sector pateix un canvi de tendència.

Cal tenir en compte la pressió mediambiental a la que s'està sotmetent el nostre planeta. Durant el segle XX s'han consumit els recursos fòssils sense mesura i s'ha estat emetent càrrega contaminant contra els factors ambientals amb una manca total de responsabilitat. La "gran idea" com a resposta ha estat la introducció dels bio-combustibles. Aquests, lluny de millorar el problema existent amb els combustibles fòssils, en generen un de nou: l'abandonament de cultius tradicionals destinats a l'alimentació per cultius destinats al combustible i el posterior encariment dels aliments en zones amb mancança alimentària [3].

S'estan obrint nous mercats, anomenats emergents [4]: Xina, l'Índia o Brasil, entre d'altres. Les economies emergents suposen més de 3.000 milions d'habitants que s'estan convertint en consumidors de ple dret. Aquests, en molts casos, estan apostant per una indústria pròpia també en el sector dels vehicles automòbils.

TAULA 1

APORTACIONS DE L'ELECTRÒNICA EN ELS VEHICLES CONVENCIONALS

Secció del vehicle	Equip
Cos i Confort	I-Drive (Control tot-en-un). Seients calefactats. Posició de conducció ajustable electrònicament. Suspensions actives/semi-actives Mirall retrovisor electro-cròmic.
Grup Motopropulsor	Unitat de Control de Motor (Engine Control Unit o ECU). Grup de conducció Híbrid.
Conducció Segura Activa i Passiva	ABS ESP Control de tracció Assistent de aparcament Assistent de conducció Visió nocturna Sistemes anti-col·lisió Airbags Control de pressió de neumàtics Fars adaptatius Cruise-control monitor de frenada
Seguretat	Alarma GPS Clau intel·ligent
Informació i Entreteniment	Intercomunicadors Car-PC GPS Reproductor DVD Equips Àudio
Transmissió per cable	Canvi automàtic/seqüencial

En resum, per una banda existeix una indústria que vol seguir fabricant i creixent a qualsevol preu, sense parar-se a pensar en la seva responsabilitat social i per altra banda un mercat en que el creixement esperat vindrà donat per les economies emergents, que es plantegen les seves necessitats de consum com una oportunitat de creixement. Per últim, una necessitat imperiosa de canvi envers al comportament ambiental, no per responsabilitat, si no com una manera de seguir aportant quelcom diferent que el client estigui disposat a consumir, com una idea de màrqueting.

Considerant tots aquests criteris: els grans lobbies automobilístics i energètics, conjuntament amb la complicitat legisladora dels governs, fan un gir, necessari des de fa temps, per tal de donar impuls a vehicles més sostenibles. Aquí, retorna una idea que ja existia des de 1834[2].

III. COMPARATIVA

Quan es vol realitzar una comparativa social entre vehicles elèctrics i vehicles de combustió, amb el primer que es pensa és amb l'aspecte econòmic. Amb aquest objectiu, l'estudi realitzat compara 5 vehicles elèctrics amb tres vehicles de

combustió de gamma equivalent. La selecció dels vehicles comparats s'ha fet amb la intenció de buscar varietat i poder per tant realitzar una comparació el màxim d'heterogènia. Els vehicles elèctrics seleccionats han sigut:

- Mercedes Clase A (Elèctric)
- Citroën C-Zero
- Peugeot ION
- Mitsubishi iEV
- Nissan Leaf

S'han seleccionat aquests vehicles de forma arbitrària, però fent un anàlisi més exhaustiu s'ha trobat que els vehicles Citroën C-Zero, Peugeot ION i Mitsubishi iEV resulten ser, des d'un punt de vista estructural, el mateix vehicle. Es pot veure en la referència [5], on queda especificat que l'origen d'aquests vehicles és el produït per la marca Mitsubishi. De totes maneres, aquests tres vehicles es consideren per separat en les comparatives d'aquest estudi, ja que tenen un ventall de mercat més ampli al ser marques diferents.

Pel que fa als vehicles de combustió s'han escollit els equivalents en marca i característiques a aquests vehicles elèctrics. Són:

- Mercedes Clase A
- Citroën C1
- Nissan Note

En aquest primer anàlisi de característiques s'han considerat els quilòmetres d'autonomia, la velocitat punta i el cost mig per quilòmetre. En el vehicle elèctric TAULA 2 trobem que les autonomies van de 150 a 250 quilòmetres, tenen una velocitat punta propera als 130 km/h i un cost al voltant dels 2 euros cada 100 km. Això ens indica que aquests cotxes tenen el seu nínxol de mercat en el transport per zona urbana.

TAULA 2

COMPARATIVA ENTRE VEHICLES ELÈCTRICS

	Autonomia (km)	Vel. Punta (km/h)	Cost (€/100Km)
MERCEDES CLASSE A	255	150	2,5
CITROËN C-ZERO	150	130	2
PEUGEOT ION	150	130	2
MITSHUBISHI iev	150	130	1,62
NISSAN LEAF	175	145	2

D'altra banda, els vehicles amb motors de combustió TAULA 3 presenten unes autonomies molt majors: superiors

als 1000 km, una velocitat punta que ronda els 170 km/h i el cost del combustible és proper als 5 euros per cada 100km, tot i que es pot disparar en consums urbans. Aquest tipus de vehicle te un ús més flexible, ja que permet fer viatges més llargs, velocitats més elevades i alhora servir com un vehicle utilitari urbà.

TAULA 3

COMPARATIVA ENTRE VEHICLES COMBUSTIÓ (GAMMA EQUIVALENTS ALS ELÈCTRICS)

	Autonomia (km)	Vel. Punta (km/h)	Cost (€/100Km)
MERCEDES CLASE A	1200	170	5,85
CITROËN C-1	777,78	157	5,85
NISSAN NOTE	1095,24	168	5,46

Si es considera el factor purament econòmic, els preus dels vehicles elèctrics estan tots al voltant dels 30.000€, mentre que en el sector de vehicles de combustió trobem una disparitat de preus molt gran (de 7.380 € fins a 21.000 €). Dels vehicles elèctrics comparats el que ens ha cridat més l'atenció en quant a preus, són les condicions especials en que s'oferta el Mercedes. Concretament, el Mercedes Clase A és un vehicle que s'ofereix sota un contracte similar a lloguer, el qual estipula que aquest vehicle ha de ser retornat al fabricant passats 4 anys de la venda i mentrestant, s'ha de pagar una quota de lloguer del vehicle de 650 € al mes. Aquest fet fa que el cost d'aquest vehicle hagi de ser assumit en el temps en que es gaudeix (4 anys) i per tant, el cost de l'amortització no pot ser allargat més enllà d'aquest temps.

De totes formes per disposar d'una comparativa econòmica eficient entre els diferents vehicles s'han de contemplar diferents aspectes com els temps d'amortització dels costos de compra dels vehicles i el quilometratge estimat que es pot realitzar amb el vehicle anualment. Tenint en compte aquests dos factors conjuntament amb el preu i el cost de consum cada 100 Km s'obté TAULA 4.

TAULA 4

CÀLCUL COMPARATIU DEL COST PER ANY DELS DIFERENTS VEHICLES

Vehicles Elèctrics	Temps d'amortització (anys)	Quilometratge anual (km/any)	Cost total per any (€/any)
Mercedes Clase A	4	15000	8175,00
Citroën C-Zero	9	15000	3522,22
Peugeot ION	9	15000	3633,33
Mitubishi iEV	9	15000	3482,22
Nissan LEAF	9	20000	3733,33
Vehicles	Temps	Quilometratge	Cost total per

Combustió	d'amortització (anys)	anual (km/any)	any (€/any)
Mercedes Clase A	6	15000	4377,50
Citroën C-1	5	15000	2353,50
Nissan Note	6	20000	3840,33

En el cas del Mercedes Clase A elèctric, pel que fa al cost de consum als 100 km és molt més baix que el del Mercedes Clase A; pràcticament la meitat (TAULA 2 i TAULA 3 respectivament). Tot i això, el cost anual del vehicle elèctric (TAULA 4) és un 87% més elevat que el cost del vehicle tèrmic, aquest fet, és degut a la limitació d'haver d'amortitzar el cotxe en el període de 4 anys, marcat per contracte. Aquest cost és molt elevat inclús comparat amb altres vehicles elèctrics perquè els altres, al ser de propietat, permeten un temps d'amortització més llarg (5 anys).

Si comparem els vehicles elèctrics fabricats per Mitsubishi, Citroën i Peugeot amb el Citroën C1 trobem que de mitjana, el cost anual del vehicle elèctric és de 3.545,93 €/any, mentre que el del vehicle de combustió és de 2.353,50 €/any. Això fa un 50,7% més costós el vehicle elèctric respecte la seva contrapart de combustió.

En la comparació del Nissan Note amb relació al Nissan Leaf s'obté un fet molt curiós, el vehicle elèctric és menys costós que el vehicle amb motor de combustió, concretament és un 2,8% més econòmic, amb un cost anual de 3.733,33 €/any.

IV. DIFERÈNCIES TECNOLÒGIQUES ENTRE UN COTXE CONVENCIONAL I UN D'ELÈCTRIC.

Una bona manera de comparar les diferències entre un cotxe convencional i un cotxe elèctric és fixar-nos en treballs recents de gent la qual ha transformat el seu propi cotxe fent-hi unes quantes modificacions.

Primer de tot, cal substituir el motor, de gasolina o gasoil del cotxe en qüestió per un d'elèctric. També s'haurà de treure el dipòsit que serà "substituit" per un seguit de bateries connectades de tal manera que se'n pugui treure la màxima energia possible, però que alhora proporcionin una gran autonomia al vehicle. Després faltaria polir certs detalls com el canvi de marxes, els frens (ja que en els cotxes convencionals funcionen fent servir el buit que crea el motor), l'indicador de nivell de bateria i d'altres.

Fent això, s'obté un cotxe que vist des de fora, aparentment serà un cotxe alimentat per combustible fòssil, però que en realitat serà elèctric.

Els principals avantatges són l'estalvi econòmic en combustible, la reducció de les emissions de CO₂ i la reducció de la contaminació acústica. Però d'altra banda, el consum elèctric per carregar un cotxe elèctric també existeix i també augmenta amb el temps, a part d'això les bateries d'un cotxe elèctric tenen una autonomia d'entre 150 i 255km i una vida útil d'uns 4 anys.

La S'ha produït un error: No s'ha trobat la font de referència resumeix els canvis entre ambdós tipus de vehicle.

TAULA 5

RESUM DELS CANVIS ENTRE VEHICLES DE COMBUSTIÓ I ELÈCTRICS

Vehicles de combustió	Vehicles elèctrics
Motor de combustió	Motor elèctric: Potenciòmetres connectats a l'accelerador que envien senyal al controlador. Controlador del motor (subministraments d'energia)
Entrada del dipòsit	Punt de corrent
Dipòsit	Bateries
Canvi de marxes	Interruptor amb control d'avanç i retrocés
Indicador de combustible	Indicador del nivell de bateria
Motor calefacció	Afegir un escalfador elèctric

V. MERCAT EN EVOLUCIÓ

El treball que s'ha realitzat en el present article mostra una instantània en un moment determinat. Posteriorment al moment inicial de recollida de dades l'equip d'investigació s'ha assabentat que han aparegut en el mercat nous models de vehicles elèctrics amb un preu notablement més competitiu que els que s'han mostrat al llarg d'aquest article.

Han aparegut al mercat tres nous vehicles elèctrics de Renault en tres sectors de consum molt diferents:

- Fluence Z.E.: Berlina esportiva a partir de 25.800 €.
- Kangoo Z.E.: Furgoneta comercial a partir de 20.000 €.
- Twizy: Vehicle urbà monoplaça a partir de 6.990 €.

Així doncs podem treure dues conclusions prèvies a part de les conclusions del treball d'investigació realitzat:

- El mercat del vehicle elèctric està viu i en evolució.
- El client objectiu del vehicle elèctric s'ha d'anar democratitzant, tant en preu d'adquisició dels vehicles, com en la gamma que s'anirà oferint.

VI. CONCLUSIONS

Sense tenir en compte les aparicions d'altres vehicles que en el transcurs d'aquesta cerca bibliogràfica han sorgit, es pot concloure que existeix una forta uniformitat de vehicles elèctrics i que aquests són fruit de *Joint Ventures* entre diferents companyies automobilístiques.

Per altre banda, no existeix una comparativa clara entre si és millor un vehicle elèctric o un vehicle de combustió

convencional de moment, sembla que el factor decisiu pot recaure en 2 paràmetres:

1. Autonomia, que condiciona l'ús urbà o interurbà del vehicle.
2. Disponibilitat de utilització, cal comptar que el vehicle elèctric requereix un temps de càrrega, fet que limita la seva disponibilitat.

Vist des d'un punt de vista ètic és una molt bona opció ja que és una idea sostenible necessària per la nostre societat amb escassetat de combustibles fòssils. Tot i així, donada la situació actual econòmica actual, el preu de venda del cotxe elèctric i el temps de càrrega, fa pensar que difícilment s'esdevindrà, a mitjà termini, un ús majoritari del cotxe elèctric.

Per l'usuari, altres factors comparatius de tipus tecnològic són menys importants a l'hora de decidir-se per un tipus de vehicle o un altre, ja que com s'apuntava des de la introducció, la tecnologia electrònica està fermament instal·lada en el món de l'automoció des de fa un temps.

En termes generals es pot concloure que, pel tipus de vehicles comparats, l'opció d'un vehicle elèctric sembla més interessant en el cas de que se'n faci un ús prou intensiu i majorment en ciutat.

Futures noves gammes de vehicles elèctrics hauran d'omplir els forats de mercat que encara tenen aquest tipus de vehicles.

AGRAÏMENTS

Aquest treball no hagués estat possible sense l'ajuda de la nostre professora, la Teresa Escobet, que ens ha ajudat i ens ha recolzat en tots els sentits, tant a la universitat com a casa.

També volem agrair a totes les cases comercials que ens han atès amb molta amabilitat i ens han donat tota la informació sol·licitada.

REFERÈNCIES

- [1] [PISA] F. BARONTI, F. LENZI, R. RONCELLA, and R. SALETTI, "Automotive Electronics: a perspective on in-motorcycle and in-car Electronic system" Univ. Di Pisa, Italy.
- [2] [WIKI 1] Anon. (2011) Automòbil – Viquipèdia. [ONLINE]. [Cited 18 September 2011b]. Available: <http://ca.wikipedia.org/wiki/Autom%C3%B2bil>
- [3] [HUM] B. BAFANA (2010) El eterno dilema entre alimentos y biocombustibles – periodismohumano. [ONLINE]. [Cited 18 September 2011c]. Available: <http://periodismohumano.com/economia/el-eterno-dilema-entre-alimentos-y-biocombustibles.html>
- [4] [WIKI 2] Anon. (2011) Mercat emergent - Viquipèdia. [cited 18 September 2011d]. Available: http://ca.wikipedia.org/wiki/Mercat_emergent.
- [5] [MIEV] Anon. (2011) Mistubishi i-MiEV. [ONLINE]. [Cited 23 September 2011c]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Mitsubishi_i-MiEV
- [6] (2008) Transformació d'un cotxe a elèctric. [ONLINE]. Available: <http://www.forocoches.com/foro/showthread.php?t=936189#>

- [7] (2009) Tràmits transformació d'un cotxe. [ONLINE]. Available: <http://www.forococheselectricos.com/2009/08/pasos-para-homologar-la-conversion-de.html>
- [8] (2011) Gama Renault vehicles elèctrics. [ONLINE]. Available: <http://www.renault.es/gama-renault/gama-vehiculos-electricos/>
- [9] (2011) Proyecto de Movilidad Eléctrica. [ONLINE]. Available: <http://movele.ayesa.es/movele2/muestraVehiculos.php>
- [10] (2011) El blog de los coches eléctricos. [ONLINE]. Available: <http://cocheseco.com/>
- [11] Mitsubishi Motors, "Mitsubishi Innovative Electric Vehicle," MMC Automoviles España, 2011.
- [12] Citroën, "Nuevo Citroën C-ZERO," Citroën Automoviles España, 2011.
- [13] Gutenberg networks-Automobiles Peugeot, "Peugeot iOn," Automoviles Peugeot, 2011.

Coches Híbridos

Alberto Montón, Albert Garcia, Sandra Pareja, José Manuel Randos

Segundo curso del Grado en Ingeniería de sistemas TIC

alberto.monton@estudiant.upc.edu

albert.garcia.lagares@estudiant.upc.edu

sandra.pareja@estudiant.upc.edu

jose.manuel.randos@estudiant.upc.edu

Resumen— Este documento habla sobre los coches híbridos. Un vehículo híbrido es un vehículo de propulsión alternativa combinando un motor movido por energía eléctrica proveniente de baterías y un motor de combustión interna.

I. INTRODUCCIÓN

Se compone de varios apartados de los cuales, en el primero se habla sobre la evolución que ha tenido el coche híbrido a lo largo de la historia. En el segundo apartado se detallan los componentes que se utilizan y una pequeña descripción de su funcionamiento. En el apartado tres se comentan las diferencias que hay de funcionamiento entre el sistema en serie y el paralelo. En el siguiente se comentan las ventajas e inconvenientes del híbrido. Después describimos, un poco, el sistema de control. Y por último ponemos un ejemplo de coche híbrido comercial.

II. EVOLUCIÓN DEL COCHE HÍBRIDO

Cuando empezó el siglo XX el ser humano ya conocía el automóvil, y por entonces, los motores eléctricos y de vapor eran los reyes de las carreteras, frente a los torpes e ineficientes motores de combustión interna de gasolina. Los eléctricos eran silenciosos y económicos, gozaban de buena aceptación. Sin embargo, tenían un gran problema, la tecnología de las baterías eléctricas era escasa debido a la autonomía reducida, tiempos de recarga lentos y se añadía mucho peso al conjunto, había que buscar una forma de eliminar esta desventaja y de ahí nacieron los coches híbridos. En 1895 un periodista francés dijo que la combinación de petróleo y electricidad daría muchas sorpresas en el futuro. El primer diseño de un vehículo eléctrico se remonta a 1828, pero no podemos considerarlo un coche. Podemos citar que entre 1832 y 1839 es cuando se inventó el primer carruaje. Debido a los continuos problemas por falta de diseño en la correcta propulsión, la evolución de éstos no llegó hasta que se realizó el desarrollo de las batería recargable que consiguió eliminar el problema de las primeras pilas, que al agotarse eran inservibles. En 1890 se promocionó un tranvía con propulsión híbrida que alternaba un motor de gas y uno eléctrico, que posteriormente se introduciría en autobuses camiones y otros tipos de vehículos de grandes dimensiones. En 1899 España disponía de modelos como el carruaje biplaza, una camioneta, un camión y un autobús todos de tipo eléctrico. Opcionalmente podían tener un motor de gasolina unido a un generador que se encargaba de recargar las baterías

constantemente, esto es lo que se conoce como híbrido que explicaremos posteriormente. Debido a los continuos problemas que ocasionaban los acumuladores eléctricos degeneraron que en 1901 se dejaron de fabricar en España.

En 1899 un empleado de Jacob Lohner & Co, empresa puntera en el sector en aquel entonces, hace su primer diseño de un coche híbrido, con motor eléctrico y de gasolina. Su diseño consistía en un motor de gasolina que giraba a velocidad constante, alimentando una dinamo, para cargar unas baterías eléctricas. Además, el arranque del motor de gasolina se hacía mediante la misma dinamo. La energía eléctrica se utilizaba para mover motores eléctricos en el eje delantero metidos dentro de las ruedas, el excedente se almacenaba. Es considerado el primer coche híbrido de producción del Mundo y el primer vehículo de tracción delantera. Tenía 64 km de autonomía sólo con baterías. No había conexión mecánica entre el motor térmico y las ruedas, así que no necesitaba transmisión o embrague y su rendimiento era impresionante comparado con los primeros vehículos que se podían adquirir llegando a fabricarse 300 unidades del Lohner-Porsche pero aunque la tecnología de estos vehículos era fiable, no podía competir en costes con los coches de gasolina, donde además se había introducido el arranque eléctrico de estos motores que resultaba a veces peligroso. Con estas mejoras y un sistema de producción en cadena de forma relativamente barata hizo que Lohner-Porsche dejara de fabricar 1906. Varios inventores intentaron continuar con las andanzas pero fue imposible destronar al motor de gasolina en los años posteriores. Debido a la crisis del petróleo de 1973, hasta entonces, no se volvió a la producción de estos vehículos. Varias marcas desarrollaron sus iniciativas para intentar remontar en los años posteriores pero no es hasta 1997 que se comercializa de nuevo el coche híbrido tal y como se conoce en estos momentos. Hasta la actualidad varias empresas automovilísticas han comercializado estos vehículos pero el elevado precio ha sido la mayor dificultad en las ventas. Japón y EE.UU han sido los grandes impulsores ya que, gracias a la barata mano de obra que pueden disponer, pueden competir en el precio de venta. También podemos citar que el mayor impulso se debe también, a las legislaciones de emisiones cero que se ha acordaron entre países del mundo remontándose al 2008 (tratado de Kyoto). Realmente si no se ha impulsado más este sector es porque deriva de un tema político donde no se puede entrar por las continuas contradicciones que existen.

III. COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO

A continuación, un pequeño resumen del funcionamiento del vehículo híbrido, componentes más destacados que se utilizan como motor de combustión, motor eléctrico, baterías, generador eléctrico y el sistema de transmisión. Podemos citar también el depósito de combustible, las ruedas y la aerodinámica, que no describiremos por cuestiones de semejanza con el coche de combustión.

A. Principios de funcionamiento

Los vehículos híbridos (VEH) disponen de un motor térmico y de uno eléctrico. Se beneficia de las ventajas de la propulsión eléctrica, pero sin tener que incorporar las baterías grandes y pesadas de los vehículos totalmente eléctricos. También incluyen unas baterías más pequeñas, para recuperar energía de las frenadas, las retenciones, etc.

Todas las configuraciones que adoptan los fabricantes para el VEH están formadas por propulsión (motor de combustión interna más un motor eléctrico que a la vez es generador) y complementados (almacenamiento de energía para el proceso regenerativo, y gestor electrónico de demanda de potencia). Existen principalmente dos configuraciones en serie y en paralelo.

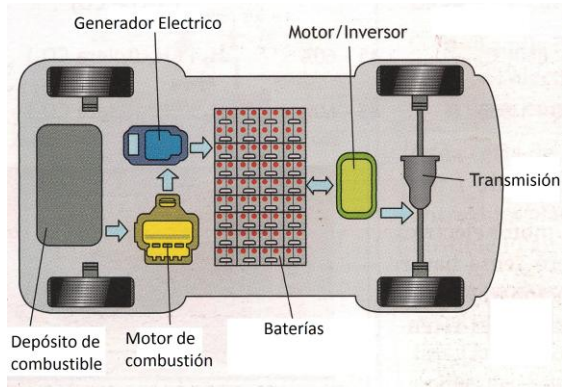


Figura 1. Configuración serie

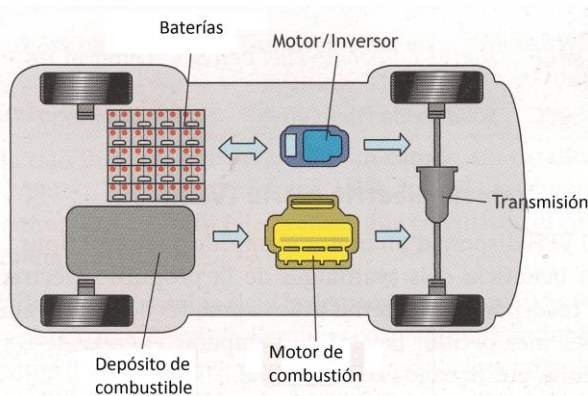


Figura 2. Configuración paralela

B. Componentes

- Motor de combustión interna. Mecanismo que utiliza el poder calorífico del combustible para la creación de energía. Esto lo consigue sometiendo el combustible a una elevada presión, que lo lleva a estallar. La energía calorífica que se genera en esta explosión es transformada en energía cinética para iniciar otra vez el ciclo. Los motores de combustión interna pueden ser: motores de cuatro tiempos (tipo Otto), motores diesel y motores de dos tiempos, que se diferencian entre ellos por el tipo de mezcla que utilizan, la forma de encender la mezcla y el proceso de los ciclos.

- Motor eléctrico. Es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de interacciones electromagnéticas. Los motores eléctricos pueden ser de corriente alterna y de corriente continua, que se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el cual circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, este tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético. El conductor tiende a funcionar como un electroimán a causa de la corriente eléctrica que circula por el mismo, adquiriendo de esta manera propiedades magnéticas, que provoquen, a causa de la interacción con los polos situados en el estator, el movimiento circular que se observa en el rotor del motor. Partiendo del hecho que cuando pasa una corriente por un conductor produce un campo magnético, y si lo ponemos dentro de la acción de un campo magnético potente, el producto de la interacción de ambos campos magnéticos hace que el conductor se desplace, produciendo así la energía mecánica.

- Baterías. Dispositivos que almacenan energía eléctrica, usando procedimientos electroquímicos, y que posteriormente la devuelve casi en su totalidad. Este ciclo puede repetirse por un determinado número de veces. Se trata de un generador eléctrico secundario, es decir, un generador que no puede funcionar sin que se le haya suministrado electricidad previamente mediante lo que se denomina proceso de carga.

- Generador eléctrico. Es una máquina eléctrica que realiza el proceso inverso que un motor eléctrico, el cual transforma la energía eléctrica en energía mecánica. Todo y que la corriente generada es corriente alterna, puede ser rectificadora por tal de obtener una corriente continua. El generador eléctrico es capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus bornes, es una máquina destinada a transformar la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos distribuidos sobre una armadura (denominada también estator). Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generará una fuerza electromotriz (F.E.M.) de acuerdo con la ley de Faraday.

- Sistema de transmisión. Se trata del sistema encargado de trasladar el movimiento del motor (giro del cigüeñal) a las ruedas. Consta de cuatro partes embrague, caja de cambios, árbol de transmisión y grupo cónico-diferencial. El embrague está situado entre el motor y la caja de cambio, es el encargado de transmitir el giro del motor (cigüeñal) al sistema de transmisión. La caja de cambios es el elemento encargado de acoplar el motor y el sistema de transmisión con diferentes relaciones de engranaje, de tal forma que la misma velocidad de giro del cigüeñal puede convertirse en diferentes velocidades de giro en las ruedas. El resultado en las ruedas de tracción generalmente es la reducción de velocidad de giro e incremento del par motor. El árbol de transmisión recibe el movimiento de giro del eje secundario. El árbol se une al eje secundario y al puente de atrás mediante juntas Cardan flexibles. El grupo cónico-diferencial transforma el giro longitudinal del árbol de transmisión en giro transversal de los palieres desmultiplicando constantemente el giro del árbol. Se componen de piñón de ataque, corona, satélites y planetarios, manteniendo constante la suma de velocidades angulares porque las ruedas motrices en las curvas puedan girar a diferentes velocidades.

IV. TIPOS DE SISTEMAS HÍBRIDOS

En el apartado anterior se ha indicado que el coche híbrido presenta dos tipos de configuración: serie y paralelo. En esta sección se presenta el funcionamiento básico de dichas configuraciones.

A. Configuración en serie

El motor térmico recarga las baterías cuando sea necesario, y la propulsión es únicamente eléctrica y alimentada por las baterías. Las ventajas son: una simplificación de la transmisión que consigue tener el motor térmico en su punto óptimo de trabajo, reduciendo las emisiones contaminantes y el consumo. Los inconvenientes son: baterías más grandes, menor rendimiento en el tránsito energético mecánico-eléctrico-mecánico y mayores dimensiones en el motor eléctrico. Podemos observar una representación de esta configuración en la Figura 1. Configuración serie.

B. Configuración en paralelo

El motor térmico y el eléctrico pueden mover la transmisión. Dependiendo de las diferentes versiones, la propulsión puede ser por el motor térmico, por el motor eléctrico o por ambos a la vez. El aprovechamiento energético es mayor que en la versión en serie. En la Figura 2. Configuración paralela se ve esta distribución. Para este tipo de configuración en paralelo, existen diversas variantes:

- FULL HYBRID. Posible propulsión únicamente por motor eléctrico, térmico o ambos al mismo tiempo.
- INPUT-SPLIT HYBRID. El motor eléctrico siempre está girando y el motor térmico sólo cuando es necesario. Consta del motor térmico, de dos motores eléctricos, el sistema PSD y el sistema de alta potencia (conjunto inversor). Así eliminamos la caja de cambio y el motor de arranque. Las conexiones mecánicas y la electrónica consiguen que el motor térmico trabaje en un punto óptimo, con lo que puede aportar:

par a las ruedas, velocidad de rotación extra en las ruedas o generación de electricidad. Por otro lado, también puede estar parado y funcionan únicamente el eléctrico. Es el sistema patentado por Toyota que se denomina Hybrid Sinergy Drive (HSD).

- COMBINATIONED-SPLIT HYBRID. Presenta sistemas de acoplamiento diferente para cada motor, por lo que puede funcionar de forma independiente, controlando la potencia que aporta cada motor. Desarrollado por GM, Daimler-Chrysler y BMW. Es similar al Toyota, pero con dos cajas de planetarios.
- PLUG-IN HYBRID. Es una full-Hybrid con baterías mayores y que dispone de la posibilidad de carga exterior.
- ASSIST HYBRID. Motor térmico siempre funcionando y eléctrico de ayuda. El motor eléctrico, que además hace las funciones de generador, ayuda al térmico cuando lo necesita, recarga baterías cuando sobra energía y arranca el térmico. Desarrollado por Honda y denominado IMA (Integrated Motor Assist).
- HYDRAULIC-HYBRID. El motor eléctrico es sustituido por una bomba y las baterías por un acumulador de aire comprimido. Desarrollado por Volvo e implementado en el Ford F-350 Mighty Tonka.
- MILD HYBRID. Vehículo convencional con motor de arranque sobredimensionado. Puede incluir frenada regenerativa pero su rendimiento es inferior a un Full Hybrid. El Chevrolet Silverado es un ejemplo.

V. VENTAJAS E INCONVENIENTES

A continuación destacamos algunas ventajas del coche híbrido respecto al convencional.

A. Ventajas

- 1) Reducción de la emisión de gases contaminantes y una mejor eficacia en el consumo de combustible fósil.
- 2) Menor contaminación acústica.
- 3) Mayor autonomía que los coches eléctricos simples y recarga mucho más rápida.
- 4) El motor eléctrico es muy potente y dinámico y no se descargan las baterías por dejar algo conectado.
- 5) Este vehículo ecológico es más suave. Su motor es más eficiente que el convencional, así como de respuesta más rápida.
- 6) El coche híbrido puede funcionar para recorridos cortos con sólo con el motor eléctrico.

B. Desventajas

- 1) El coche híbrido cuenta con mayor dificultad a la hora de reparar alguna avería.
- 2) Este vehículo ecológico cuenta entre sus componentes con bastante cantidad de materiales escasos en la naturaleza u obtenibles sólo a través de procesos químicos.

- 3) El coche híbrido pesa más que uno convencional debido al peso del motor eléctrico y de las baterías.
- 4) Las baterías que utiliza este vehículo ecológico son tóxicas.
- 5) Hoy en día aún son caros.

VI. SISTEMA DE CONTROL DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO

El Sistema de Control de Vehículos Híbridos monitorea y ajusta todos los aspectos del sistema de propulsión híbrido, este control se realiza a través del bus CAN. Hay que seguir una serie de criterios para decidir qué es lo más importante a la hora de tomar una decisión. Hay una unidad secundaria de energía que ayuda al control del vehículo. Los objetivos son: satisfacer la demanda de potencia del conductor, hacer que cada componente trabaje con eficacia, recuperar la energía de frenado, mantener la carga de las baterías, etc. En la Figura 3. Estructura del sistema de control de un coche híbrido se detalla cómo está estructurado el sistema de control.

Una parte se encarga de controlar la velocidad del vehículo, esta se regula modificando las variables como la amplitud y la frecuencia de los voltajes y corriente. Su ventaja es que se puede aplicar las técnicas de control lineal en su diseño.

Para utilizar la energía generada al frenar el vehículo se usa un inversor de tipología de puente de seis conmutadores. Este convertidor es bidireccional para permitir el flujo de potencia desde la máquina hacia las baterías durante el frenado. El frenado regenerativo se presenta cuando a la máquina de inducción se le aplica un par de carga negativo, esto hace que la máquina pase del modo motor a modo generador.

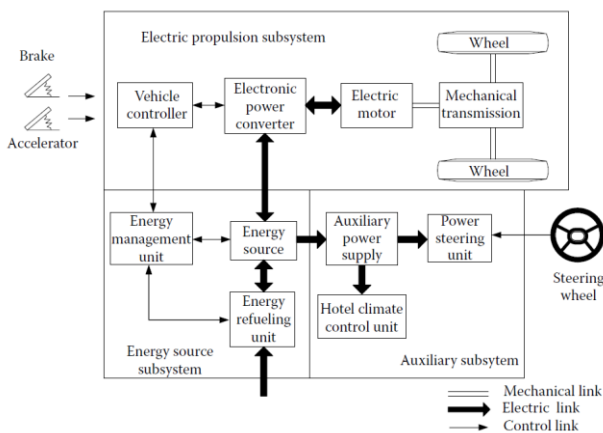


Figura 3. Estructura del sistema de control de un coche híbrido

VII. EJEMPLOS DE COCHES COMERCIALES HÍBRIDOS

La mayoría de fabricantes de coches tienen algún que otro modelo de coche híbrido, pero pondremos como ejemplo uno de los modelos que tiene Toyota, el Toyota Prius (Figura 4. Toyota Prius, coche híbrido). Este coche está equipado con el revolucionario sistema Hybrid Synergy Drive de Toyota que logra unas emisiones de CO2 extraordinariamente bajas y un impresionante ahorro de combustible.



Figura 4. Toyota Prius, coche híbrido

Este coche consume una media de 4 l/100km y emite 92g de CO2 por cada litro consumido. Tiene 4 cilindros en línea y un sistema de alimentación de inyección electrónica con una distribución de 16 válvulas. Tiene una cilindrada de 1798cm3 y una relación de compresión 13:1. Tiene una batería HV de níquel e hidruro metálico de 28 módulos y una capacidad de 6.5/1.31Kwh con una potencia máxima de 27kW, también dispone de un depósito para combustible de 45 l.

La Tabla 1. Comparación del consumo y contaminación entre coches híbridos, eléctricos y de combustión. muestra la comparación de consumo y emisiones de CO2. En ella se observa que el coche híbrido reduce en un 14.1% las emisiones de CO2 respecto al de combustión.

Tabla 1. Comparación del consumo y contaminación entre coches híbridos, eléctricos y de combustión.

Modelo	Consumo en 100km	Emisiones (gCO2/km)
Toyota Auris HIBRIDO	3.8 l	89
Toyota Prius Eco/Adv/Exec llanta 17 HIBRIDO	4 l	92
Lexus CT 200h HIBRIDO	3.8 l	87
Mitsubishi i-MiEV Vehículo eléctrico puro	13.5 kWh	0
Renault Fluence Z.E Eléctrico puro	14.3 kWh	0
Peugeot 107 5P URBAN 1.0 68	4.5 l	103
Nissan Pixo 1.0(68CV) MT Gasolina	4.4 l	103
Citroën C1 1.0i 12V CMP Gasolina	4.6 l	106

VIII. CONCLUSIONES

Observando el mercado actual y las tendencias sociales hacia un sistema de transporte más eficiente y económico hemos visto como el coche híbrido es una solución rápida, económica y simple para solucionar los problemas del transporte actual. Creemos que con los avances tecnológicos actuales de los componentes de los vehículos híbridos desbancan a corto plazo al coche eléctrico ya que necesitan menos modificaciones respecto a estos. También hemos podido observar como las infraestructuras actuales repostaje están encaradas a coches con motor de combustión interna, cosa que también beneficia a los híbridos, por lo tanto podemos decir que el híbrido es una apuesta segura, fiable y factible a corto plazo.

Referencias

- [1] Secundino Escudero, Jesús González, Juan Luis Rivas y Alejandro Suárez. *Motors*, 1ª ed. Madrid, España.
- [2] Coches híbridos. Ventajas y desventajas. Available: <http://www.enbuenasmanos.com/articulos/muestra.asp?art=2460>
- [3] Sistema de control para convertidor de vehículo híbrido. Available: <http://diftec.com/index.php/control-convertidor-coche-hibrido>
- [4] Gestió de l'energís d'un vehicle híbrid. Available: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10142/1/file9.pdf>
- [5] Toyota Prius. Available: http://www.toyota.es/cars/new_cars/prius/specs.aspx
- [6] Comparativa de coches. Available: <http://www.idae.es/coches/>
- [7] Evolución híbrido Available: http://www.taringa.net/posts/autos-motos/2853860/Historia-del-Coche-Hibrido_-la-Tecnologia-se-Perfecciona.html

La moto elèctrica

Nil Camprubí, Xavier Alsina, Arnau Arumi i Josep M. Soler

Segon curs de Grau iTIC

nkmprubi@gmail.com

tanis991@hotmail.com

arnau.arumi@gmail.com

josepss19@gmail.com

Resum— Aquest article va dirigit al públic general amb l'objectiu d'explicar el funcionament de la moto elèctrica comparant-lo amb el vehicle convencional i exposar la situació actual que viu a casa nostra i el futur que li espera.

I. INTRODUCCIÓ

El transport de mercaderies i de persones ha esdevingut un dels trets més característics de les societats avançades. Són molts els experts que afirmen que el transport de mercaderies i passatgers constitueix l'espina dorsal de l'economia contemporània, estretament lligada al concepte de "mundialització", que considera que tot desenvolupament econòmic està associat a necessitats creixents de transport. Ara bé, a ningú se li escapa que aquesta realitat ha comportat un nombre important d'externalitats negatives. Entre el ventall de problemes més importants destacarien la dependència energètica del petroli. Un recurs energètic no renovable, amb una desigual distribució geogràfica, relativament escàs i amb importants fluctuacions de preu. El seu ús indiscriminat està causant una ampla llista de conseqüències ambientals indesitjables, entre altres, l'increment en la concentració de gasos contaminants i amb efecte d'hivernacle que incideixen directament en la salut de les persones i dels ecosistemes, o que poden provocar canvis climàtics importants a nivell planetari.

Tots aquests aspectes han provocat seriosos dubtes sobre el model de mobilitat i el seu principal agent: els vehicles de combustió interna (VCI).

En aquest article ens centrem en l'anàlisi de la situació actual que viu la moto elèctrica i el futur que li espera a casa nostra, així com les oportunitats de negoci que es presenten. Començarem amb una comparativa genèrica de les parts d'un vehicle de combustió interna amb un vehicle amb motor elèctric (VME), en el que observarem que el manteniment del vehicle elèctric es redueix considerablement amb la conseqüent baixada del cost per km.

En el següent punt farem una radiografia de les parts d'una moto elèctrica en la vessant més tècnica.

Tot seguit a partir d'un estudi realitzat pel RACC [1] descriurem quines són les tendències actuals de la moto elèctrica. Finalment, en la part de conclusions presentarem un seguit de propostes per intentar incentivar la compra dels vehicles elèctrics i quin paper podem tenir els enginyers en Sistemes TIC dins l'evolució tecnològica de la moto elèctrica.

II. FUNCIONAMENT DE LES PARTS D'UNA MOTO ELÈCTRICA.

Com ja podem suposar, la estructura de funcionament d'una motocicleta elèctrica, a diferència d'una motocicleta amb motor de combustió convencional és molt diferent.

A continuació es ressalten les diferències de funcionament dels dos tipus de motocicletes. A la Figura 1, s'observa un diagrama de blocs dels components fonamentals d'una motocicleta elèctrica. Com elements essencials destaquem les bateries, el controlador i el motor.

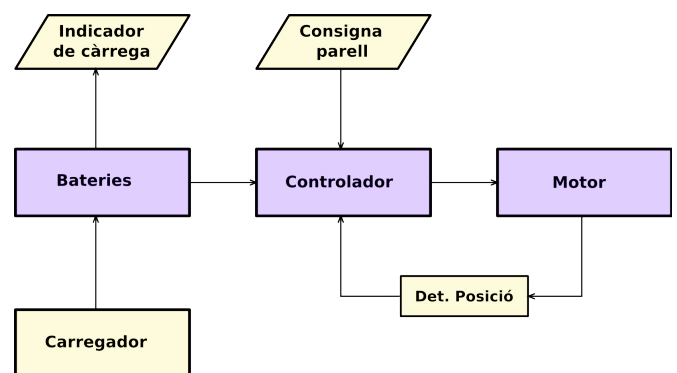


Figura 1: diagrama de funcionament d'una motocicleta elèctrica

A diferència dels vehicles de gasolina, que requereixen un dipòsit de combustible i la necessitat d'anar a omplir-lo a una estació de servei especialitzada. La motocicleta elèctrica disposa de bateries, elèctriques que són les encarregades d'emmagatzemar l'energia elèctrica. Per carregar una moto elèctrica, es pot fer a partir de un endoll convencional dels que

tenim a casa, a més no requereix cap mena de instal·lació especial tenint en compte la potència elèctrica que consumeix un carregador en realitzar una càrrega normal sol ser de l'ordre d'uns 1300W, i en una càrrega ràpida s'exigeix una potència superior.

En funció del fabricant de motocicletes, s'utilitzen diversos tipus de bateries. En alguns casos s'utilitzen bateries de plom i acid, que són econòmiques i tenen una gran capacitat de corrent de sortida. També hi ha fabricants que utilitzen bateries de liti que són bateries amb una bona relació energia/pes, i sense efecte memòria, és a dir, permeten carregar la motocicleta sense necessitat de que la bateria estigui esgotada i per tant també ens permeten desendollar-la i utilitzar-la sense que estigui carregada totalment. A més, les bateries de liti permeten mantenir la potència de la moto mentre la càrrega de la bateria sigui superior al 15%. Aquestes bateries si no es tracten adequadament, o es sobre-carreguen, en disminueix la seva vida útil. Alguns fabricants més innovadors utilitzen bateries de fosfat de liti-ferro, que és més difícil que es degradin en cas de sobrecarrega.

El carregador de la bateria, o BMS (Battery Manager System) és el dispositiu utilitzat per subministrar el corrent elèctric que emmagatzema una o diverses bateries, i encarregar-se de que totes les cel·les tinguin el mateix voltatge. En alguns casos, el controlador del motor porta integrat el funcionament de carregador. En funció del tipus de bateria que utilitzi el fabricant, aquest ha d'instal·lar un carregador específic. Alguns fabricants carreguen cada una de les bateries de forma independent, i inclús utilitzen l'ordinador de bord de la motocicleta com a BMS per realitzar càrregues més eficients i prolongar-ne la seva vida útil fins a desenes de milers de quilòmetres.

De manera similar a la motocicleta amb motor de combustió, la motocicleta elèctrica també disposa d'un indicador del percentatge actual de la càrrega de la bateria.

Dels diversos tipus de motors que es disposa al mercat, els motors més utilitzats en les motocicletes elèctriques són els de corrent continu amb imants permanents, i els de corrent altern. Aquests tipus de motors no requereixen manteniment a conseqüència de que no tenen cap tipus de fricció a més de la dels coixinets. Com que les motocicletes elèctriques no necessiten gaires mecanismes de transmissió, com s'observa a la Figura 2, en la transmissió per corretja del motor a la roda d'una motocicleta elèctrica, no es necessita variador mecànic, ni canvi de marxes etc. En alguns casos el motor es col·loca a

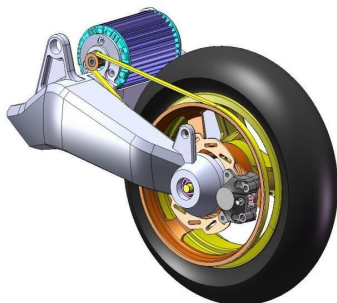


Figura 2: Transmissió per corretja d'una motocicleta elèctrica.

la mateixa roda, s'eviten gairebé totes les pèrdues produïdes per la transmissió i fricció. La potència del motor d'una motocicleta sol oscil·lar entre els 3kW i els 7kW en funció del model i el fabricant.

En funció del tipus de motor que utilitzi el fabricant, (de corrent continu, o corrent altern), aquest ha d'instal·lar un controlador específic i dimensionat correctament per a la potència del motor. A la Figura 5 podem veure l'esquema de connexió d'un controlador de la casa Alltrax utilitzat per controlar motors de motocicletes elèctriques de corrent continu amb imants permanents. Normalment, cada fabricant utilitza un controlador dissenyat per a la seva motocicleta.

El controlador del motor, és l'encarregat de controlar el parell del motor, en funció de la consigna que li dona el conductor de la motocicleta amb el comandament de l'accelerador. El corrent que s'aplica al motor es regula mitjançant un pont de transistors, que commuten un corrent polsos, d'un ordre de magnitud superior als 16kHz, per tal de que el so produït no sigui audible per l'ésser humà. Amb l'objectiu de millorar l'eficiència del motor, alguns models de motocicleta que posseeixen un motor de corrent altern poden portar un control de posició al motor, que mitjançant un senyal elèctric, informen al controlador de la posició i sentit de gir del motor.

La comunicació entre els elements de control de la moto estan lligades per la xarxa CAN BUS, amb l'estalvi de cablejat que comporta i permetent processar la informació en temps real. La característica més rellevant és que per un sol cable viatge la informació en format digital, on cada element és un node amb identificació, així podem gestionar la informació del controlador, el carregador, indicador d'estat de bateria, pedal de gas, l'ordinador o el BMS.

Un altre component elèctric que constitueix la motocicleta elèctrica és el convertidor DC/DC. Que és el que s'encarrega de convertir la tensió que subministren el pac de bateries d'entre uns 60Vdc i 110Vdc a una tensió de 12Vdc. Aquesta tensió de sortida, és utilitzada per el funcionament d'il·luminació de la motocicleta, el funcionament del panell, etc.

III. COMPARATIVA ENTRE MOTORS DE VCI I VME

Una de les diferències fonamentals en el comportament d'una motocicleta elèctrica, a diferència de la motocicleta de combustió és el soroll, un motor de gasolina convencional està constituït per un equip portàtil d'explosions controlades, que fa que tingui un impacte violent a diferència de la suavitat i silenci de un motor elèctric. Per el mateix motiu, els motors elèctrics no vibren amb la mateixa magnitud que els motors de gasolina. Així el desgast per vibracions a que es sotmet la moto és inferior al de les motos amb motor de gasolina. Els motors elèctrics també tenen una corba de parell motor pràcticament plana, per tant, són capaços d'accelerar amb tota la seva força des de zero revolucions del motor. Això genera una diferència molt gran en la resposta de la motocicleta elèctrica.

Les figures adjuntes, presenten els punts destacables en què estan constituïts els vehicles de combustió (VCI) i els vehicles elèctrics (VME) en forma esquematitzada.

A la Figura 3 s'indiquen les parts més importants d'un vehicle de combustió interna (VCI). Podem veure que és un sistema bastant complex, que consta d'un sistema d'ignició amb les respectives parts, punts de distribució, rotor, bobina d'encesa. També està compost pel sistema de refrigeració, per tant, necessita el radiador, bomba d'aigua, termòstat, sondes, amb el qual una de les funcions és de que no s'escalfi massa el vehicle. Les emissions gasoses que genera, del tub d'escapament, bombes, vàlvules, mànegues, han de controlar les emissions que genera el vehicle. I també, els combustibles amb tot el que implica com el carburador, injectors, filtres, i recarregar el vehicle amb combustible. I sense ignorar tota la mecànica del motor, part essencial en un vehicle, amb els seus pistons, estàrter, etc. I per acabar, com tot vehicle, és necessari que disposi dels seus elements de conducció, la transmissió, l'embragatge, pneumàtics, frens. I tots aquests sistemes i parts del VCI necessiten un manteniment periòdic i un gran control i canvis de peces i elements que si no es realitzessin no tindria un bon funcionament.

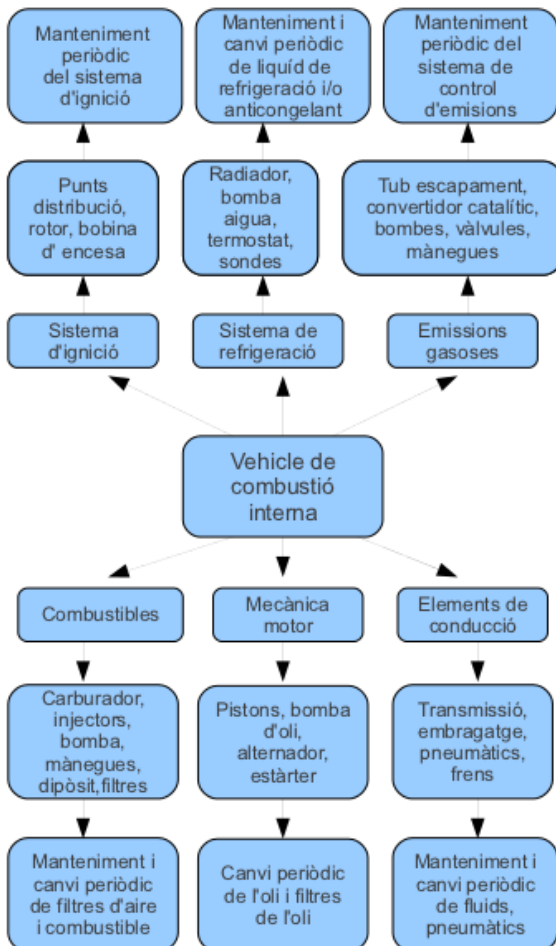


Figura 3: Diagrama VCI [5]

S'ha especificat totes aquestes parts del VCI, per així veure clarament la diferència amb un VME, en l'esquema de la Figura 4.

Es interessant constatar que els VME tenen un 90 % menys de components respecte dels VCI, que precisament son els que estan sotmesos a un major desgast, i per aquest motiu tothom creu que les reparacions i el manteniment dels nous vehicles seran molt més senzills i és cert.

La part tècnica dels vehicles elèctrics l'aprofundim més endavant, però volem destacar que en essència, un VME està constituït per un sistema infinitament més senzill que els tradicionals VCI, integrat principalment per una estructura portant, una bateria i un sistema de recàrrega, un sistema de control més o menys sofisticat, i un o diversos motors elèctrics. I a destacar el que mencionàvem abans, molt menys manteniment i recanvis a causa d'estar compostos per moltes menys parts.

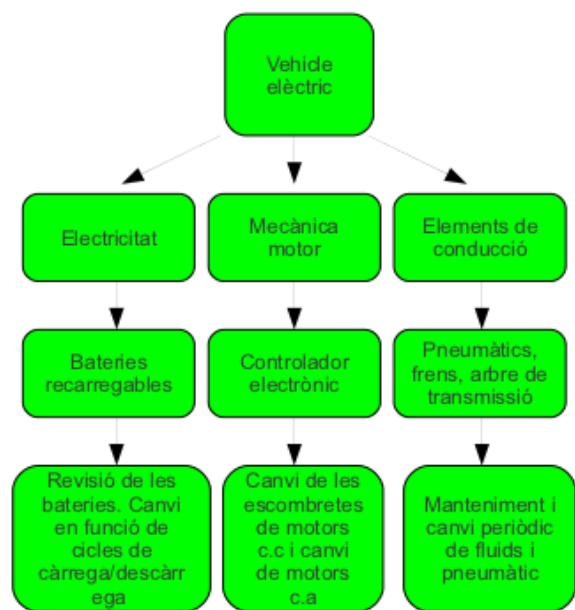


Figura 4: Diagrama VME [5]

Aquestes comparacions que s'han realitzat des del punt de vista global d'un vehicle elèctric, seran els que trobarem en les motos.

Un altre comparativa que hem realitzat és des del punt de vista del consum. La Taula 2 mostra el cost real per km d'una moto convencional tèrmica i la moto elèctrica. Els paràmetres utilitzats en la taula són tan a nivell fiscal, ja sigui el cost de l'impost de circulació i l'assegurança, la matèria primera que és el combustible i el punt més significatiu de la moto elèctrica que és el manteniment. Les dades per realitzar aquesta comparativa s'han obtingut de l'estudi realitzat pel RACC [1].

IV. SITUACIÓ ACTUAL I PERSPECTIVA DEL MERCAT DE LA MOTO ELÈCTRICA A CATALUNYA

A. La situació actual a Barcelona

La ciutat de Barcelona, on l'ús de ciclomotors i motocicletes és superior a qualsevol ciutat europea (excepte Roma), és l'espai ideal per fomentar el desenvolupament dels vehicles de dues rodes de motor amb propulsió elèctrica.

Un estudi recent del RACC [1] 2010 assenyala que la moto elèctrica es idònia en l'àmbit urbà i n'indica els obstacles que frenen la seva implantació: el cost i les prestacions de les bateries; l'absència d'una xarxa de recàrrega; o el desconeixement de la població sobre els seus avantatges.

Ara com ara existeixen a Barcelona unes 250 motos elèctriques, però el RACC preveu que puguin arribar a les 20.000 el 2014. Per fomentar la seva implantació, el Club proposa mesures de tipus fiscal (exempció total dels impostos de matriculació i circulació, o aparcament gratuït) i el desenvolupament de la xarxa de recàrrega mitjançant punts públics i subvenció de la xarxa privada.

Les asseguradores preveuen que el cost d'assegurar el vehicle elèctric sigui inferior al cost dels de vehicles de combustió interna.

La capital catalana amb una densitat de 16.000 habitants per km² i amb una manifesta escassetat d'espai és un escenari òptim per a la moto. De fet, el 40% dels desplaçaments en vehicle privat motoritzat a la ciutat es fan en moto. La predilecció per la motocicleta per una part molt significativa dels barcelonins fa pensar en una transició més fàcil cap a la mobilitat elèctrica.

Un altre aspecte que s'ha constatat és que els usuaris difícilment faran el pas cap al vehicle elèctric, si no se senten acompanyats per unes infraestructures de suport, com poden ser els punts de recàrrega. Un tema clau és fins a quin punt les administracions s'han d'encarregar de bastir tots els elements que fan falta perquè cotxes i motos elèctriques puguin circular amb tota normalitat.

Front a aquesta qüestió s'ha posat damunt la taula la importància d'actuar gradualment, començant per una línia que està a l'abast: la renovació dels parcs mòbils municipals. Una dada significativa al respecte és que la moto és el vehicle dominant en aquests parcs mòbils, tant en unitats com en quilòmetres recorreguts.

En el cas de Barcelona, s'ha obert camí l'opinió que la iniciativa privada pot dinamitzar el mercat. De fet, això ja ha passat amb la instal·lació de punts de recàrrega per part de diferents empreses de serveis.

Cal buscar models de negoci viables per crear un mercat i trencar el cercle viciós que suposa el fet que no hi ha demanda de vehicles elèctrics perquè no hi ha infraestructura i viceversa.

B. Tendències i oportunitats de negoci

En un estudi de 2011 [2] s'exposa la situació actual d'empreses emergents de casa nostra en la fabricació de la moto elèctrica.

D'entrada s'indica que la petita empresa tindrà un paper fonamental en l'inici de la moto elèctrica ja que les grans marques tenen desenvolupats models que no s'atreveixen a llençar perquè per ells vendre pocs milers d'unitats és un fracàs. En canvi aquests pocs milers per una empresa petita que comença és un èxit.

La necessitat de cooperar entre les diferents companyies durant el període emergent pot originar un dilema intern en elles, que se senten impulsades a consolidar la seva posició en el mercat, la qual cosa pot ser una rêmora per al desenvolupament del negoci global. Per exemple una empresa pot oposar-se a l'estandardització, necessària per a facilitar operacions i augmentar la confiança dels clients, perquè no vol assemblar a la resta o perquè vol que s'adopti el seu estàndard.

Un altre problema addicional és que la infraestructura de recàrrega d'aquests vehicles es troba encara en fase de desenvolupament, estandardització i implantació, provocant que el possible client no tingui una visió clara d'on, com, quan, hi ha quin preu es pot carregar el seu vehicle. La confusió pot limitar les vendes en augmentar el risc de la compra percebut pels possibles compradors.

La previsió de futur es que optimitzin el procés de fabricació i augmentin els volums de producció aconseguint una rebaixa del preu.

Actualment a Barcelona podem trobar el model Volta BCN [3], la primera moto elèctrica dissenyada íntegrament a Barcelona, debutarà oficialment en l'àmbit internacional en el marc de la 69a edició del Saló Internacional de la Motocicleta, que se celebra a Milà del 8 al 13 de novembre 2011.

L'empresa Creafur ha presentat a la Fira SmartCity Expo 2011 [4] de Barcelona el primer sistema de 'car sharing' amb vehicles elèctrics, que es començarà a desenvolupar al gener a través d'una prova pilot amb motos elèctriques a Barcelona, segons ha informat la companyia en un comunicat.

Taula 1: Models i principals fabricants mundials [6]

	MARQUES				
SCOOTER	Arngren	Bereco	Booster Bikes	E-City Wheels	E-max
	Ego	Emocycles	Epeds	Eriider	Evot
	Goelix	Govecs	Helectra	Jonway	Kyoto
	Motorino	Oxygen	Plugin Drive Tech	Ridelec	TOHQI
	UrbanMove	Vectrix	Wottan	Xero	Yogo
	Zeppi	Zev			
Carretera	Brammo	Zero			
Camp	Quantlya	Zero			
Competició	Mavizen	Mission Motors	Roehr		

Un cas destacat dintre de la iniciativa privada és l'experiència de Mobecpoint 2011 [2]. Es planteja com un exemple d'instal·lació d'infraestructura de recàrrega per a motos involucrant especialment el turisme que visita la ciutat,

mobec Hotels consisteix en la instal·lació davant dels establiments hotelers d'una estació mobecpoint, i que alhora serveix per fer didàctica d'aquest mode de transport.

A la Taula observem els models de moto i els seus fabricants, a la UE predominen les motos de baixa potencia mentre que a EEUU hi ha més varietat de motocicletes enfocades al oci i de major potència.

V. CONCLUSIONS

Després de la revisió d'aquest treball creiem que la moto elèctrica ja és prou competitiva en cost i prestacions com per competir amb la moto tèrmica convencional. Inicialment l'ús en àmbit urbà és el més adient, en el cas de Barcelona això representa un mercat prou gran, gràcies a l'intensiu ús de la moto, tot i així el desconeixement dels usuaris és gran (+30%) i es requereix un canvi cultural. El parc existent es redueix a unes 250 unitats venudes, tot i que es poden assolir 20.000 unitats fins el 2014. Un dels problemes que hem constatat és la càrrega privada.

L'administració promou unes avantatges fiscals que són l'exempció total dels impostos de matriculació i circulació i l'aparcament gratuït a tots els pàrquings públics de la ciutat.

Es disposa d'un cens de pàrquings adaptats i subvencions per a instal·lacions endoll en garatges per a recàrrega privada. S'ha proposat un desplegament prioritari de punts públics de càrrega en zones d'aparcament massiu de motos (universitats, centre, zones comercials, etc.).

En l'àmbit de les TIC podem incidir amb el control i gestió a través dels dispositius mòbils, pc's i portàtils:

- Indicador de nivell de la bateria
- Programació de l'horari de càrrega de la bateria (estalvi en horari nocturn que és quan hi ha excedent)
- Comptador de cicles de càrrega/descàrrega de la bateria
- Indicador de l'estalvi d'emissions de gasos contaminants
- Compartir els trajectes desitjats (per exemple, trajectes llargs) a les xarxes social per trencar tabús referents a que la moto elèctrica només serveix per ciutat i informant del preu total del trajecte o preu/km
- Disponibilitat de punts lliures en les estacions de càrrega repartides per la ciutat

En conclusió, és important destacar el gran número de components mecànics que no necessita una moto elèctrica, com per exemple els injectors, les bugies, vàlvules, variador, caixa de canvis etc. Per tant necessiten un manteniment molt inferior, per exemple ens estalviem d'ajustar el ralenti, realitzar els canvis de filtres d'oli i d'aire, canvi d'oli, nivell del líquid refrigerant, etc. Així, una simplicitat mecànica implica un menor nombre d'averies. Moltes de les averies de les motos convencionals, són averies mecàniques que una moto elèctrica no requereix com bieles, pistons, variador, caixa de canvis, etc.

D'altra banda, els manteniments que requereix una moto elèctrica consisteixen en substituir els pneumàtics, les pastilles de freno, bombetes... Igual que les motos convencionals, aquestes motocicletes també estan sotmeses a l'estrès mecànic de qualsevol vehicle, i que afecten a elements estructurals com per exemple la suspensió, els coixinets etc.

AGRAÏMENTS

Agraïments a la Teresa per la paciència que ha tingut amb nosaltres i també a tota la gent que a fet accessible la informació necessària per poder realitzar aquest article.

REFERÈNCIES

- [1] RACC. La moto elèctrica a Barcelona [en línia]: saladeprensa.racc.cat [Consulta: 15 de desembre de 2011]. Disponible a: <<http://saladeprensa.racc.cat/wp-content/uploads/2010/04/informe-racc-present-i-futur-de-la-moto-electrica-a-bcn.pdf>>
- [2] Albert Punsola. Quin paper per a la motocicleta elèctrica? [en línia]: sostenible. Publicat el 2011. [Consulta: 22 de desembre de 2011]. Disponible a: <http://www.sostenible.cat/sostenible/web/noticies/sos_noticies_web.php?cod_idioma=1&seccio=6&num_noticia=445603>
- [3] Redacció bcn.cat. La primera moto elèctrica dissenyada a Barcelona arriba a Milà [en línia]: Publicat el 2011. [Consulta: 23 de desembre de 2011]. Disponible a: <http://w3.bcn.es/V01/Serveis/Noticies/V01NoticiesLlistatNoticiesCti/0,2138,1653_1802_1_1631900785,00.html?bcnAccessible=true&accio=detall&home=HomeBCN>
- [4] Eurimaco Nueva España. Barcelona Catalunya, Creafutur presenta un 'car sharing' con vehículos eléctricos [en línia]: Publicat el 2011 [Consulta: 23 de desembre de 2011]. <<http://www.eurimaco.es/barcelona-cataluna/2011-12-02/creafutur-presenta-car-sharing-con-vehiculos-electricos>>
- [5] Francesc Astals , Ignasi Cairó , Joan Comellas , Francesc Martínez , Joan Pallisé , Jordi Serra. Diagnosi i perspectives del vehicle elèctric a Catalunya [en línia]: ecotendenciascosmocaixa.org [Consulta 15 de desembre de 2011]. Disponible a : <http://www.ecotendenciascosmocaixa.org/documents/12603/17023/Diagnosi_perpectives_vehicle_electric.pdf>
- [6] José Gabriel Manzano Guillén . Mercado de la motocicleta eléctrica [pdf]: Mercado de la motocicleta de combustión interna y oportunidades de la industria de la motocicleta eléctrica. p.85-113 .
- [7] Kioto-motor. La experiencia eléctrica [en línia]: kioto-motor.com [Consulta: 21 de desembre de 2011]. Disponible a: <<http://www.kioto-motor.com/es/moto-electrica-iedison#specs-6>>
- [8] Honda. Todo sobre el scooter eléctrico Honda EV-neo [en línia]: contramanillar.com [Consulta: 21 de desembre de 2011]. Disponible a: <<http://www.contramanillar.com/todo-sobre-el-scooter-electrico-honda-ev-neo-parte-1/>>
- [9] Peugeot. Peugeot E-Vivacity [en línia]: arpem.com [Consulta: 21 de desembre de 2011]. Disponible a: <<http://www.arpem.com/motos/modelos/peugeot/modelos-10/peugeot-e-vivacity.html>>
- [10] Xor motors. El verdadero interés de lo eléctrico [en línia]: xor-motors.com [Consulta: 21 de desembre de 2011]. Disponible a: <<http://www.xor-motors.com/es/>>
- [11] Alex Fernandez Murerza. Motos eléctricas. [en línia]: ecoticias.com [Consulta: 21 de desembre de 2011]. Disponible a: <<http://www.ecoticias.com/motor/31142/noticias-medio-ambiente-medioambiente-medioambiental-ambiental-definicion-contaminacion-cambio-climatico-calentamiento-global-ecologia-ecosistema-impacto-politica-gestion-legislacion-educacion-responsabilidad-tecnico-sostenible-obama-greenpeace-co2-naciones-unidas-ingenieria-salud-Kioto-Copenhague-Mexico>>
- [12] Stryker. How to build a 72Volt electric motorcycle [en línia]: instructables.com [Consulta: 19 de desembre de 2011]. Disponible a: <<http://www.instructables.com/id/How-to-build-a-72Volt-electric-motorcycle/?ALLSTEPS>>

ANNEX

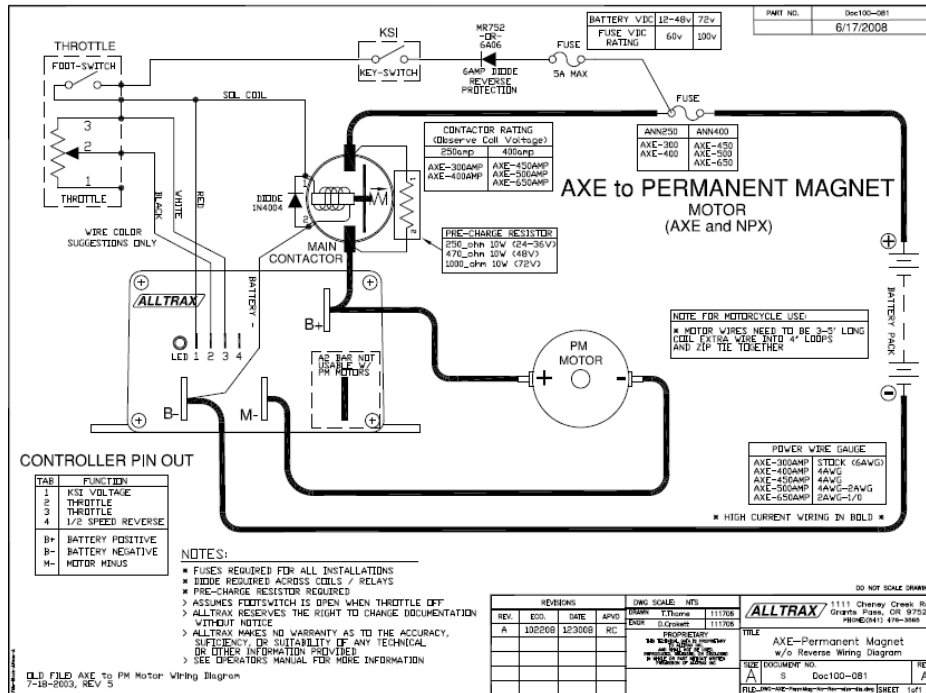


Figura 5: Esquema de connexió del controlador Alltrax 72V 750A [12]

Taula 2: Taula comparativa cost real km [1]

	Tèrmica 250 cc.		Tèrmica 400 cc.		Elèctrica 7Kw (Vectrix)	
	1 any	4 anys	1 any	4 anys	1 any	4 anys
Quilometres	7.500	30.000	7.500	30.000	7.500	30.000
COMPRA I TINENÇA	4.600		6.400		6.050	
Impost de circulació (anual)	15	60	30	120	2	8
Assegurança	350	1.400	500	2.000	250	1.000
COMBUSTIBLE						
Combustible / electricitat	415	1.660	495	1.980	60	240
MANTENIMENT						
Revisió manteniment cada	6.000 km		6.000 km		7.500 km	
Revisió (preu unitari 160 €)	200	800	200	800	90	360
1 Canvi corretja transmissió, 1 reglatge vàlvules i 1 canvi bateria	140	560	140	560	0	0
COST TOTAL (4 ANYS)	5.720	9.080	7.765	11.860	6.452	7.658
COST TOTAL (EUR / KM)	0,76	0,30	1,04	0,40	0,86	0,26

*** Preu càlcul litre de benzina 1,10 € - Preu càlcul Kwh 0,11473 €
 Comparativa realitzada amb informació de fabricant amb mitjanes de consum i Km de manteniment
 Preu de Vectrix amb 1.200 € de subvenció (Pla MOVELE)

Segons aquest estudi comparatiu sembla si bé el cost de manteniment i combustible és menor en una motocicleta elèctrica, el preu final a 1 any és semblant degut al cost de compra, però és més favorable si s'avalua la inversió a llarg plaç ja que s'ha de tenir en compte que la moto elèctrica pot tenir una vida útil de més de 10 anys.

Mètodes de càrrega de vehicles elèctrics

E. Boja, A. Catllà, F. Llamas, J. Garriga.

Segon curs de Grau en Enginyeria Tecnologies de l'Informació i Comunicació

edu1591@hotmail.es

alexcatlla@gmail.com

llamas.aroniz@gmail.com

garrigapiga@hotmail.com

Resum— En aquest document s'aborda la descripció dels diferents mètodes de càrrega del vehicle elèctric, la seva ubicació i el seu funcionament. Tot seguit s'analitzaran els diferents tipus de connectors corresponents per a cada mètode i, per últim, s'enunciaran els resultats d'una anàlisi recent sobre l'impacte que pot causar l'augment de demanda d'energia sobre la xarxa de transport elèctric. D'aquest informe en deduirem quin dels mètodes de càrrega és millor en relació a aquest futur impacte.

I. INTRODUCCIÓ

L'electrificació del transport és ja una realitat palpable en els sectors automobilístic i elèctric. Són ja nombrosos els punts de càrrega instal·lats als diferent nuclis urbans de la península. Fabricants d'automòbils com Toyota o Peugeot, entre d'altres, estan traient al mercat prototips i models molt avançats del cotxe elèctric. A més a més, són varies les estratègies que s'estan impulsant des dels governs europeus per tal d'afavorir la integració d'aquest nou sistema de transport.

No obstant, el sector del cotxe elèctric està creixent a un ritme descontrolat. Són masses els diferents tipus d'endolls existents per a cada punt i mètode de càrrega. Tot i que existeixen alguns estàndards a nivell europeu i als EE.UU, encara no han estat aprovats, la qual cosa està suposant una gran dificultat per a l'expansió del sector.

Així doncs, en aquest document pretenem fer un recull dels diferents mètodes de càrrega dels vehicles elèctrics, els aparells que intervenen en cada cas i les conseqüències que aquests comporten a la xarxa de transport d'energia.

II. MÈTODES DE CÀRREGA

Expliquem seguidament les especificacions dels mètodes de càrrega que utilitzen cable per connectar el vehicle a la xarxa elèctrica. Actualment existeixen quatre modes de càrrega amb cable, que són els següents:

A. Mode 1 – Instal·lació domèstica elemental

Aquest mode no consta de cap mena de carregador en si mateix, sinó que simplement es connecta el vehicle a la xarxa elèctrica convencional mitjançant un cable flexible tal i com es pot veure a la *Figura 1*. Aquest mode de càrrega és el mode més ineficient a l'hora de carregar el vehicle i és el que provoca el màxim deteriorament de la bateria. Això és degut a la falta de comunicació entre el vehicle i el subministrament de càrrega, ja que en aquest cas el vehicle és l'encarregat de gestionar la càrrega.



Figura 1: Mode 1, connexió entre el carregador i el vehicle, mitjançant un bus de càrrega amb corrent altern (AC).

La intensitat utilitzada al mode 1 és de 16 A proporcionant una tensió de 250V~ en monofàsic i 380V~ en trifàsic. Aquest mètode està prohibit en alguns països com els EE.UU.

És un mode de càrrega destinat a llars i garatges privats d'ús individual, ja que no conté cap mena d'interfície de pagament. Pel que fa a la utilització d'aquest mode en garatges col·lectius, existeixen mancances de seguretat i de privacitat. En aquest mode el temps de càrrega oscil·la entre 10 i 12 hores.

B. Mode 2 – Instal·lació domèstica avançada

El segon mètode de càrrega, està pensat per ser utilitzat també de forma domèstica. Les diferències principals entre el mode 1 i el 2 són notables. No obstant això, tots dos són mètodes de càrrega lenta.

En aquest mètode, quan la càrrega s'està realitzant, el control pilot instal·lat al vehicle és el que s'encarrega de la comunicació entre el vehicle i el punt de càrrega. En canvi, quan el dispositiu està connectat directament a la xarxa convencional, cal un dispositiu que interactuï amb el vehicle simulant l'acció d'un punt de càrrega en mode 2.

El pilot de control, que s'instal·la quan es connecta el cotxe directament a la corrent, té incorporat un mètode de seguretat que desactiva la transmissió de potència en el moment que es desendolla un dels dos extrems de la connexió.

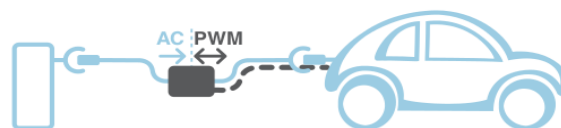


Figura 2: Mode 2, connexió entre el carregador i el vehicle mitjançant un bus de càrrega amb AC. El cable conector conté el pilot de control que es comunica amb el vehicle mitjançant un bus de control basat en comunicació PWM.

Aquest pilot de control, es basa en la regulació de la demanda de potència del vehicle per mitjà de la modulació d'un senyal PWM (Pulse width modulation).

Bàsicament, la quantitat de voltatge i corrent mitjà proporcionat a la càrrega, es genera mitjançant la commutació de l'entrada de corrent entre encès i apagat molt ràpidament. Típicament, aquesta freqüència de canvi ha de ser molt ràpida per tal de no afectar la càrrega, normalment varia des de 120 Hz fins a les desenes de kHz.

L'aplicació d'aquest mètode al mode de càrrega 2 fa que la seguretat augmenti molt i per tant que compleixi les normatives ISO. A més a més, aquest mode incorpora un mètode de comprovació de GND (Ground) o connexió a terra, cosa que el fa molt més segur que el mètode anterior. Pel que fa a les característiques amb les que funciona aquest mètode de càrrega, el corrent de funcionament es de 32 A i el voltatge que subministra és com a molt de 250 V monofàsic o 480 trifàsic. Permet subministrar des de 7,4 kW en monofàsic i fins a un màxim de 22 kW.

C. Mode 3 – Instal·lació en zones públiques

Aquest és un mètode específic de càrrega i requereix, per tant, un connector específic i una instal·lació fixa a la qual es connectarà el vehicle. L'ús d'aquest mètode no està permès en domicilis privats sinó que està pensada per a ser utilitzada en gasolineres o llocs on aquestes instal·lacions puguin ser col·locades.

El vehicle està connectat a una xarxa alterna de 70 A i 250 V en monofàsic o 63 A i 480 V amb trifàsic. Pel que fa a la potència subministrada, pot estar entre 14 i 43 kW depenent de si s'utilitza monofàsic o trifàsic, respectivament. Està pensat per què la càrrega duri aproximadament 2 hores, assolint un màxim de un 80% de la capacitat de la bateria.



Figura 3: Mode 3, connexió entre el carregador i el vehicle mitjançant dos busos, bus de càrrega amb AC i bus de control que es basa en una comunicació PWM.

La mateixa estació de càrrega incorpora les funcions de seguretat i control. De la mateixa manera que el mode 2, s'utilitza el mateix protocol de comunicació PWM. No obstant això, la principal diferència és que aquest control es duu a terme des de l'estació fixa de càrrega, tal i com es pot veure a la Figura 3.

D. Mode 4 – Càrrega súper ràpida

Aquest és el mode anomenat mode súper ràpid, ja que té un temps de càrrega que oscil·la entre 10 i 15 minuts. Per aquest motiu és un mode destinat a “electrolineres”, estacions de servei distribuïdes arreu del territori que permeten omplir la bateria del vehicle de forma ràpida, utilitzats en trajectes de llarga distància i com a forma de càrrega esporàdica.

Tot i que la càrrega es porta a terme en un període relativament curt, aquest mode no permet omplir el 100% de

la bateria, i la capacitat de càrrega aconseguida amb aquest mode està entre un 50% i un 80% ja que la natura del cicle de de la bateria no permet la seva càrrega màxima. Cal tenir en compte que si s'utilitza en excés la càrrega ràpida, aquesta desgasta la bateria i provoca una disminució del seu temps de vida.

La gran diferència de temps respecte els altres modes ve determinada pel carregador, que subministra un corrent continu (DC) de fins a 400 A. A causa de la gran potència que subministra, és necessari augmentar les mesures de seguretat.



Figura 4: Mode 4, connexió entre el carregador i el vehicle mitjançant un bus de càrrega amb corrent continu (DC).

Així doncs, el carregador conté un aïllament galvànic que protegeix la part de baixa tensió (corresponent al vehicle) de la tensió mitja. Per poder reduir el màxim la mida de les bobines que formen aquest aïllament és necessari augmentar la freqüència d'entrada de l'aïllament galvànic respecte la freqüència de la xarxa.

El procés anterior es fa mitjançant dos convertors: un AC/DC, on a la sortida es troba un elevador de tensió posteriorment connectat a un convertor DC/AC en el qual ja s'obté un corrent altern (AC) amb la freqüència corresponent d'entrada a l'aïllament galvànic. A la sortida del aïllament galvànic trobem un convertor AC/DC i posteriorment trobem un convertor DC/DC que està monitoritzat amb el BMS (Battery Management System) del vehicle i genera el valor corresponent a la sortida segons la càrrega instantània de la bateria.

Per últim, cal comentar que és un mètode de càrrega poc desenvolupat i això condiona la seva falta de compatibilitat amb tots els models de vehicles elèctrics.

III. TIPUS DE CONNECTORS

Tot seguit descriurem els connectors que s'utilitzen amb més freqüència en l'àmbit del cotxe elèctric i les estacions de càrrega.

A. Connector Schuko

És el tipus de connector més senzill i més habitual. S'utilitza en els modes de càrrega 1 i 2 per connectar-ho a la xarxa elèctrica convencional. Suporta una tensió de 250 V i un corrent de 16 A. No és adequat per a grans transmissions de potència

Tot seguit farem una classificació de la resta de connectors més rellevants segons l'estàndard IEC 621196. Aquest estàndard separa els tipus d'endolls segons si funcionen en corrent altern o en continu.

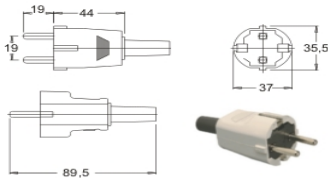


Figura 5: Connector Schuko

B. En corrent altern (monofàsic o trifàsic)

1) De tipus 1: Utilitzat als EE.UU i al Japò per als mètodes de càrrega 2 i 3. Suporta una tensió entre 200 i 250 V i un corrent entre 32 i 80 A. A més a més, disposa d'un sistema de seguretat amb anclatge.



Figura 6: Tipus 1 en altern

2) De tipus 2: S'utilitza a Europa pels mètodes 1, 2 i 3 de càrrega. Suporta una tensió de 250 V i un corrent entre 13 i 70 A monofàsic. En contrast, en trifàsic pot funcionar entre 380 i 480 V i un corrent entre 13 i 63 A.



Figura 7: Tipus 2 en altern

3) De tipus 3: Dissenyat a Itàlia però pensat per ser utilitzat arreu d'Europa. Comparteix moltes característiques amb el tipus 2 i no està clar quin dels dos s'acabarà imposant. Suporta una tensió de 250 V i entre 16 i 32 A en monofàsic. En canvi pot funcionar entre 380 i 480 V i un corrent entre 32 o 63 A en trifàsic.



Figura 8: Tipus 3 en altern

C. En corrent continu

Els tipus de connectors que apareixen en aquest apartat estan preparats per suportar tensions de fins a 1000 V i 400A en corrent continu.

1) De tipus 1: Utilitzat al Japò per el mètode 4 de càrrega. Està pensat per fer les anomenades "càrregues súper ràpides" amb una gran transmissió d'energia en molt poc temps. Funciona a 600 V i 200 A de corrent continu.

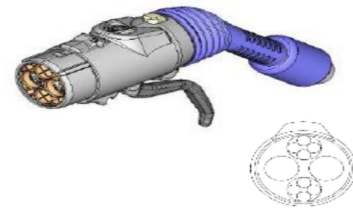


Figura 9: Tipus 1 en continu

2) De tipus 2: Utilitzat a la Xina per el mètode 4 de càrrega. Pensat també per càrregues "súper ràpides". Funciona a 750 V i 250 A de corrent continu.

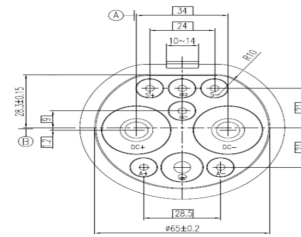


Figura 10: Tipus 2 en continu

Finalment, cal destacar que s'està desenvolupant un altre tipus de connector universal que aglutini tots els anteriors i que permeti fer càrregues tan en alterna com en continu. Aquest connector estarà també pensat tan per càrregues ràpides com lentes.

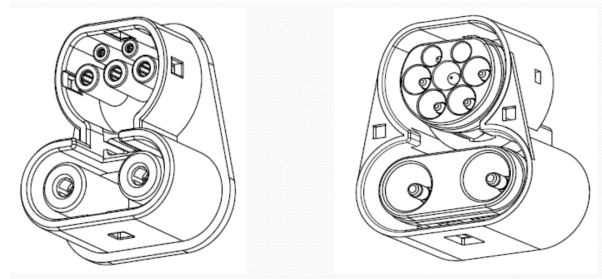


Figura 11: Connector universal

IV. MÈTODES DE PAGAMENT

Els mètodes de pagament de l'energia per la recàrrega de la bateria del cotxe elèctric són un aspecte important a considerar dins el software de les estacions de càrrega. A grans trets, podem distingir dues modalitats de pagament, que són les següents:

A. Pagament per avançat o pre-càrrega

Aquest tipus de pagament és el més comú en les estacions de càrrega en les quals no es disposa d'un contracte, com per exemple amb la llum de la llar. Dins d'aquest mètode, hi ha diverses maneres de fer efectiu el pagament:

1) Pagar amb targeta de crèdit o en efectiu la quantitat d'energia que es vol carregar.

2) Associar un compte al qual es va carregant tota la energia que es consumeix. Així doncs, a final de mes es carrega l'import al compte bancari. Aquest mètode, que

possiblement sigui el més còmode, es basa en l'ús d'una targeta que cal passar pel punt de càrrega.

3) Per últim, un mètode de pagament que s'ha popularitzat i que ha resultat ser molt còmode per als usuaris: Pagament en efectiu a través del telèfon mòbil.

B. Pagament post-càrrega

Aquest tipus de pagament s'utilitza quan es carrega el vehicle a casa. Podem distingir-ne 3 de diferents:

1) L'energia utilitzada per carregar el vehicle es comptabilitza com si s'utilitzés qualsevol altre electrodomèstic i l'electricitat consumida arribarà amb la factura de final de mes.

2) Utilitzar un comptador diferent per comptabilitzar l'energia transmesa al vehicle i, posteriorment, es rep una factura a part on s'hi detalla el consum.

3) El tercer i últim es basa en contractar una determinada quantitat d'energia mensual o setmanal. Aquest tipus de pagament està pensat pels usuaris que realitzin càrregues molt freqüents al domicili familiar i que, per tant, els surti a compte pagar una quantitat fixa mensual.

V. IMPACTE A LA XARXA DE TRANSPORT DEL SISTEMA ELÈCTRIC PENINSULAR

En aquest apartat es plasma la idoneïtat del mètode de càrrega lent, no pel poc desgast que provoca a la bateria del vehicle sino pels efectes que té amb el consum de potència de la xarxa global de transport d'energia.

Malgrat el cotxe elèctric és cada vegada més proper a les nostres vides, caldrà superar alguns reptes perquè pugui ser una realitat estesa. Una de les principals incerteses inherents que se'ns presenta en àmbit estatal i que afecta al tema tractat en aquest article és la següent:

Està preparat el Sistema Elèctric Espanyol per assumir el nou consum que suposaria l'alimentació d'un significatiu nombre de vehicles elèctrics?

Arrel d'aquesta transcendental pregunta són molts els estudis estadístics impulsats amb la finalitat d'analitzar la capacitat de la xarxa de transport elèctric d'Espanya. En concret, cal destacar un PFC (Projecte Final de Carrera) recentment realitzat (Frutos, 2010)¹ que cobra gran interès al realitzar una diagnosi exhaustiva de la situació actual de la xarxa de transport i de les previsions de demanda a 10 anys vista.

En tal estudi apareixen dades tan reveladores sobre la població com que la mitjana diària de distància recorreguda en cotxe és d'uns 35 km per persona, o que el motiu de la majoria de quilòmetres recorreguts és l'oci, seguit del treball. Aquests fets reforcen l'ús potencial del cotxe elèctric, ja que els 60-100 km d'autonomia mitja del cotxe elèctric permetrien resoldre els desplaçaments diaris de poca distància a la feina i activitats

¹Fruto Sampayo, Eva. *Análisis prospectivo del acceso a la red de transporte para el suministro de nuevas demandas de energía eléctrica. Estimación de las posibilidades de integración de vehículos eléctricos*. Espanya: Universidad Carlos III de Madrid, 2010.

d'oci. Per altra banda, caldria buscar una solució per als desplaçaments més llargs.

El projecte, objectiu principal del qual era determinar el nombre de vehicles elèctrics que podran ser alimentats l'any 2020 per el Sistema Elèctric Espanyol, presenta conclusions molt interessants, algunes de les quals són:

1) L'any 2020, la xarxa de transport tindrà capacitat per alimentar aproximadament 5.582.000 vehicles elèctrics, xifra que suposa el 16% del parc automobilístic espanyol per a aquest horitzó, únicament tenint en compte la càrrega lenta en horari nocturn (hores vall a l'hivern) i sense realitzar inversions a la xarxa que no hagin estat planificades, és a dir, sense necessitat d'ampliar infraestructures ni la utilització de sistemes de gestió intel·ligents de càrrega.

2) La xifra anterior disminueix notablement si també es considera la càrrega ràpida realitzada en hores punta de demanda a l'hivern. En aquestes condicions serien 2.934.000 els vehicles elèctrics que podrien ser alimentats per el sistema.

3) En el cas més restrictiu, que se situa a les hores puntes a l'estiu, podrien alimentar-se 2.771.570 vehicles, és a dir un 8% del parc automobilístic.

Aquesta informació posa de manifest, a més a més de la capacitat del Sistema Elèctric Espanyol per al subministrament d'aquesta nova demanda, la idoneïtat de la càrrega lenta del vehicle i en període nocturn, ja que d'aquesta forma es millora l'eficiència del sistema elèctric i s'aconsegueix desplaçar la demanda cap a hores de menys consum. Quantitativament, observem que la xifra de vehicles acceptats pel sistema es veu gairebé duplicada si les càrregues són realitzades en aquests períodes.

A més a més, la recàrrega del vehicle elèctric en hores vall permetria optimitzar les infraestructures elèctriques, ja que estan dissenyades per cobrir la punta de demanda i la major part del dia estan inutilitzades.

VI. CONCLUSIONS

En aquest document s'ha posat de manifest que un dels factors més importants del cotxe elèctric és el sistema de càrrega. S'han distingit quatre tipus de càrrega diferents, bo i detallant el seu funcionament, els elements que hi intervenen i relacionant, per a cadascun d'ells, els connectors més habituals.

Un cop exposats els diferents tipus de connectors i mètodes de cobrament d'energia elèctrica, s'ha posat de manifest la necessitat de regulació o estandarització d'aquests factors, ja que en cas de no produir-se, podria suposar conseqüències negatives per a aquest sector en ple desenvolupament.

També s'ha pogut veure que un aspecte molt important és l'impacte a la xarxa elèctrica de la càrrega de vehicles elèctrics. Ha quedat remarcat que el mètode de càrrega lenta és el més recomanat per evitar sobrecàrregues a la xarxa. En relació a aquest fet, en àmbit local s'està treballant en estratègies de comunicació que permetin contactar entre sí els diferents equips de càrrega distribuïts en un mateix edifici.

També s'estàn avaluant sistemes de gestió més globals de forma que es pugui informar als vehicles de la posició del

punt de càrrega més proper i la seva disponibilitat. Malgrat aquest tema no s'ha treballat, de ben segur que les TIC hi tindran un paper molt important.

AGRAÏMENTS

Agraïm cordialment en Joan Bergas Jané, per les seves explicacions sobre conceptes que ens causaven dificultat per desenvolupar l'article i proporcionar-nos el material necessari per acabar d'aclarir algunes idees.

També és d'agrair la tasca de coordinació i motivació de la Teresa Escobet, que ens ha ajudat a organitzar tan el grup humà com les tasques que calia abordar per a la realització, pas a pas, d'aquest article.

BIBLIOGRAFIA

Foro Coches Eléctricos. Plataforma Blogger [en línia]. Espanya: Blogger 2011. [Consulta: 06/12/2011]. Disponible a: <http://www.forococheselectricos.com/2011/09/los-fabricantes-apuestan-por-el.html>>

Ibil. *Ibil* [en línia]. Espanya: IBIL, 2011. [Consulta: 20/11/2011]. Disponible a: www.ibil.es>

Rema. *Rema-EV* [en línia]. Alemanya: Agency-Z, 2010. [Consulta: 17/10/2011]. Disponible a: www.rema-ev.com>

Rema-Shangai. *Rema Shangai Hai* [en línia]. China : Rema-Shangai Hai, 2009. [Consulta: 13/11/2011]. Disponible a: <http://www.rema-shanghai.com>>

ScameOnLine. *Scame Electrical Solutions* [en línia]. Italia: Inet Consulting, 2005. [Consulta: 20/11/2011]. Disponible a: www.scame.com>

Schneider. *Schneider electric* [en línia]. Espanya: Schneider Electric, 2011. [Consulta: 20/11/2011]. Disponible a: <http://www.schneider-electric.com/site/home/index.cfm/es/>>

Els motors en els vehicles elèctrics

Pau Soliva, Nil Bacardit, Albert Babí i Arnau Piñero

Segon curs d'Enginyeria d'Integració en Sistemes TIC

pausoliva@hotmail.com

nilbacardit@hotmail.com

albert.babi@hotmail.com

arnau.piñero@hotmail.com

Resum— Aquest article presenta un estudi sobre els motors utilitzats en els vehicles elèctrics, fent referència a la història, funcionament de les màquines elèctriques en general i els convertidors que utilitzen, les diferències que presenten amb els actuals i la influència que tenen les TIC (tecnologies de la informació i la comunicació) en els vehicles elèctrics.

I. INTRODUCCIÓ

Actualment, en la societat en la que viuen els països desenvolupats del planeta, el transport s'ha convertit en una eina indispensable per a tothom, especialment el vehicle propi.

És per aquest motiu que el consum energètic generat en aquest àmbit és cada vegada més elevat i insostenible. Amb el propòsit d'allunyar-se d'aquest consum desmesurat del petroli, durant les últimes dècades s'ha potenciat la investigació d'alternatives com a font de subministrament d'energia, reinventant així el concepte de vehicle elèctric.

Amb aquest article ens hem acostat al món del vehicle elèctric, centrant-nos en el seu motor. En la secció II repassem l' història del vehicle elèctric en general, per a contextualitzar el treball. La secció III representa un estudi de la màquina elèctrica, explicant el tipus de motors existents. En la secció IV expliquem els motors elèctrics utilitzats en els vehicles, a continuació fem referència a la influència que tenen les TIC en els vehicles elèctrics i finalment l'article acaba amb la nostra valoració personal i les conclusions a què hem arribat.

II. HISTÒRIA DEL MOTOR I VEHICLE ELÈCTRICS

El vehicle elèctric no es una novetat dintre de la dilatada vida del automòbil. Si recordem el passat, hi va haver un període en la història en que el motor elèctric, el motor de combustió i el motor de vapor estaven a un nivell semblant, podien competir cada un per ser el guanyador de la cursa a la propulsió dels vehicles [1].

En el passat hi va haver varis intents d'aconseguir un vehicle que es mogués de forma autònoma. Un dels primers ginys (1720), va ser idealitzat pel físic i inventor Isaac Newton; la màquina funcionava amb vapor d'aigua, encara que no va arribar a ser construïda mai. Tot i això, no va ser fins l'any **1769** que es va construir el primer automòbil... de 4,5 tones! Aquest, era el més semblant a una massa enorme sense frens, i la seva inèrcia era impressionantment vertiginosa.

Al 1858, l'enginyer italià **Barsanti** creà el que podem considerar com a **primer** motor d'explosió amb un sol

cilindre, el qual funcionava amb una mescla d'oxigen i d'hidrogen, aconseguint així la primera màquina que transmetia el moviment alternatiu del pistó a la roda.

Un dels dies més importants de la història del motor arribava el 1876, quan gràcies al doctor August Otto, es va inventar un tipus de motor que anys després seria el trampolí del famós motor de combustió de 4 temps. El 1892 va aparèixer el motor d'arrencada per compressió, basat en les investigacions de l'enginyer alemany Rudolf Diesel. Tot i això, qui es va emportar més mèrits en aquest àmbit tecnològic, va ser el físic britànic **Michael Faraday** (Fig. 1), qui al **1821** va construir un aparell que produïa electricitat amb el nom de **rotació electromagnètica**, el qual actualment coneixem com a motor elèctric.

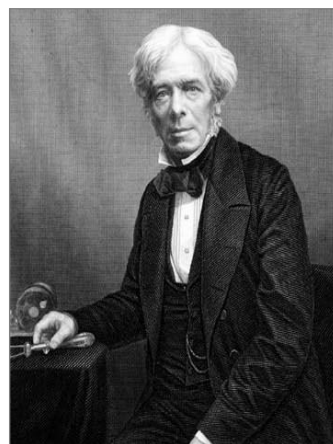


Fig. 1: Michael Faraday

Al 1837, l'inventor escocès Robert Davidson va aconseguir moure una locomotora a 6 km/h fent servir un motor elèctric i més tard l'economista de mateixa nacionalitat, Robert Anderson va contribuir el primer carruatge elèctric. Al 1880, les primeres bateries recarregables van sortir al mercat.

Amb l'arribada del segle XX va aparèixer ja l'automòbil elèctric per a ser comercialitzat de la mà del pilot i enginyer belga Camille Jenatzy, el qual era capaç d'arribar als 100km/h. Aquest va començar a tenir èxit entre la classe burgesa ja que, a diferència del cotxes amb motor d'explosió, no contaminava, era més fiable i no tant sorollós [2].

Però al 1912 la gasolina va baixar de preu, els motors d'explosió ja eren més eficients i mes segurs i l'autonomia va passar a ser molt valorada, això va provocar una decadència del cotxe elèctric fins al seu abandonament. A més a més Henry Ford va crear El Ford T, el qual va ser un dur competidor, produint l'automòbil en sèrie, abaratint el preu

del vehicle i perjudicant d'aquesta manera en desenvolupament i la producció del cotxe elèctric.

L'arribada de l'ICE (de l'anglès *internal combustion engine*) també va suposar un decreixement del desenvolupament del cotxe elèctric.

Són aquests últims esdeveniments sense que van impedir que l'evolució del cotxe elèctric seguís un curs progressiu i evolutiu.

Dècades després, cap als anys 60 i coincidint amb la imposició de noves lleis ecològiques, es va reprendre la popularització dels vehicles elèctrics d'emissió, posant-se a la venda alguns vehicles. Encara que els d'ús particular no van tenir gaire èxit, els vehicles usats com a cotxes de golf, elevadors i altres vehicles per a fàbriques si que es van comercialitzar.

L'any 1987 es va crear el primer cotxe elèctric que funcionava amb energia solar. Es va crear a Austràlia i s'anomenava *World Solar Challenge* (Fig. 2). L'objectiu principal d'aquest vehicle fou obtenir la pròpia energia del sol per a l'autonomia del funcionament del cotxe.



Fig. 2: *World Solar Challenge*

L'any 1996 es va llançar al mercat el primer cotxe elèctric de prestacions serioses i a tenir en compte en comparació als cotxes de gasolina. Anomenat *EVI*, va ser produït per la potent empresa automobilística *General Motors*[3]. Aquest esdeveniment pot ser considerat un punt clau en el desenvolupament i la història del vehicle elèctric; ja que es va crear el primer cotxe amb una alta autonomia, eficient i de prestacions comparables amb els cotxes de gasolina, amb l'afegit que era un vehicle net.

D'aquesta manera es genera una forta disputa per part de les companyies que no els interessava que el cotxe elèctric sortís a la llum. Es van generar molt canvis de preus respecte la gasolina i les bateries dels cotxes elèctrics per augmentar les vendes dels cotxes de combustió respecte els elèctrics, com per exemple a Califòrnia, on el *CARB (Plataforma de Recursos de l'Aire de Califòrnia)* va imposar una llei que obligava a totes les empreses de l'estat que feien cotxes, a tenir almenys un model de cotxe que no contaminés.

Més endavant, Califòrnia va rebre pressió per part de les indústries petrolíferes. La llei es va afluixar i va dictaminar que la producció de vehicles no-contaminants aniria lligada amb el seu volum de vendes. Per tant, si demostraven que no tenien demanda, no haurien de produir més cotxes elèctrics.

Per culpa d'aquest fet va desaparèixer l' *EVI*, i tots els concessionaris que tenien més clients de *General Motors* van tancar.

Tot i així, la campanya a favor de la sostenibilitat del planeta i la forta pressió que exerceixen els grups ecologistes en els últims anys, ha fet reactivar la producció de vehicles elèctrics, creant-se així una alta competència d'investigació i invenció de vehicles ecològics i eficients. Exemples de fabricants implicats en l'actual desenvolupament del vehicle elèctric són Renault, Toyota, Tesla, Fisker, Wrightspeed, Lightning, Venturi o bé Rinspeed.

Tot i que tenen una molt bona autonomia i són una oferta molt interessant envers al vehicles amb motor tèrmic, encara s'ha de desenvolupar les bateries del cotxe elèctric per arribar al nivell dels cotxes de combustió.

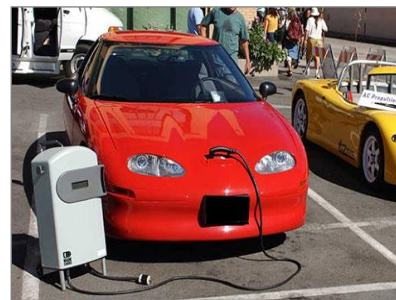


Fig. 3: *EVI*

III. VEHICLE ELÈCTRIC/MÀQUINA ELÈCTRICA.

D'entrada podem considerar el vehicle elèctric com una màquina elèctrica senzilla que està formada bàsicament per un motor elèctric, una bateria per emmagatzemar l'energia i un controlador electrònic que regula la gestió d'energia (Fig. 4). Altres elements importants són el carregador de bateries que tan pot estar integrat al vehicle com en el seu exterior.

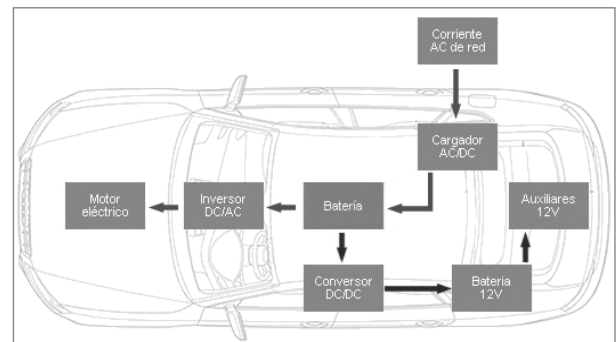


Fig. 4: Esquema d'un cotxe elèctric

A continuació es fa referència a la descripció i classificació de les màquines elèctriques i seguidament, tenint en compte que l'element principal de qualsevol vehicle elèctric és el seu motor, explicarem els diferents tipus de motor disponibles en el mercat.

A. Classificació i funcionament de la màquina elèctrica

Les màquines elèctriques es classifiquen en generadors, motors, transformadors i convertidors. Els generadors transformen l'energia mecànica en elèctrica, els motors transformen l'elèctrica en mecànica, (també es poden classificar segons si funcionen amb corrent contínua o alterna), i els transformadors i convertidors conserven la forma d'energia, però en transformen les característiques.

Una màquina elèctrica té un circuit magnètic i dos circuits elèctrics. Normalment un dels circuits elèctrics es diu excitació, perquè al ser recorregut per un corrent elèctric produeix el necessari per crear el flux establert en el conjunt de la màquina.

Les màquines elèctriques es poden classificar en rotatives i estàtiques. Les màquines rotatives són formades per dinamos, alternadors i motors. Les màquines estàtiques no disposen de parts mòbils, com els transformadors.

El rendiment d'una màquina elèctrica es defineix amb una expressió de relació entre la potència útil i la potència consumida, i s'expressa en %.

$$\text{Rendiment} = \eta = \text{Potència útil} / \text{Potència consumida}$$

B. Tipus de motors

Al mercat ens podem trobar en diferents tipus de motors:

Motor d'inducció

Alimentat amb corrent altern, es basa en els corrents generats en una massa metàl·lica que es troba a l'interior d'una estructura per la qual hi circula un camp magnètic giratori. La part exterior, anomenada estator, té forma cilíndrica i està formada per un bobinat en el que es genera un camp magnètic giratori. (Fig. 5)

El rotor es troba dins l'estator fixat en un eix, està format per làmines de coure o alumini les quals permeten que hi circuli un corrent induït.

Les avantatges d'aquest tipus de motor són la velocitat constant, el manteniment, disseny i cost econòmics, així com l'alta eficiència.

Un dels inconvenients d'aquest tipus de funcionament és que no es pot variar la velocitat i en la majoria no es pot controlar la potència del motor, ja que depèn de la freqüència d'alimentació i el nombre de pòls.

Actualment, aquests motors, es consideren els més adequats per a la propulsió dels vehicles elèctrics.

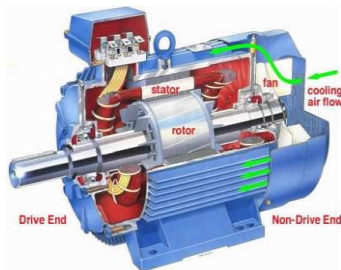


Fig. 5: Esquema d'un motor d'inducció trifàsic.

Ens els vehicles elèctrics més nous i potents s'usen els motors AC d'inducció brushless que no fa servir escobretes per el canvi de polaritat del rotor.

Aquests motors usen un inversor per controlar la seva potència. Aquests inversors estan programats per treballar amb motors AC de gran potència i permeten transformar la potència del motor per funcionar, també, amb els sistemes electrònics del cotxe.

Imants permanents

Existeixen dos tipus de motors d'imants permanents (IP) segons si la disposició dels imants és a la part interna o superficial del rotor. (Fig.6)

El seu funcionament és semblant a l'anterior, amb la diferència que el camp magnètic és constant i es genera per l'acció del rotor. La freqüència de gir es determina al variar el corrent subministrat al motor.

Les avantatges d'aquest motor són el control d'arrencada, l'alt rendiment i velocitat de gir i el baix manteniment.

Els inconvenients d'aquest tipus de motor són la possible desmagnetització amb el pas del temps, la baixa potència de treball i el fet que no es poden modificar les característiques del motor (al ser imants permanents).



Fig. 6: Esquema d'un generador d'imants permanents.

De flux axial

La característica principal d'aquest motor és que el camp magnètic creat en l'inductor és paral·lel a l'eix de gir principal. (Fig. 7)

El rotor gira entre dos semiestators magnèticament actius que creen el camp magnètic.

Aquest tipus de motors presenta un parell motor molt elevat, alta eficiència i densitat de potència.

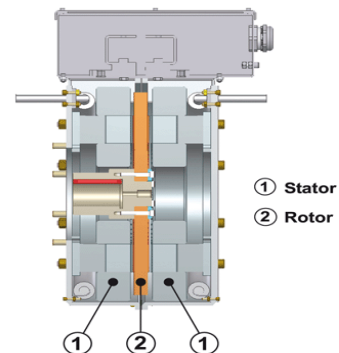


Fig. 7: Esquema d'un motor de flux axial.

De reluctància commutada

La principal característica d'aquest tipus de motor és que pot variar la força electromotriu generada segons el camp magnètic al que es veu sotmès. D'aquesta manera, al rebre impulsos elèctrics, el motor realitzarà diferents desplaçaments giratoris. (Fig. 8)

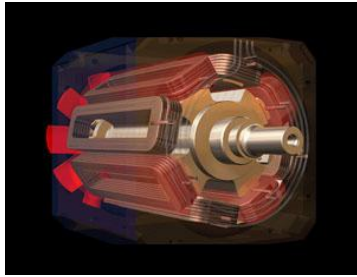


Fig. 8: Esquema d'un generador de reluctància commutada.

IV. CARACTERÍSTIQUES I REQUISITS DEL MOTOR EN EL VEHICLE ELÈCTRIC

En aquest apartat s'avaluen les característiques que hauria de tenir un motor elèctric que s'instal·li en un vehicle, els requisits necessaris, el funcionament i confort, el rendiment i el parell motor que proporciona [6].

A. Requisits del motor elèctric

Perquè un motor sigui viable, ha de tenir una relació potència/dimensió adequades. Ha de ser suficientment petit per a ser muntat en un espai reduït i alhora ha d'entregar una potència raonable. Encara que un motor elèctric sigui sempre més lleuger que un de combustió, s'ha de tenir en compte la potència i autonomia per a què funcioni de forma més eficient.

Un motor elèctric conté poques parts mòbils, la fricció queda reduïda als coixinets que suporten el rotor, de manera que ofereix un conjunt lliure de vibracions, de difícil sobreescalfament. Aquesta característica també és un punt a favor de cara a les poques reparacions necessàries i llarga durada del sistema.

Un motor elèctric ha de repercutir en el confort de la conducció del vehicle i ha de tenir també un bon rendiment, característiques que analitzem en profunditat en els següents apartats.

Finalment, un punt més a tenir en compte en aquest apartat, és la relació qualitat-preu. Ningú comprarà un cotxe elèctric de prestacions similars a un de motor de combustió interna si el seu preu és molt més elevat. Com més econòmic sigui el motor elèctric, més barat serà el preu final del automòbil, facilitant així un millor accés i introducció del vehicle elèctric en la societat, per tant, un motor de freqüència variable que pot ser controlat de forma digital. La seva principal avantatge és que amb un moment d'inèrcia molt baix és capaç de generar un alt parell motor.

A la Taula 1 es resumeixen els requisits que ha de tenir un motor elèctric per poder ser utilitzat en un vehicle. Algunes d'elles són molt rellevants i representatives pel que fa a la comparació entre motors d'electricitat o combustió interna, marcant la diferència.

Taula 1. Requisits del motor elèctric

Alta potència específica
Alta capacitat de sobrecàrrega
Dimensió i pes reduïts
Alta capacitat de sobrecàrrega
Alta eficiència (superior al 85% en condicions nominals)
Amplia gamma de velocitats
Operació als 4 quadrants
Control senzill
Nivells de soroll i vibracions baixos
Parell amb poques vibracions
Robust mecànicament i tèrmicament
Bona relació qualitat-preu
Alta potència específica

B. Confort i funcionament del motor elèctric

El conjunt lliure de vibracions que forma un motor elèctric ha de suposar un confort de conducció major que un cotxe convencional, ja que el soroll que arriba a la cabina és mínim, i no hi ha vibració perceptible pels usuaris.

Igualment, si el governament del motor elèctric és correcte, oferirà un comportament dinàmic i de màxima confiança, sense canvis bruscos en el parell motor [5].

Una característica essencial en els motors elèctrics és que poden generar electricitat a partir d'energia mecànica, d'aquesta manera, resulta factible generar energia elèctrica a través de la força de frenada i els desnivells. En els moments en què el vehicle baixa la demanda d'energia, el motor l'aprofita per a realimentar-se i reciclar així l'energia transmesa. Aquesta característica va molt lligada també amb el tipus de conducció de cada usuari, depenent de si a l'hora de disminuir la velocitat del vehicle utilitzen el fre de les rodes o el fre motor, amb el qual es duu a terme un major estalvi energètic.

Els motors elèctrics utilitzats en els vehicles poden girar cap a dos sentits. A més, el motor pot empènyer la càrrega (entregar un parell) o pot ser arrossegat per ella (el motor agafa tota l'energia mecànica i la transforma en elèctrica, actuant com un generador). Així doncs, tenim dos sentits de gir i uns altres dos de parell, per el que obtindrem 4 possibilitats, representades en la Taula 2, on l'eix vertical fa referència a la velocitat de gir del motor i l'horitzontal al parell.

Aquest és un aspecte molt important ja que demostra l'alta versatilitat del motor elèctric envers el motor de combustió interna. A més de permetre entrega de parell en els dos sentits de gir, ofereix un sistema molt rendible per a l'aprofitament d'energia.

Taula 2. Parella aplicat a l'eix (Nm) , Velocitat (rpm)

<p><u>Quadrant 2</u></p> <p>-Motor arrossegat per el vehicle</p> <p>-Recuperació d'energia</p>	<p><u>Quadrant 1</u></p> <p>-Vehicle arrossegat per el motor</p> <p>-Es consumeix energia elèctrica</p>
<p><u>Quadrant 3</u></p> <p>-Vehicle arrossegat per el motor</p> <p>-Es consumeix energia elèctrica</p>	<p><u>Quadrant 4</u></p> <p>-Motor arrossegat per el vehicle</p> <p>-Recuperació d'energia</p>

Primer quadrant: El motor arrossega la càrrega consumint energia elèctrica. El vehicle accelera.

Segon quadrant: El motor és arrossegat per la càrrega, actuant com a generador alhora que es frena la càrrega, desaccelerant així la velocitat de moviment del vehicle.

Tercer quadrant: El motor gira en sentit negatiu mentre proporciona una força també negativa, d'aquesta manera el vehicle accelera consumint electricitat.

Quart quadrant: El motor realitza força negativa però la seva velocitat de gir és positiva, de manera que es forma un sistema de frenada on s'aprofita tota l'energia del fre motor per a realimentar-se.

C. Rendiment i eficiència energètica

Com hem esmentat, un factor que determina la viabilitat d'un vehicle elèctric és la seva eficiència energètica. El seu rendiment mitjà és del 70%, molt superior al dels vehicles de motor de combustió (20%). Això és en part gràcies a l'alta eficiència dels motors elèctrics. Per a un correcte funcionament, l'aprofitament energètic del motor ha de ser superior al 85%. La part mecànica de qualsevol vehicle elèctric té un rendiment molt més baix.

El fet que el rendiment d'un motor elèctric sigui més elevat que un de combustió interna, fa que el consum energètic sigui notablement més baix, com es demostra en els següents càlculs comparatius:

- Un utilitari elèctric té un consum mitjà de 13,78 kWh cada 100 km.
- El preu de consumidor és de 0,115 € cada kWh.
- El cost econòmic per a proporcionar energia per a realitzar 100km és de 1,58 €.
- Un vehicle amb motor de combustió interna presenta un consum mitjà de 4,7 l cada 100km.
- El preu de consumidor és de 1,15€ per litre.
- El cost econòmic per a proporcionar energia per a realitzar 100km és de 5,4 €.

Tenint en compte que aquests càlculs fan referència a la mitjana de cotxes actuals, s'observa que tant física com econòmicament, el vehicle elèctric té un millor rendiment; sense deixar de banda el benefici ambiental que suposa utilitzar energia elèctrica en lloc de combustibles fòssils.

D. L'entrega de parell

La finalitat principal d'un motor elèctric és generar força mecànica (entregar un parell motor) a partir d'energia elèctrica.

La velocitat de gir del motor i el seu parell de força seran els que determinaran la potència transmesa pel motor. Això es pot observar en la Figura 9, que relaciona la gràfica potència-velocitat amb la de parell-velocitat [1]. Observem que conforme la velocitat de gir és més elevada, més alta també és la potència transmesa. El parell motor necessari creix en l'inici, per a passar de 1000 a 2000 rpm; es manté constant fins a 4500 rpm i decreix en el tram final.

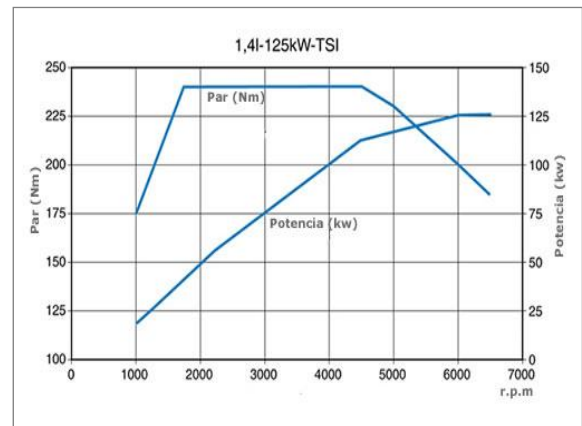


Fig. 9: Gràfica que mostra la relació d'entregues de potència, parell i velocitat del vehicle elèctric.

És important que el parell sigui constant i al variar no ho faci de forma brusca, ja que serien transmeses als eixos de les rodes del vehicle de forma sobtada, desestabilitzant el vehicle i disminuint el confort de conducció. Per a garantir un nivell d'empenta constant, el motor ha de tenir un bon sistema de control, que entregui parell al prémer l'accelerador i freni, actuant alhora com a generador, en les desacceleracions del vehicle o baixades. El conductor del vehicle ha de ser capaç de governar la potència del seu vehicle fàcilment depenent de les condicions de circulació.

El sistema de transmissió de marxes que utilitza un vehicle de motor de combustió interna suposa un fàcil control de la potència del seu vehicle, adequant-se sempre amb la seva acceleració. En un vehicle elèctric, seria òptim regular la seva velocitat segons el gir del motor.

Un altre aspecte comparatiu a tenir en compte referent al parell dels motors és que els de combustió interna estan dimensionats segons la seva potència, és a dir, un motor de 350CV és molt més gran que el d'un de 90CV. Un motor elèctric ha d'oferir més versatilitat, però un aspecte a favor és la capacitat que tenen d'entregar pics de potència de fins al doble de la nominal durant períodes curts de temps, és a dir, encara que el motor sigui reduït, podrà afrontar els moments en què la demanda sigui elevada, per exemple, en les que el vehicle es trobi en pujada.

V. LES TIC I EL VEHICLE ELÈCTRIC

Una de les diferències més notables en els cotxes d'abans comparats amb els d'ara, es que hem avançat molt en tecnologies com l'electricitat i l'electrònica. Actualment ambdues formen part de les nostres vides i són tan útils com necessàries. Ens aporten moltes facilitats i solucions en un ampli rang de camps: informàtica, música, educació, telefonia, i especialment en l'automoció. Si mirem unes dècades enrere, tota aquesta tecnologia era impensable. L' electrònica tal i com la coneixem avui en dia és molt jove, ha sofert una evolució vertiginosa fins la data en un temps rècord i de creixent projecció, la qual cosa es podria catalogar com a *boom* tecnològic.

L'evolució de l' electrònica, encara que de forma molt accelerada, ha seguit uns canvis clarament definits per arribar als nivells actuals. El eix principal ha sigut un continu procés d'augment de capacitats d'integració de funcions, acompanyat d'una forta reducció dels costos, una afirmació que no podria ser possible sense els avenços tecnològics d'evolució de nous materials.

Aquesta major presència de la electrònica de consum a les nostres vides ens ha portat formes de comunicació e interacció amb els dispositius enormes, i això ha tingut una clara repercussió als vehicles, els qual ara mateix tenen una dependència absoluta de l'electrònica, en comparació al 1961 la dependència ha estat pujant casi de forma exponencial fins al 2010. La electrònica ha guanyat un paper molt important sobre tot en la Taula 3.

Taula 3. Exemples reals de la importància actual de la electricitat als vehicles elèctrics i de combustió.

Injecció electrònica de combustible
Sensors de pluja
Sensor per facilitar el aparcament
Millores del Airbag
Busos de comunicació amb les centraletes electròniques

La llista semblaria interminable si agafem un turisme particular com a exemple, amb la introducció del vehicle elèctric, la electrònica tindrà un pes molt important, ja que haurà de ser el coordinador de tota l'operació .

Una de les millores importants que ha patit el cotxe actual respecte els d'abans és el *inverter* també anomenat variador de velocitat. Són elements essencials ara mateix dins d'un cotxe tan elèctric com de combustió. L'usuari és l'encarregat de seleccionar el parell del motor i la tracció electrònica en el cas d'un cotxe elèctric. Els variadors de velocitat electrònics estan formats per un convertidor estàtic i un circuit de control que el governa. Aquest circuit de control segueix les ordres d'un operador humà o un automatisme, sent en el cas del vehicle el propi conductor. En aplicacions industrials, on per norma general les preses d'alimentació subministren energia elèctrica de forma alterna, els variadors de velocitat estan formats per un rectificador i un ondulador al ser la bateria la que la energia de forma contínua.

Aquestes variacions solen estar dissenyades en el cotxe elèctric per poder tenir un control del motor en els quatre quadrants (Taula 3) aprofitant així els dos sentits de gir del motor.

Existeixen tres formes de controlar-lo: per ona quadrada, per ona casi quadrada i per banda de pols (del angles *Pulse Width Modulation*).

Als cotxes se'ls ha anat aplicant i incorporant progressivament sistemes electrònics de control (TIC) per millorar l'ús i la seguretat d'aquests, com el controlador ABS, els sistemes de regulació de la velocitat del turbo-compressor, enllumenat, l'acceptació de dades en el bus general que decideix en ocasions extremes quines dades ha de processar la CPU i quines no per optimitzar el sistemes de seguretat i molt d'altres.

Aquests sistemes aplicats al cotxes amb motor d'explosió també poden ser aplicats al cotxe elèctric, ja que ens sistemes de control que depenguin del tipus de motor poden ser usats en els dos tipus de vehicles.

S'ha de tenir en compte que el cotxe elèctric disposa de més sistemes de control, ja que per la dinàmica de funcionament del seu motor són necessaris, els més importants són els usats per millorar l'eficiència de la bateria i així allargar el màxim la seva durada i reduir el seu temps de càrrega.

Per tant comentarem un sistema TIC específic del motor elèctric, per donar-nos una idea:

Una de les aplicacions és controlar els variadors de freqüència per reduir un 50% el consum d'energia (molt important en aquest tipus de vehicle) en els motors síncron d'imants permanents que són utilitzats en el cotxe elèctric per bombes, compressors i en sistemes HVAC (calefacció, ventilació i aire condicionat. Aquest controlador es basa d'un sensor de posició ja que es necessita en tot moment el coneixement de la posició o del rotor per tal de poder sincronitzar l'excitació de l'estator amb la posició del rotor.

VI. CONCLUSIONS

L'evolució que actualment s'està produint al planeta, seguint un ritme insostenible, fa que cada dia siguin més importants les alternatives a la combustió de recursos escassos i l' utilització d'energies renovables o més ecològiques. De la mateixa manera, com hem esmentat, l'automòbil té cada dia un paper més important en la societat, repercutint això en més contaminació en les zones poblades.

Per aquests motius creiem que és important estudiar alternatives com podrien ser el vehicle elèctric, i amb articles com aquest s'ajuda a entendre-ho millor, tant per nosaltres com de cara a les altres persones a qui es pugui difondre.

Aquest treball representa, a més de l'estudi dels motors elèctrics en si, un repàs per la història del vehicle elèctric en general, així com les seves característiques i la influència del les tecnologies TIC.

Un cop acabada la recerca i redacció de l'article, hem arribat a la conclusió que el vehicle elèctric és una molt bona alternativa al de gasolina o diesel i que en un futur,

segurament no gaire llunyà, tindrà les mateixes característiques i prestacions, pujant la seva demanda i reduint-se així també el seu preu.

Per a arribar a aquest punt, però, la societat ha de fer un esforç per a tal d'introduir-los en la tecnologia quotidiana, de forma específica [7]:

- **Consumidors:** S'ha d'abandonar l'escepticisme al canvi.
- **I+D i recerca:** Fomentar l' investigació del cotxe elèctric, així com les seves debilitats.
- **Fabricants de cotxes:** Fer el salt definitiu a la campanya de vehicles elèctrics, fomentant les energies renovables i el baix consum que tenen.
- **Empreses petrolíferes:** El petroli mou masses de diners, i les empreses petrolíferes no cedeixen ni un mil·límetre del seu camp.
- **Governos Federals:** La poca inclinació que tenen els governs cap als vehicles elèctrics i les energies renovables ve marcada pels diners que mou el petroli, i els governs haurien de ser els primers en valorar la situació actual i fomentar aquest canvi, adequant les lleis a un model correcte i sostenible.

Fent referència a l'actuació que es pot dur a terme des dels laboratoris de recerca automobilística, creiem que un altre aspecte, ja explicat en la Secció V de l'article, és la relació pròxima que tenen les TIC amb els vehicles elèctrics, així com amb els seus motors. Podem relacionar molt fàcilment software amb el cotxe elèctric. Podem administrar la potència que pot oferir el motor elèctric. Podem evitar el major nombre de problemes amb un software adequat. Hem de crear un software adient, perquè el motor funcioni amb la màxima eficiència possible. També es important reduir les vibracions a la cabina i intentar evitar el màxim soroll possible. Haurem de crear un software perquè el motor actuï segons el estat actual ho requereixi. Segons en quin estat estigui el cotxe, segons freni, acceleri, o el pendent per exemple, haurem de necessitar diferents tipus de funcionament tal com s'indica en la Taula 2 dels quadrants, per tal de d'extreure el màxim rendiment d'energia, inclús poder aprofitar l'energia de frenada.

Com a conclusió final de l'article, creiem fermament que estem en una època de forts canvis energètics i que entre tota la població mundial hem de canviar alguns hàbits de vida els qual estàvem acostumats fins ara. Això serà un pas difícil i haurem de ser recordats com la generació de persones que van canviar una era perquè els nostres fills i filles puguin gaudir d'un planeta Terra el màxim de net possible. Es hora d'evitar les guerres per el petroli, es l'hora de que tots els polítics del món incloent les potències més poderoses siguin conseqüents en el canvi i que l'acceptin.

Som la generació del canvi energètic i es fonamental que el jovent d'avui en dia tingui clar el que està passant amb el canvi climàtic i qui ho està provocant, ha arribat l'hora d'acceptar per tothom la nova era, el nou canvi mundial i l'important aportació que pot suposar el **vehicle elèctric**.

REFERÈNCIES

- [1] (2000) Wikipedia/vehículo-eléctrico [En línia]. Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Veh%C3%ADculo_el%C3%A9ctrico
- [2] (2000) Motor pasion [En línia]. Disponible: <http://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-de-los-coches-electricos>
- [3] "Who killed the electric car?" [En línia]. Disponible: <http://www.youtube.com/watch?v=bTHsTCBxDm8>
- [4] (2000) El motors-electrics website. [en linea].Disponible: <http://www.motors-electrics.com/pdf/Marc%20Total.pdf>
- [5] (2000) Wikipedia/motors-electrics [En línia]. Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_el%C3%A9ctrico
- [6] Motor spain [En línia] Disponible: <http://www.motorspain.com/31-05-2010/tipos/alternativos/partes-de-un-coche-electrico>
- [7] STA. *El vehículo eléctrico. Desafíos tecnológicos, infraestructuras y oportunidades de negocio.*[llibre en línia]. Disponible: Libbooks

Bateries per el cotxe elèctric

Juan Carlos Martínez, Enric Pomar, Francesc Nadal, Gerard Caballero

Segon curs de Grau en Enginyeria de Sistemes TIC

juancarlosmartinezguerra@gmail.com

Enric.pomar@estudiant.upc.edu

Francesc.Nadal@estudiant.upc.edu

Gerard.caballero@estudiant.upc.edu

Resum: En aquest document es fa un recull sobre el funcionament de les bateries elèctriques, antecedents i noves necessitats. L'objectiu d'aquest article, es poder fer-nos una idea de les virtuts i mancances d'uns dispositius imprescindibles per al desenvolupament futur, i present, de noves tecnologies, així com de les noves formes de mobilitat representades pels vehicles elèctrics. Tipus de bateries, modes de càrregues, així com recuperadors de energia cinètica i aspectes a millorar. Són alguns punts tractats en aquest article.

Paraules clau: Bateries, cicles de carrega/descarrega, recuperadors.

I. INTRODUCCIÓ

Una bateria no és res més que un component que emmagatzema electricitat per poder-la donar quan sigui necessària.

Aquests components han experimentat una gran evolució a partir dels anys 90 gràcies a la seva utilització en telefonia mòbil i en informàtica portàtil. Aquesta evolució continuarà de manera imparable, probablement gràcies a la indústria del transport, principalment de l'automòbil.

El transport ha funcionat durant tot el segle XX amb combustibles fòssils (hidrocarburs, benzina i gasoil principalment), però l'esgotament d'aquestes fonts d'energia fa que la indústria es mogui cap a l'electrificació dels automòbils.

Tot aquest desenvolupament fa que les bateries, cada cop puguin emmagatzemar més energia amb menys espai i a un cost inferior. Per tant el desenvolupament va encaminat a aquest dos aspectes: més energia per espai/pes i menys cost de fabricació.

Els principals tipus que trobem de bateries són: Plom-àcid, níquel-cadmí, níquel-hidruir metàl·lic, ions de liti, polímer de liti-zebra.

II. LES BATERIES

A. Descripció general

Les piles i generadors (cel·les galvàniques), són dispositius mitjançant els quals obtenim energia elèctrica a partir d'una reacció redox espontània, tal i com s'observa en la Fig. 1. Segons si la reacció redox és reversible o no, tenim les piles o els acumuladors o bateries.

En les piles la reacció redox és irreversible i un cop esgotats els reactius, finalitzar la reacció. Mentre que en els acumuladors la reacció es reversible i si des de l'exterior es genera una diferència de potencial les reaccions s'inverteixen i es regeneren els reactius inicials.

Una reacció redox es una reacció d'oxidació-reducció, s'anomena així perquè es produeix simultàniament una oxidació (procés en el qual una substància perd electrons) i una reducció (procés en el qual una substància guanya electrons).[1]

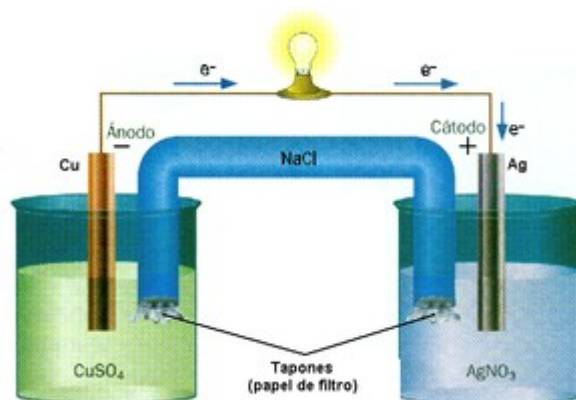


Fig.1 exemple de reacció redox, pila Cu-Ag

B. Evolució i història.

La primera pila va ser descoberta el 1800 per Alessandro Volta, i a partir del seu descobriment aquesta ha anat evolucionant, segons les necessitats del mercat. Com a dates més característiques assenyalarem que el 1859 es va inventar la pila de plom àcid que va ser la primera pila recarregable; després el 1887 es va inventar la pila de cèl·la seca; el 1900 van inventar la de Níquel -Cadmí que va ser popular molt de temps però el problema era que durava molt poc; el 1955 van descobrir la pila alcalina amb una major durada que les anteriors; el 1970 es van començar a comercialitzar les piles de liti, i fins el 1996 no es van començar a utilitzar les piles de polímer de ió de liti que són les més utilitzades actualment per la seva llarga durada i la seva carrega relativament ràpida.

C. Funcionament de les bateries.

La bateria té un determinat nombre de cel·les, unides per mitjà de barres metàl·liques, cada cel·la acumula una mica més de dos volts. Les bateries per a automòbils tenen 6 cel·les, que unides donen un total de 12 volts.

Cada cel·la, consta de dos jocs de plaques, o elèctrodes immersos en una solució d'aigua i àcid sulfúric anomenat electròlit. Un joc de plaques aquesta fet per òxid de plom i l'altre, de plom porós.

Al funcionar la cel·la, l'àcid reacciona i converteix l'energia química en energia elèctrica

L'energia elèctrica s'emmagatzema i es produeix per dues plaques metàl·liques submergides en una solució química (electròlit) a major superfície de les plaques s'emmagatzema més energia.

Els separadors porosos no són conductors, i eviten curtcircuits, cada grup forma una cel·la amb un voltatge una mica superior als 2 volts.

El voltatge de cada cel·la és el mateix sense importar la seva mida i el nombre de plaques.

Per aconseguir voltatges més alts les cel·les s'han de connectar en sèrie (per exemple 6 cel·les produiran 12 volts).

D. Tipus de bateries

En funció de les substàncies químiques que intervenen en una reacció redox, ens trobem amb diferents tipus de bateries.

1) Plom-àcid:

Les bateries de plom són les que fa més anys que s'utilitzen. Tenen una baixa relació entre el pes i l'energia que emmagatzemen, però ho compensen, amb que duren molt de temps i tenen un preu relativament econòmic. Des del punt de vista mediambiental, tot i ser el plom un material pesat, és reciclen fins el 90% del seu contingut.

2) Níquel-cadmi:

Tot i fer anys que es van descobrir, el seu cost va fer esperar la seva utilització.

Consten d'un ànode de níquel i un càtode de Cadmi. Al ser el cadmi un metall pesat i molt tòxic, de del 2004 estan prohibides a la Unió Europea.

Tenen l'avantatge de la seva gran durada, unes 1.500 recarregues amb un ús correcte, però tenen altres inconvenients, com per exemple una baixa capacitat energètica per unitat de pes i que pateixen l'efecte memòria.

3) Níquel-hidrur metàl·lic (Ni-MH)

Les bateries de níquel-hidrur metàl·lic, es van desenvolupar als anys 70, però s'han introduït recentment al mercat, per substituir les de Níquel i Cadmi, que com hem dit estan prohibides a la Unió Europea.

Tenen una alta capacitat d'emmagatzematge per unitat de pes, respecte les bateries de plom, però continuen tenint el problema de l'efecte memòria.

Tot i això són de les més utilitzades en els cotxes híbrids, ja que donen molt bons resultats de consum.

Amb un ús correcte s'esperen entre 300-500 cicles de càrrega.

4) Sodi i Clorur de Níquel (Na-NiCl₂)

El seu gran inconvenient, es que s'ha de mantenir, fins i tot estant apagat el vehicle, a 200-250°C. Això es fa fent servir un 10% de l'energia de la pròpia bateria, el que provoca una pèrdua prematura d'energia.

5) Ions de liti (Li-Ion)

Tot i ser un tipus de bateries que es coneix des de 1960 el seu desenvolupament s'ha realitzat gràcies a la telefonia mòbil, degut a la necessitat de fonts d'energia prou duradora per cobrir les necessitats d'aquest mercat.

A diferència de les anteriors no pateix de l'efecte memòria, ni té una gran pèrdua de capacitat per l'efecte de no utilitzar-se. Aquestes dues característiques fa que s'hagi incrementat el seu ús en aparells portables, telèfons, ordinadors portàtils, ...

Presenten problemes per sobreescalfament, podent arribar a explotar, per aquest motiu s'han pres mesures al respecte utilitzant-se membranes de ceràmica flexible que ofereix més estabilitat tèrmica.[11]

En aquest tipus de bateria, poden emmagatzemar uns 150 Wh per kg de pes de bateria.

Pel que fa al seu impacte ambiental, el que s'utilitza no és liti metàl·lic sinó sals de liti, que no tenen problemes de toxicitat. Sí pot haver-hi toxicitat amb l'òxid de cobalt, material emprat com a càtode, però s'està substituint ja per fosfat de liti i ferro (LiFePO₄) o òxid de manganès liti (LiMn₂O₄) per evitar la seva gran inestabilitat. És reciclable i, pel que fa al temps de recàrrega, no existeixen complicacions tècniques per les lentes de 4-6 hores com volen les companyies elèctriques, ni tampoc per ràpides (de 30 minuts a 1h), com demanen els fabricants de cotxes. El que resulta ja més delicat són les descàrregues ultra ràpides de 10 o 12 minuts, pel sobreescalfament dels acumuladors. Permeten unes 2200-2500 recarregues profundes, el que suposa uns deu anys d'ús.[12]

6) Polímer de liti:

El seu ús es va expandir durant el 2006, per tant encara es troben en desenvolupament.

S'espera un cost entre 10 i 20% inferior que les de Io-Li amb una relació pes/emmagatzematge superior.

Es basa en la barreja d'un polímer semblant a la goma amb un líquid electròlit en una capa fina i flexible de gel que se situa entre els elèctrodes de la bateria. El gel de polímer s'assembla a una pel·lícula sòlida, però en realitat conté un 70% d'electròlit líquid. A més de ser segures i tolerants als danys, les cel·les obtingudes són adaptables i per tant poden adaptar-se a la geometria de pràcticament qualsevol dispositiu, la qual cosa les fa molt més versàtils.[13]

Com a inconvenients, es tornen inestables si les sobrecarreguem, de la mateixa manera que si es descarreguen per sota d'un valor determinat.

7) Zebra

Són bateries de sodi-clorur de nitrat. Són bateries que prometen una alta capacitat d'emmagatzematge d'energia però amb algunes particularitats.

El seu electròlit, necessita estar a altes temperatures, uns 250° a 350° C, per tant s'han d'aïllar de l'exterior, per evitar pèrdues d'energia, s'aïllen al buit.

Té una capacitat d'emmagatzematge similar a les bateries de Ions de Liti, però amb l'avantatge que poden treballar a altes tensions, fins a 600V, o bé emmagatzemar grans quantitats d'energia.

El nombre de cicles de les bateries es d'uns 1000 cops. Però es pot carregar fins al seu 50% amb poc temps uns 30 min. [14]

8) Bateries experimentals:

Els investigadors van provenir altres tipus de materials per millorar la eficiència de les bateries segons les necessitats, algun exemple són :

- Liti-aire (Li-aire).
- Liti-metall (Li-metall).
- Liti-sofre (Li-S).
- Ànodes de carboni de silici, nanocompostos de Li-ion.

9) Comparativa i anàlisi:

A les figures de l'annex 1, es poden veure els avantatges i desavantatges de diferents tipus de bateries:

- A la figura 4 de l'annex es realitza la comparació d'algunes de les piles descrites. En un diagrama radial es compara l'energia específica, la potència específica, la seguretat, les prestacions de funcionament, la vida esperada i el cost. Comparativament, la que presenta unes prestacions més equilibrades seria la de Lítium-Nickel-Manganès-Cobalt, tot i que la elecció es farà depenent de les prestacions necessàries en cada aplicació.

A la figura 5, es mostra en un diagrama de barres, el cost actual de fabricar una cel·la Lítium-Níquel-Cobalt-Alumini (NCA), amb el cost previst l'any 2010. Es preveu que hi haurà una reducció del cost de fabricació del 60%, tant respecte una cel·la com un pack de cel·les.

A la figura 6 es mostra la predicció de la reducció de costos des de l'actualitat fins al 2020.

III. CICLES DE CÀRREGA I DESCARREGA

S'entén per algorisme de càrrega, el mètode pel qual el carregador restitueix la càrrega a la bateria. És a dir, com el carregador controla el voltatge que s'aplica a la bateria, la suma de corrent de càrrega que es subministra i depenent de la sofisticació en la tecnologia de càrrega, els temps associats a aquests processos o etapes

A. Problemes en la càrrega de bateries

Les bateries disminueixen la seva capacitat amb la disminució de la temperatura, un problema addicional és el sobrecarregat de la bateria i els constants cicles de càrrega i descàrrega provoquen una ininterrompuda alteració química dels materials comprimits.

En cas de sobrecàrrega es produeix que la bateria alliberi gasos. Aquest fenomen es produeix a causa de la descomposició electroquímica de l'aigua que es troba en l'àcid sulfúric. Com a resultat d'aquest procés es formen oxigen i hidrogen, els quals donen lloc a oxihidrogeno, de alta explosibilitat.

El voltatge de càrrega hauria de ser d'entre 13,8 i 14,4 V a una temperatura d'entre 15 i 25 ° C. El valor òptim del corrent de càrrega hauria de ser la desena part de la capacitat de la bateria (ex. 4 A per a una bateria de 40 Ah) i per a càrregues "ràpides" com a molt un terç de la capacitat. Si el voltatge de càrrega és superior a 2,4 V per cel·la, llavors hi ha perill de corrosió de la malla, cosa que es pot observar visualment per l'emissió de gasos. És per això que la bateria no ha de carregar fins al màxim amb corrents altes. Un dispositiu de càrrega ràpida pot recarregar una bateria buida de plom ràpidament, però només fins al 70%, a partir d'aquest moment s'hauria carregar amb corrents més reduïdes per evitar la corrosió de la malla.

A fi d'evitar aquests problemes, s'implementen els algorismes de càrrega, amb la finalitat d'optimitzar i fer més eficient les càrregues de les bateries.

A continuació es descriuen els principals problemes associats als cicles de càrrega i els algorismes utilitzats per disminuir aquests problemes.

B. Algorisme de càrrega. Descripció en 3 etapes.

Hi ha diverses etapes de càrrega en un cicle de càrrega d'una bateria. Cicles de 2, 3, 4 etapes i algunes combinacions d'aquests. Cada fabricant de bateries ha desenvolupat un algorisme diferent per optimitzar la característica de recàrrega d'un tipus de bateria en una aplicació específica. Algunes vegades les diferències són petites, però depenent de l'aplicació, aquesta diferència en l'algorisme pot tenir un impacte significatiu en el cicle de vida de la bateria.

1) Etapa "bulk"[15]

A la figura 2, es mostra el gràfic del mètode (algorisme) de càrrega de tres etapes. En els eixos es mostren valors generals per temps, voltatge de càrrega i corrent de càrrega.

El voltatge "A", és el valor de voltatge mantingut constant pel carregador durant l'etapa d'Absorció. "C" és el valor de voltatge mantingut constant pel carregador durant l'etapa d'emmagatzematge o etapa de Flota. Per a la corrent: "D" és el límit del corrent regulada o el valor de corrent mantingut constant pel carregador durant l'etapa de càrrega principal (també coneguda com a etapa de càrrega ràpida). "F" és el

corrent de manteniment proveïda pel carregador durant l'etapa d'Emmagatzematge o etapa de Flota. Per al temps: "W" és el temps transcorregut en el procés de càrrega principal. "Z" és el temps total transcorregut en l'etapa de càrrega principal i l'etapa d'Absorció. La durada de l'etapa d'Absorció serà llavors numèricament igual a ZW. "Z" serà llavors igual al temps transcorregut des del començament del cicle de càrrega fins al començament de l'etapa d'emmagatzematge. Finalment, l'etapa de Flotació és indefinida.

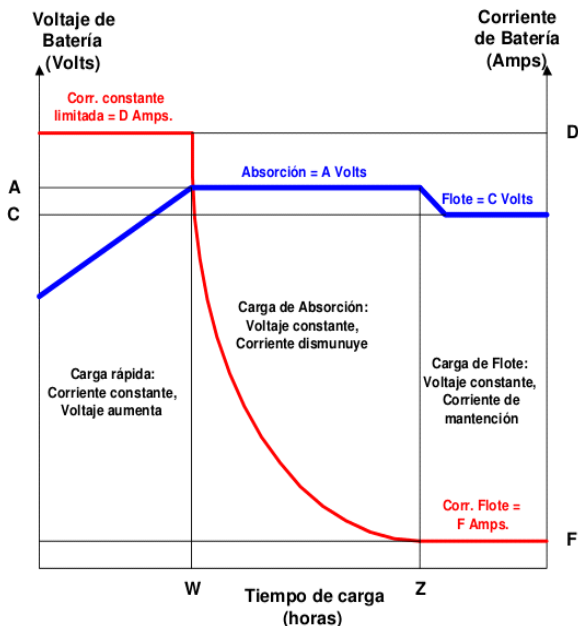


Fig2: Com a càrrega principal (o ràpida)

En aquest temps la bateria està totalment o parcialment descarregada, és a dir, considerant una bateria de 6 cel·les o 12 V, presenta voltatges de l'ordre de 11.4 Vcc. (1.9 Vpc) i de 12,9 Vcc (2.15 Vpc) quan està totalment carregada. Al començament del cicle de càrrega, el carregador intentarà assolir el voltatge de l'etapa de Absorció (voltatge requerit en l'etapa 2, valor típic entre 14.2 i 15 Vcc), però en estar la bateria descarregada el corrent intentarà augmentar ràpidament havent ser limitada pel carregador. Pel que en aquesta etapa de Càrrega Principal la corrent de càrrega es manté constant i el voltatge de la bateria (o de càrrega) augmenta lentament.

2) Etapa de càrrega d'absorció

En aquest moment la bateria està aproximadament un 80% recarregada. El carregador en aquesta etapa manté el voltatge constant mentre que la bateria continua "Absorbint" càrrega des del carregador. Aquest valor del corrent baixarà gradualment en la mesura que la bateria completa el seu procés de càrrega, per tant durant l'etapa d'Absorció la corrent disminueix i el voltatge a la bateria es manté constant.

La transició entre l'etapa d'absorció i la següent etapa es determina per temps o per "Sense" (mesurar) el corrent de

càrrega i, quan aquesta disminueixi de cert valor, canviar a la següent etapa.

3) Etapa "flotació"

El mode de flotació és una manera opcional en molts carregadors de bateria, tot i que els de major qualitat sempre en tenen. Bàsicament hi ha un parell de modes de flotació.

La gestió de la càrrega la fa un controlador tenint en compte les següents característiques. La primera etapa és simplement posar el carregador en una manera de voltatge constant. El valor d'aquest voltatge estarà algunes dècimes per sobre el voltatge nominal (en buit) d'una bateria carregada, típicament entre 13.2 i 13/06 Vcc. La segona etapa és apagar el carregador i quan el voltatge disminueix d'algun valor prefixat, el carregador s'encén novament amb un valor de voltatge constant. En el nostre cas els carregadors tenen incorporats el manteniment d'un voltatge constant en l'etapa de flotació. Aquest voltatge és de l'ordre de 13.6 Vcc per a una bateria de 12Vcc i és més efectiu ja que manté permanentment la bateria en la seva condició de càrrega plena.

Per tant en condició de funcionament correcte, els nostres carregadors de bateria poden mantenir-se connectats permanentment a una bateria en procés de càrrega.

IV. RECUPERADORS D'ENERGIA CINÈTICA

Els frens regeneratius es basen en el principi que un motor elèctric pot ser utilitzat com a generador.

Els sistemes de servo sovint són bidireccional (CW o CCW), mentre que molts motors industrials, (per exemple per a bombes o ventiladors), només funcionen en una direcció, també permeten un control precís de l'acceleració i desacceleració del motor.

Si tenim en compte els dos sentits de marxa (dreta i esquerra) i dues maneres (acceleració i desacceleració), s'arriba a quatre àrees o quadrants de l'operació. Això pot ser visualitzat pel traçat de la velocitat del motor en l'eix X d'un gràfic i la direcció del parell aplicat en l'eix Y. Quadrants 1 i 3 representen el motor de l'aplicació de torque en la direcció del moviment, mentre que els quadrants 2 i 4 representen l'aplicació de parell davant de la direcció del moviment. En els quadrants 1 i 3 el flux d'energia és elèctrica a mecànica. En els quadrants 2 i 4, el motor és en realitat un generador. L'energia cinètica es convertirà en energia elèctrica per carregar les bateries.

A. Frens regeneratius

Un fre regeneratiu o KERS és un dispositiu que permet reduir la velocitat d'un vehicle transformant part de la seva energia cinètica en energia elèctrica. Aquesta energia elèctrica és emmagatzemada en un banc de bateries o un banc de condensadors per a un ús futur.

El fre regeneratiu és un tipus de fre dinàmic. Un altre tipus de fre dinàmic és el fre reostàtic, mitjançant el qual l'energia

elèctrica generada en la frenada és dissipada en forma de calor.

El frenat tradicional, basat en la fricció, segueix sent usat juntament amb el regeneratiu per les següents raons:

-Redueix de manera efectiva la velocitat a nivells baixos

-La quantitat d'energia a dissipar està limitada a la capacitat d'absorció d'aquesta per part del sistema d'energia, o l'estat de càrrega de les bateries o els condensadors. Per aquesta raó és necessari comptar amb un fre reostàtic que absorbeixi l'excés d'energia.

B. Comparació entre fre reostàtic i regeneratiu

Els frens reostàtic, a diferència dels regeneratius, dissipen l'energia elèctrica en forma de calor en fer circular el corrent generat durant la frenada, a través d'enormes bancs de resistors variables o reòstats. Els frens reostàtic són utilitzats en carretons elevadors i troleibusos, a més de les locomotores elèctriques i dièsel.

La calor generat pels resistors pot servir per escalfar l'interior del vehicle. Si la calor és dissipat a l'exterior, es fa a través de caputxes enormes dissenyades per albergar els bancs de resistors.

El principal desavantatge dels frens regeneratius comparats amb els reostàtic és la necessitat d'igualar el corrent generat amb la subministrada. Amb les fonts de corrent continu, això requereix que el voltatge sigui controlat estrictament. Només amb el desenvolupament de l'electrònica això va ser possible utilitzar fonts de corrent altern, ja que la freqüència del subministrament també ha de ser igualada.

Un nombre limitat de ferrocarrils de muntanya han usat corrent trifàsica per accionar motors trifàsics d'inducció. Això redunda en una velocitat gairebé constant mentre el motor funciona amb la freqüència necessària en avançar o en frenar.

C. Aplicacions als cotxes de carrer

El KERS podria ser implementat en els cotxes, fent servir contínuament l'energia obtinguda de les frenades per reduir el consum de combustible, del que es dedueix que el KERS és un dispositiu ecològic. S'han trobat tres empreses que fabriquen KERS per emprar en vehicles:

-L'empresa Toyota, des de 2010, comercialitza el model "Auris Híbrid HSD" que entre altres millores implementa la del fre regeneratiu.

-L'empresa BMW, des de 2007 comercialitza alguns models de sèrie amb motoritzacions dièsel i gasolina sota la denominació Eficient Dynamics que entre altres millores incorpora un sistema que aprofita l'energia de frenada "Brake Energy Regeneration". Aquest sistema, de moment s'utilitza per recarregar la bateria del vehicle sense necessitat d'utilitzar constantment un alternador que mantingui la bateria carregada, així estalvia combustible.

-També l'empresa Volvo va fer públic el 2011 els seus resultats en el desenvolupament d'un sistema KERS propi de cara a implementar en els seus vehicles .

V. PROBLEMÀTICA ACTUAL

Què passa si el carregador no està funcionant correctament i es manté connectada la bateria? "Com vam dir les bateries emmagatzemen un gran suma de energia a causa de la seva composició electroquímica. En la transferència d'aquesta energia des de la bateria cap a una càrrega (descàrrega) i cap a la bateria des del carregador (recàrrega), hi ha alguns riscos involucrats. La reacció química passa entre la graella amb plom, diversos òxids i materials actius, i àcid sulfúric, el qual és l'electròlit. Depenent de la reacció, l'àcid sulfúric pot descompondre en els seus components gasosos. El perill més gran per la bateria és la pèrdua d'aigua, resultant de la fuga de gasos d'hidrogen i oxigen durant la recàrrega. La importància del voltatge de càrrega aplicat a la bateria, i la raó per que diversos fabricants recomanen diferents voltatges de càrrega, és l'efecte que aquest voltatge té en la descomposició de l'àcid en gas, conegut com gasificació. Com més gas es genera, més aigua es perd, la bateria s'asseca i finalment es fa malbé permanentment.

Per tant, si el voltatge de flotació falla, això és el voltatge de sortida del carregador és major que el voltatge de gasificació, la bateria pot expel·lir gas i assecar-se. L'altre perill és que la barreja d'hidrogen i oxigen que contingui més de 4% de hidrogen és potencialment explosiva, per la qual cosa serà important monitoritzar periòdicament la bateria per assegurar-se que això no presenti un problema. Per anterior, la bateria s'ha de recarregar en una àrea oberta amb bona ventilació, sempre lluny de fonts d'espurna o combustió, i el carregador haurà de proveir els mètodes de protecció per voltatge, corrent i temps necessaris per disminuir aquests riscos.

VI. EVOLUCIÓ DE LES BATERIES

Actualment, la major debilitat dels cotxes elèctrics són les bateries, ja sigui per autonomia com pel pes afegit al conjunt. A la llarga aquesta debilitat deixarà de ser-ho, doncs és un sector que no només interessa a aquest mercat, si no a d'altres energies renovables com el de l'energia solar fotovoltaica donat el fet de que interessa emmagatzemar l'energia generada durant el dia per gastar-la durant la nit.

A. Aspectes a millorar a les bateries actuals

Per a que aquesta situació canviï i els vehicles elèctrics puguin ser definitivament el cotxe que tots necessitem, les bateries han de millorar en els següents aspectes:

1) Densitat energètica:

Aconseguir que un kilogram de bateria pugui emmagatzemar una major quantitat d'electricitat. D'aquesta manera es necessitaran acumuladors menys pesats per oferir unes autonomies raonables.

2) Augment de cicles de carrega/descarrega:

Avui en dia, els vehicles endollables donen com a referencia que les seves bateries conservaran un 80% de la capacitat inicial després de 10 anys de servei. La bateria ha d'aguantar en bones condicions una quantitat de cicles de carrega i descarrega similar a la vida útil del cotxe que pot ser d'uns 400.000Km o 10-15 anys.

3) Reducció dels temps de recarrega:

En el millor dels casos, alguns models que es comencen a vendre, ofereixen possibilitat d'efectuar recarregues ràpides del 80% de la capacitat en 30 minuts. Això podria reduir-se encara més amb majors intensitats de Carrega.

L'objectiu seria poder Carregar el cotxe elèctric en el temps que es triga a omplir un dipòsit. Per descomptat, aquest tipus de recarregues ràpides no han de provocar cap dany ni desgast prematur en les bateries per molt que se n'abusi. Amb aquestes premisses, un cotxe elèctric si que podria fer viatges de llarga distància.

4) Reducció de costos:

Avui en dia el material més emprat per les bateries de tot tipus de dispositius és el liti. Això fa que hi hagi una alta demanda d'aquest metall. Malauradament, els seus jaciments escassegen i per això és car d'extreure encara que també és possible reciclar-lo.

Si la cosa segueix així, el liti podria ser el nou "or negre" i ser font de conflictes geopolítics i disputes com ho és avui en dia el petroli. Encara que no sembla haver-hi moltes alternatives a aquest metall, unes bateries compostes per materials barats facilitarien molt l'auge del cotxe elèctric.

B. Investigació

Harold H.Kung juntament amb un equip d'investigadors de la universitat de Northwestern han creat un elèctrode per a les bateries de ion-liti que permetrà a les bateries de telèfons mòbils, iPods, ordenadors portàtils...augmentar la seva capacitat i la seva velocitat de càrrega fins a 10 vegades més. Segons els investigadors podríem estar gaudint d'aquesta tecnologia en els pròxims 3 o 5 anys.[16]

C. Futurs Problemes

Al Regne Unit, un informe elaborat per experts per a la Societat Real d'Enginyers Britànica diu que "passar tot el transport de carretera a models elèctrics al Regne Unit requeriria un augment de 16% en la producció de energia elèctrica, el equivalent a 10GW o sis plantes de energia nuclear". Si no s'obté aquesta energia a partir de renovables, la

diferencia de emissió entre els cotxes elèctrics i de combustió serà mínimes.

VII. CONCLUSIONS

Com ja s'ha comentat a aquest document, les bateries són la part on més s'ha d'incidir a l'hora d'evolucionar en els sistemes de transport actual.

Per donar un punt de vista pràctic, veiem a la Fig. 3 el Tesla Roadster.



Figura 3: Tesla Roadster

Es un vehicle esportiu amb unes prestacions sorprenents per ser elèctric: 0 – 100km/h en 3.7 segons; Velocitat màxima limitada a 200km/h; Potència de 245 CV;Eficiència del motor del 90% (els de combustible fòsil, son del 20%); Vida de la bateria estimada de 160.000 km.

Vist això, podem pensar, i quin es el problema?Per començar, te una autonomia de 393 km, que tot i ser molt bona amb respecte altres cotxes elèctrics, no pot competir amb cap cotxe de combustible fòsil.

El segon gran problema és el pes de les bateries . Si el cotxe en el seu conjunt pesa 1220 kg, d'aquest pes, el 35% (425kg) pertanyen a la bateria (porta bateries de Io-Li). Reduir aquesta massa faria augmentar l'eficiència enormement, doncs com veiem, més d'un 30% de l'energia marxa precisament per desplaçar-se a si mateixa

El temps de càrrega d'aquesta bateria és de 3,5h, que torna a ser ràpida comparada amb altres models elèctrics, però enormement lenta amb combustibles fòsil. És un dels punts on s'ha d'incidir, doncs si podem deixar-lo al garatge carregant per la nit, quan marxem de viatge no podem fer parades d'hores per poder recarregar l'energia.

I tot i que com hem dit l'eficiència del motor es molt superior als convencionals, no ho és tant l'eficiència de l'energia que "ofereix" la bateria acostuma a ser d'un 77% de la rebuda.[18]

Finalment, l'altre problema, tot i que sembli el contrari, s'ha de mirar des d'un punt de vista ecològic per dos motius.

-¿Te sentit carregar una bateria elèctrica amb 50kW, si per generar-la fem servir Centrals Nuclears? Es a dir, el poder implantar el cotxe elèctric i que aquest sigui ecològicament

raonable comporta un canvi de mentalitat en la generació de l'energia mundial, doncs l'energia hauria de ser creada amb fonts renovables. Si no és fa així, generar aquesta energia serà tan contaminant com continuar amb cotxes que pol·lucionin.

- Reciclatge. Es fonamental que s'investigui cada cop més en elements poc contaminants i que cada vegada siguin més fàcilment reciclables.

[1] Referencies

[2]

[3] S. Candia. (2010) Oxidación y Reducción (Redox) [Online]. Available: <http://quimica4m.blogspot.com/2010/01/oxidacion-y-reduccion-redox.html>

[4] J. Román. (2008) Pilas recargables: Efecto de memoria [Online]. Available: <http://www.emezeta.com/articulos/pilas-recargables-efecto-memoria#axzz1hLD2KvMY>

[5] AFP. (2007) Una batería alemana revoluciona el coche eléctrico. [Online]. Available: <http://www.laflecha.net/canales/ciencia/noticias/una-bateria-alemana-revoluciona-el-coche-electrico>

[6] C. Álvarez. (2010) La batería de litio del coche eléctrico [Online]. Available: <http://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/04/la-bateria-de-litio-del-coche-electrico.html>

[7] El País. (2011) Las baterías de gelatina podrían sustituir las de litio [Online]. Available: <http://www.elpais.com.co/elpais/tecnologia/baterias-gelatina-podrian-sustituir-litio>

[8] Reve. (2009) Las baterías Zebra, otra alternativa para los vehículos eléctricos. [Online]. Available: http://www.evwind.es/noticias.php?id_not=442

[9] Northwestern University. (2011) Better Batteries [Online]. Available:

<http://www.northwestern.edu/newscenter/stories/2011/11/batteries-energy-kung.html>

[10] R. Marquez. (2011) Coches eléctricos [Online]. Available: <http://www.motorpasionfuturo.com/categoria/coches-electricos>

[11] Enersystem (2007) Eficiencia [Online]. Available: <http://www.enersystem.com/Graficanews/abr07/ITBATIND%203-4.pdf>

[12] <http://quimica4m.blogspot.com/2010/01/oxidacion-y-reduccion-redox.html>

[13] <http://www.laflecha.net/canales/ciencia/noticias/una-bateria-alemana-revoluciona-el-coche-electrico>

[14] <http://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/04/la-bateria-de-litio-del-coche-electrico.html>

[15] <http://www.elpais.com.co/elpais/tecnologia/baterias-gelatina-podrian-sustituir-litio>

[16] http://www.evwind.es/noticias.php?id_not=442

[17] <http://www.bornaycomercial.es/pdf/Victronagm.pdf>

[18] <http://www.northwestern.edu/newscenter/stories/2011/11/batteries-energy-kung.html>

[19] <http://www.motorpasionfuturo.com/categoria/coches-electricos>

[20] <http://www.enersystem.com/Graficanews/abr07/ITBATIND%203-4.pdf>

ANNEX. Gràfiques bateries.

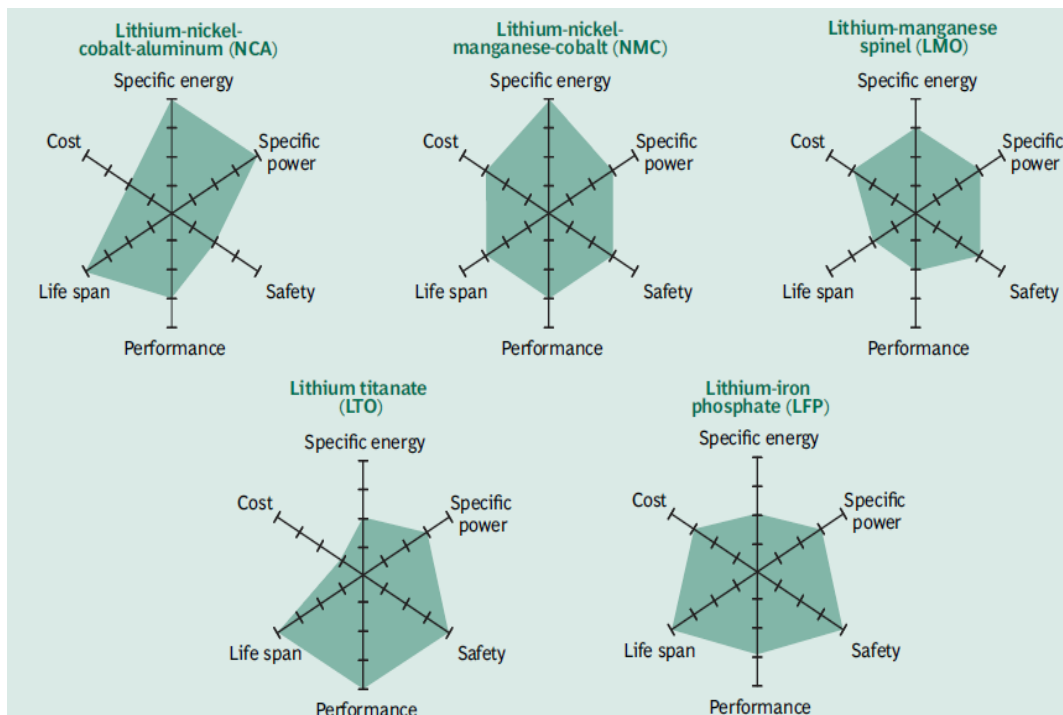


Fig4. Comparativa dels diferents tipus de bateries.

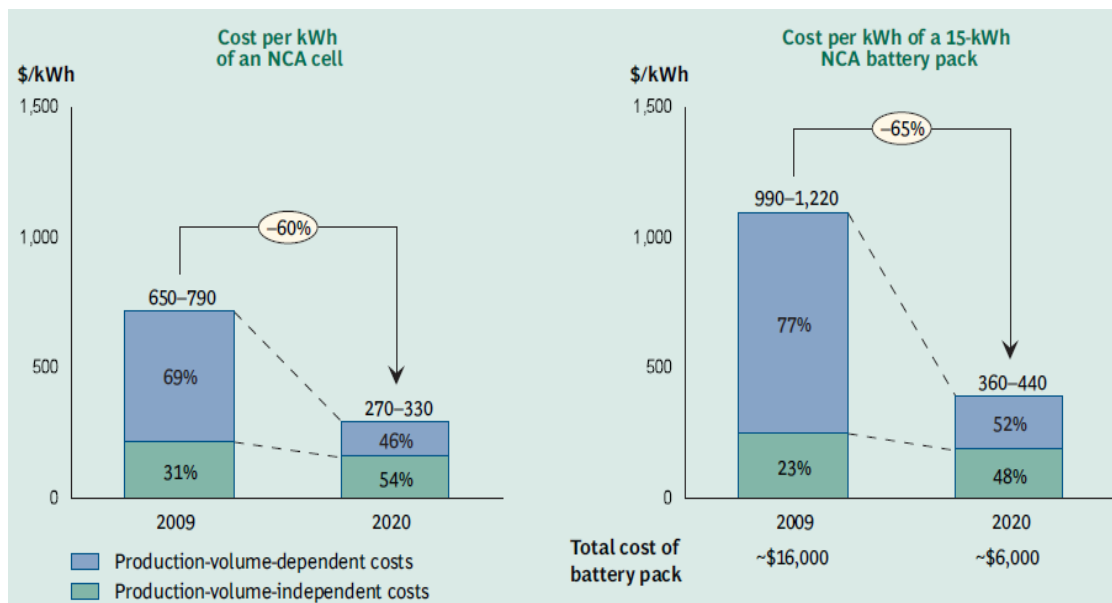


Fig5. Cost de fabricació de les bateries per Kw/h i desglossat per procés de fabricació. (Al voltant de 1.100 \$)

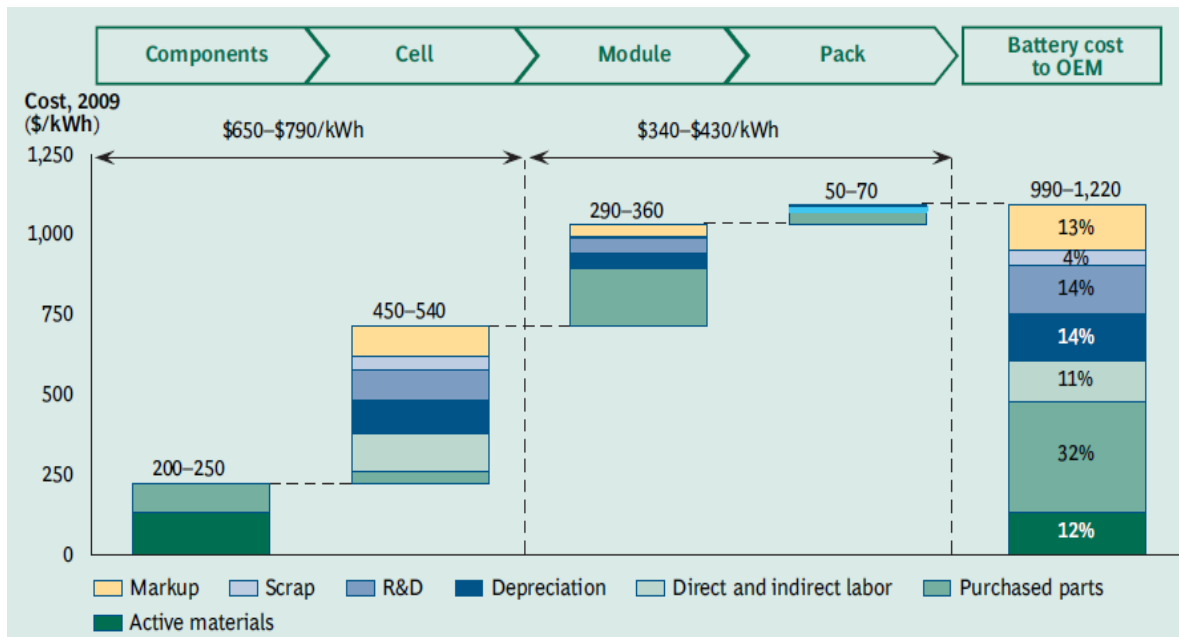


Fig6. Predicció de la reducció de preus de fabricació de les bateries entre els anys 2009 i 2020