

Sumario

SUMARIO	1
A. MOTOGENERADOR	3
A.1. Teoría de la generación eléctrica	3
A.2. Configuración elemental de los generadores eléctricos	5
B. MOTOR ELÉCTRICO	9
B.1. Introducción	9
B.2. Tipología de motores eléctricos	10
B.2.1. Motores C/C	10
B.2.2. Motores asíncronos (de inducción)	12
B.2.3. Motores síncronos	14
B.2.4. Motores de reluctancia conmutada	15
C. BATERÍAS	17
C.1. Introducción	17
C.2. Generalidades y principio de funcionamiento	17
C.3. Características de funcionamiento	18
C.4. Principales baterías	19
C.5. Instalación y mantenimiento	19
D. METODOLOGÍA DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE TRACCIÓN	21
D.1. Metodología de cálculo	21
D.1.1. Generador	23
D.1.2. Motor eléctrico	24
D.1.3. Baterías	24
D.2. Modelización	26
D.2.1. Estimación de parámetros del vehículo	26
E. ESTUDIO AMBIENTAL DEL PRODUCTO FINAL	29
E.1. Introducción	29
E.2. Aspecto económico del producto	29
E.3. Aspecto medioambiental del producto	30
E.4. Aspecto social del producto	31
E.5. Aspecto energético del producto	32
F. PRESUPUESTO	33



F.1. Introducción.....	33
F.2. Presupuesto detallado	33
G. MANUAL DEL MOTOGENERADOR YAMAHA EF 2800I _____	35
H. DOCUMENTACIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO MA-55 _____	37
I. MANUAL DEL DRIVER INFRANOR SMT-BD1 _____	39
J. DOCUMENTACIÓN DE LAS BATERÍAS IÓN-LITIO VL 27 M_____	41
K. DOCUMENTACIÓN DE ELECTRÓNICA Y AUXILIARES _____	43
L. DOCUMENTACIÓN DE COMPONENTES NO SELECCIONADOS _	45



A. Motogenerador

A.1. Teoría de la generación eléctrica

La energía eléctrica tiene una serie de ventajas que la hacen estar casi siempre presente en los procesos de conversión energética:

- Es fácilmente transformable en cualquier otra forma de energía útil, a la vez que puede obtenerse con relativa facilidad de otras formas de energía.
- Es fácilmente transportable a un coste relativamente bajo.
- Capacidad de almacenamiento, aunque actualmente sólo es posible bajo la forma de corriente continua y con unos rendimientos bastante bajos.
- Facilidad de control, que proporciona una gran versatilidad, efectividad, economía y seguridad.

Los dispositivos de transformación de energía electromecánica (denominados acopladores o transductores electromecánicos) son aquellos que cambian la energía eléctrica en mecánica y viceversa. Entre todos estos, los más característicos son los generadores eléctricos y los motores eléctricos. Concretamente, en el sistema motogenerador que ocupa este apartado, los generadores eléctricos transforman la energía mecánica de entrada en energía eléctrica, ya sea en forma de corriente continua o alterna, y, dentro de esta última, en monofásica, bifásica o trifásica.

El funcionamiento de estas máquinas electromecánicas se basa en dos leyes del electromagnetismo:

1. La ley de inducción electromagnética de Faraday: si un conductor se mueve a través de un campo magnético o si está situado en las proximidades de un circuito de conducción fijo cuya intensidad puede variar, se establece o se induce una corriente en el conductor.
2. La ley de la fuerza magnética de Laplace, según la cual si una corriente pasa a través de un conductor dentro de un campo magnético, éste ejerce una fuerza mecánica sobre el conductor.

Así pues, en los generadores eléctricos aparecerán unas tensiones y unas fuerzas sobre los bobinados de la misma. Concretamente, una espira es movida dentro de un campo



magnético, de tal modo que el flujo magnético sobre ella varía con el tiempo, dando lugar a una tensión inducida que provocará un paso de corriente eléctrica si entre los extremos de la espira existe una carga. El campo magnético ejercerá a su vez una fuerza sobre la espira recorrida por dicha corriente, que será de dirección contraria a la fuerza que produce el movimiento de la espira, necesiándose por tanto un trabajo mecánico para mover la espira dentro de ese campo magnético. Hay, por lo tanto, una transformación de la energía mecánica en energía eléctrica.

Es necesaria, por lo tanto, y como sucede en el caso de los motores eléctricos, la existencia de un campo magnético donde se encuentra la espira móvil. Este campo puede producirse mediante un imán permanente o bien por una serie de espiras (o devanados) recorridas por una corriente eléctrica; esto es, por un electroimán. A este campo eléctrico se le denomina campo principal o campo de excitación, e inductor al elemento de la máquina que lo produce.

De esta forma, un generador eléctrico no es más que la interacción de dos circuitos eléctricos ligados magnéticamente a través de un circuito magnético. Uno de los elementos se encuentra sobre el elemento fijo (estator) y el otro se encuentra sobre un elemento móvil (rotor). Igualmente, el circuito magnético, o más concretamente el campo magnético en el mismo, puede considerarse como un acoplador electromagnético que transforma la energía mecánica en magnética para que ésta se transforme en eléctrica, haciendo de intermediario entre los sistemas eléctrico y mecánico. A partir de aquí, el sistema mecánico transforma unas magnitudes mecánicas (par T y velocidad n) en flujo magnético y el sistema eléctrico se encarga de transformar el flujo magnético en magnitudes eléctricas (tensión V e intensidad I). El funcionamiento esquemático del generador se muestra en la siguiente figura.

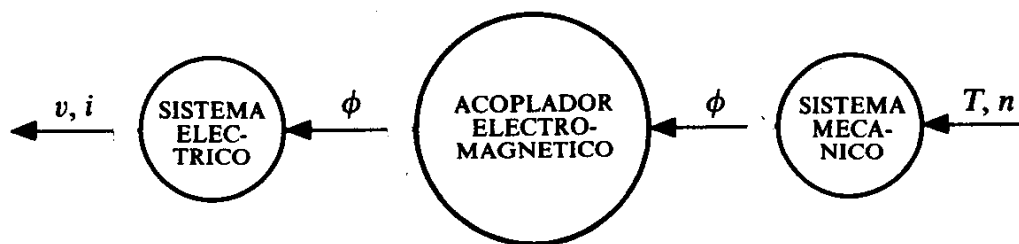


Fig. A.1. Esquema de funcionamiento de un generador

Concluyendo, la energía de entrada al sistema generador es una energía mecánica transmitida por la fuente mecánica que impulsa al generador (habitualmente, un motor de combustión interna). Toda la energía no se traduce en energía eléctrica aprovechable por



los circuitos correspondientes, dado que existen pérdidas inherentes al sistema que dan lugar a una disipación de energía calorífica no aprovechable y a la posible aparición de una acumulación energética en el propio sistema. La ecuación de conservación de la energía es la siguiente:

$$E_{\text{mecánica entrada}} = E_{\text{eléctrica salida}} + E_{\text{pérdidas}} + \Delta E_{\text{acumulada}} \quad (\text{Ec. A.1.})$$

El esquema genérico de la ecuación anterior se muestra a continuación.

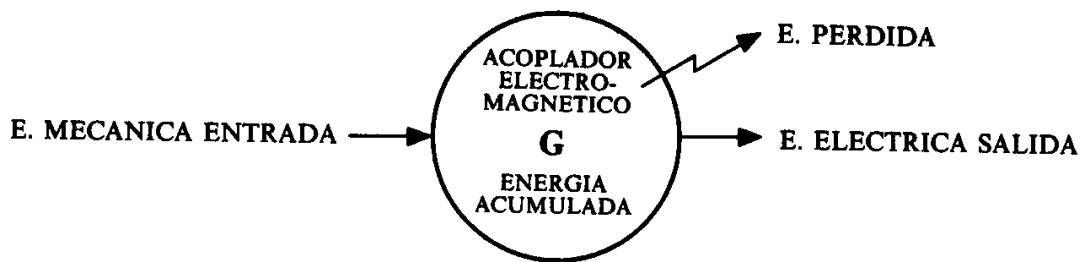


Fig. A.2. Esquema del balance energético en un generador

La energía perdida responde a tres causas: el efecto Joule de calentamiento de un hilo conductor al ser recorrido por corriente eléctrica, las corrientes inducidas sobre el material ferromagnético y por efecto de histéresis en el mismo, y los efectos de rozamiento de las partes mecánicas móviles de la máquina.

La energía acumulada en la máquina generadora es habitualmente energía magnética, y reside en el campo magnético existente en el circuito magnético de acoplamiento. En régimen estacionario de funcionamiento no existe energía acumulada, y únicamente en procesos transitorios como el arranque o la desconexión de cargas puede intervenir la energía acumulada en la máquina.

A.2. Configuración elemental de los generadores eléctricos

Como todas las máquinas eléctricas rotatorias, los generadores eléctricos tienen físicamente dos partes: una fija, denominada estator, y otra móvil respecto a la anterior, denominada rotor. Cada una de ellas es de material ferromagnético y tienen una serie de ranuras longitudinales donde se disponen los hilos conductores que configuran los devanados eléctricos. Desde un punto de vista funcional, se puede considerar que toda máquina eléctrica tiene dos devanados: uno fijo en el estator y otro que gira con el rotor, que se hallan acoplados a través de un circuito magnético formado por el material

ferromagnético del estator y rotor y por el espacio de aire existente entre ambos denominado entrehierro.

Los devanados están recorridos por corrientes eléctricas, existiendo unas tensiones entre sus extremos. Igualmente, el material ferromagnético se ve atravesado por un flujo magnético que mantiene el acoplamiento magnético entre ambos devanados.

El inductor es el devanado que origina el campo magnético básico para inducir las tensiones correspondientes en el otro devanado. También se denomina devanado de excitación o devanado de campo y, generalmente, está alimentado por corriente continua.

El inducido es el devanado sobre el que aparece una tensión inducida que produce el funcionamiento deseado de la máquina eléctrica. Generalmente son corrientes alternas las que recorren sus hilos conductores debido al fenómeno de inducción que implica la existencia de variaciones del flujo magnético con el tiempo, lo cual se consigue por el movimiento de un devanado respecto al otro.

Esencialmente, se pueden clasificar los generadores eléctricos en dos grandes grupos, en función que la generación sea en forma de energía eléctrica continua o bien alterna.

- Generadores de corriente continua. El inductor es el estator y el inducido es el rotor. El estator provoca un campo magnético fijo en el espacio al ser alimentados sus devanados por corriente continua. Al hacer girar el rotor, unas escobillas (fijas al estator mediante el portaescobillas) van deslizándose sobre las delgas (fijas al colector del rotor) de forma que para cada posición del rotor, las escobillas estarán en contacto con un par de delgas correspondientes a los terminales de una bobina del devanado rotórico. Cabe indicar que puesto que se dispone de una espira giratoria dentro de un campo fijo, circula por los devanados rotóricos corriente alterna, que será rectificada mecánicamente a corriente continua gracias al mecanismo del colector y las delgas. Esta energía eléctrica es cedida al exterior en forma de corriente continua a través de las escobillas. Por el circuito exterior circula una corriente continua pulsante, siendo la tensión tanto más continua cuanto mayor número de delgas disponga el colector.

El comportamiento de los generadores se caracteriza a través de la característica de carga o exterior en la cual se representa la tensión de salida del generador (tensión en bornes del inducido U_i) frente a la corriente que suministra el generador (intensidad que sale del inducido I_i , que es función de la resistencia de la carga conectada) para una velocidad del motor ω_m constante y una intensidad de excitación I_e fija.



Así pues, en función del tipo de excitación, las características de carga de los diversos generadores de continua son las siguientes:

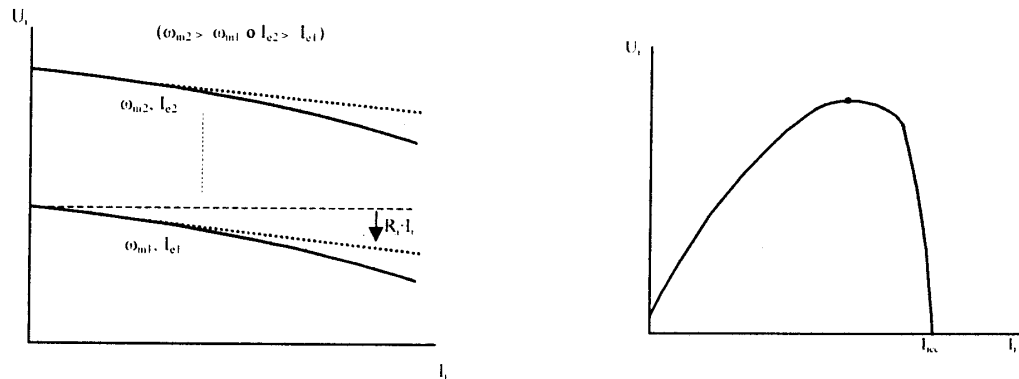


Fig. A.3. Curvas de carga de generadores de continua con excitación independiente (izd.) y serie (der.).

Se puede comprobar como en el caso de excitación independiente se tiene aproximadamente una fuente de tensión constante mientras que en el caso de excitación serie se tiene una fuente de intensidad constante, ya que si se trabaja en la zona de funcionamiento adecuado, la intensidad no varía excesivamente aún y tener importantes variaciones de tensión.

Algunas consideraciones acerca de este tipo de generadores se listan a continuación:

- Son de tamaño y precio considerable.
 - Debido a la presencia del colector, existe una mayor necesidad de mantenimiento.
 - La existencia de chispas en las conmutaciones del colector deben ser muy consideradas sobretodo en ambientes peligrosos.
 - La corriente continua tiene una ventaja respecto a la alterna: la capacidad de ser almacenada.
- Generadores de corriente alterna. Generan corriente alterna, y se clasifican esencialmente en síncronos y asíncronos.

- Generadores síncronos (alternador). El inductor es el rotor, constituido por un imán rotatorio (en este caso se elimina el mantenimiento de escobillas y anillos), o un electroimán alimentado por corriente continua a través de unos anillos rozantes. El inducido es el devanado del estator, que está constituido por una serie de ranuras uniformemente distribuidas, las cuales contienen los hilos conductores que, conectados adecuadamente, configuran el referido bobinado. Al hacer girar el rotor desde el exterior a una velocidad ω_m se tiene un campo magnético senoidal que gira con el rotor y los devanados del estator ven un campo magnético que se desplaza con velocidad ω_m a su alrededor, lo que provocará una variación de flujo magnético con respecto del tiempo en el devanado que inducirá en el estator una tensión senoidal de pulsación ω_m . La circulación de intensidad de pulsación ω_m por el devanado estatórico hará que aparezca otro campo magnético de igual velocidad. Así, el imán inducido por la intensidad continua del rotor arrastra al imán inducido por las intensidades estatóricas.

Es importante destacar que para mantener una frecuencia de salida constante, la velocidad de giro del rotor, y por lo tanto, del motor, ha de ser también constante, puesto que existe una relación directa entre velocidad de giro y frecuencia de salida. En concreto, para una frecuencia de 50 Hz la velocidad ha de ser de 3000 rpm (si se trata de una máquina de dos polos, reduciendo la velocidad a mayor número de polos: 1500 rpm con 2 pares de polos, 1000 rpm con 3 pares...).

- Generadores asíncronos (de inducción). Son de constitución muy similar a los generadores síncronos (el estator es idéntico). La máquina de inducción funciona como generador cuando, estando conectada a la red, es impulsada a una velocidad superior a la de sincronismo. Su aplicación habitual es en sistemas de aprovechamiento de energía eólica, siendo arrastrado el rotor por una aeroturbina. También es posible hacer funcionar el generador sin necesidad de estar conectado a la red, pero se precisa entonces que haya un proceso de autoexcitación. No obstante, y no en vano la aplicación principal de la máquina de inducción es como motor, no se considera adecuada esta posibilidad para el generador.



B. Motor eléctrico

B.1. Introducción

Existen diferentes tipos de motores que pueden adaptarse perfectamente a las necesidades de un vehículo eléctrico. En este apartado se hará una pequeña introducción de los diferentes tipos de motores eléctricos así como de las diferentes características de éstos para ser utilizados en el vehículo eléctrico.

Las máquinas eléctricas rotativas constan, físicamente de dos partes: una fija denominada estátor y otra móvil respecto a la anterior, denominada rotor. Están construidas de un material ferromagnético, disponiendo de una serie de ranuras longitudinales donde se alojan los hilos conductores de cobre que configuran los devanados eléctricos.

Los devanados de las máquinas eléctricas son de dos tipos:

- Devanado inductor : el que origina el campo magnético básico para inducir las tensiones correspondientes en el otro devanado (también llamado devanado de excitación o de campo).
- Devanado inducido : sobre el que aparecen unas corrientes eléctricas inducidas que producen el par de funcionamiento deseado de la máquina.

Las máquinas eléctricas se clasifican en dos grandes grupos :

- Máquinas de corriente continua.
- Máquinas de corriente alterna.

La diferenciación entre estos dos tipos de máquinas es el tipo de corriente eléctrica que requiere el inducido. Las segundas se subdividen a su vez en máquinas síncronas, en las que el campo magnético inductor se obtiene al hacer pasar corriente continua por su devanado ; y máquinas asíncronas o de inducción, en las que se obtiene al hacer pasar una corriente alterna por su devanado.

En un vehículo eléctrico, el motor eléctrico se encarga de convertir la energía eléctrica suministrada en energía mecánica capaz de dotar a las ruedas de un par de tracción. Tradicionalmente en los vehículos eléctricos o híbridos se han venido utilizando motores de corriente continua, debido a su capacidad de operar directamente con la corriente de baterías sin necesidad de una electrónica complicada. De todas formas, los avances de la



electrónica de potencia han conseguido motores de corriente alterna más eficientes y prácticos para su uso en esta clase de vehículos. Su utilización podría hacer innecesaria la caja de velocidades (los motores de corriente alterna son capaces de suministrar alta potencia durante un rango de velocidades mayor que los de continua), además resultan ideales para el uso de sistemas de frenado regenerativo; sin embargo necesitan de electrónica adicional para convertir la energía continua de las baterías en energía alterna.

Como idea fundamental, hay que considerar que cada punto ganado en el rendimiento de la cadena de tracción (por ejemplo, el empleo de sistemas más eficientes y con menores pérdidas) así como en la reducción de su volumen y peso, se traducirá en una ganancia en autonomía.

Ahora se describirán de forma teórica los diferentes motores que se podrían aplicar para un vehículo eléctrico o híbrido.

B.2. Tipología de motores eléctricos

B.2.1. Motores C/C

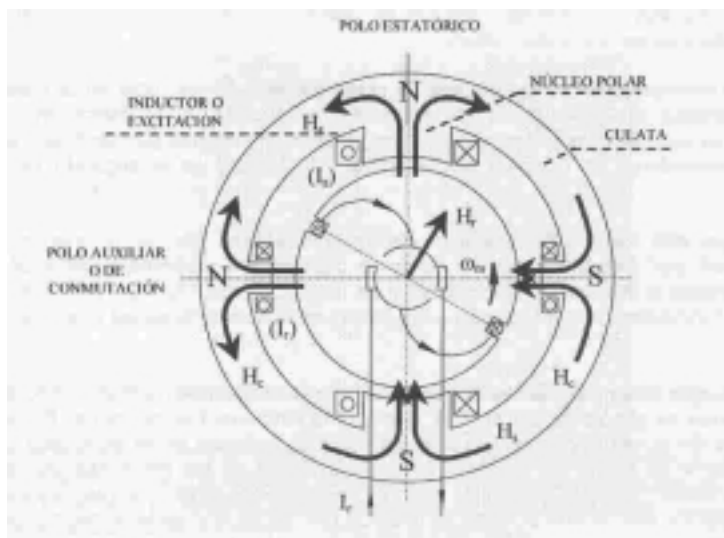


Fig. B.1. Esquema de la máquina de corriente continua

El inductor de la máquina de corriente continua es el estátor y el inducido es el rotor. Funcionando como motor se hace pasar la corriente continua por el estátor (lo que provoca un campo magnético fijo en el espacio) y también por el rotor a través de las escobillas. Debido a la organización de los devanados, la corriente circula en el mismo sentido por los conductores que se encuentran bajo la influencia de un mismo polo. Esto



hace que la fuerza sobre todos ellos tenga el mismo sentido y sea tangencial debido a la dirección radial del campo magnético inductor y a la corriente sobre los conductores del rotor. De esta manera se produce un par que arrastra el rotor, consiguiéndose el efecto motor deseado.

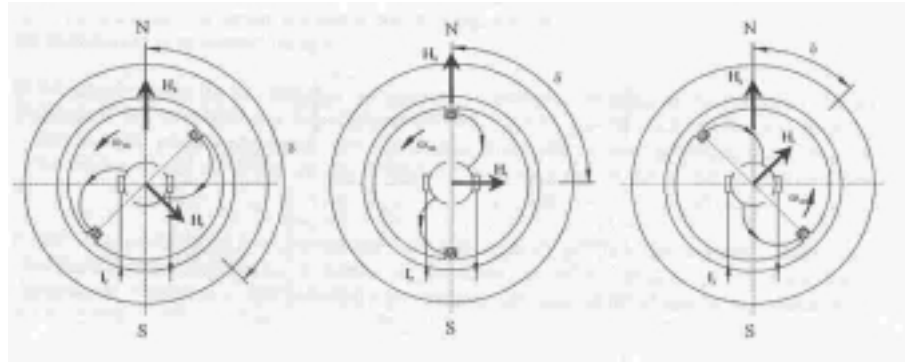


Fig. B.2. Funcionamiento de un motor de continua con dos delgas

Fueron los primeros en utilizarse en la propulsión de vehículos eléctricos, por las buenas características que presentan en tracción y su habilidad de operar directamente desde la batería sin necesidad de electrónica compleja.

Los primeros motores de continua utilizados en los vehículos eléctricos fueron los de *excitación en serie* por su característica $\tau - v$ (par – velocidad) de forma hiperbólica, que los hace capaces de aportar un par de arranque elevado que se va debilitando a altas velocidades, lo que sin duda resulta adecuado para su uso en tracción.

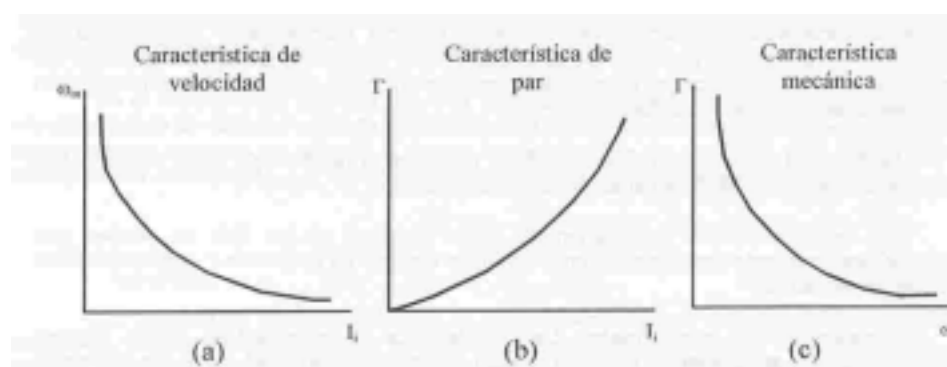


Fig. B.3. Características del motor de continua de excitación en serie

Con el desarrollo de la electrónica de potencia y, en particular, de los choppers, tiristores y transistores, el uso de motores de continua de *excitación independiente* se ha visto impulsado. Este tipo de motor presenta, frente al de devanado en serie, la ventaja de no sufrir el riesgo de elevadas velocidades con bajos pares de carga. Ofrecen un funcionamiento a par constante por debajo de una velocidad base y a potencia constante por encima, para lo que se deben alimentar por medio de una fuente de excitación regulable.

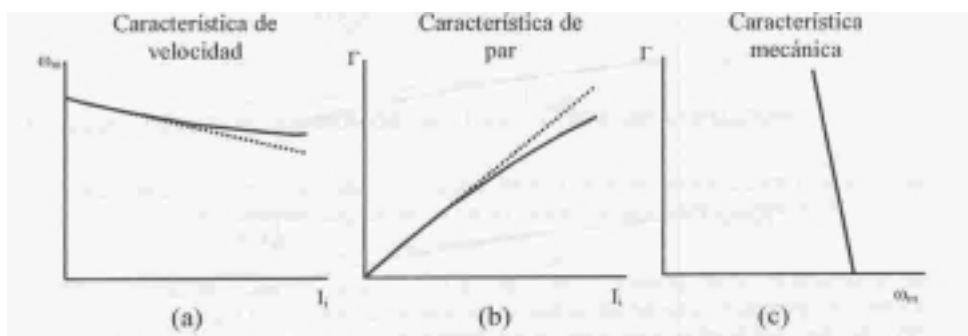


Fig. B.4. Características del motor de continua de excitación independiente

B.2.2. Motores asíncronos (de inducción)

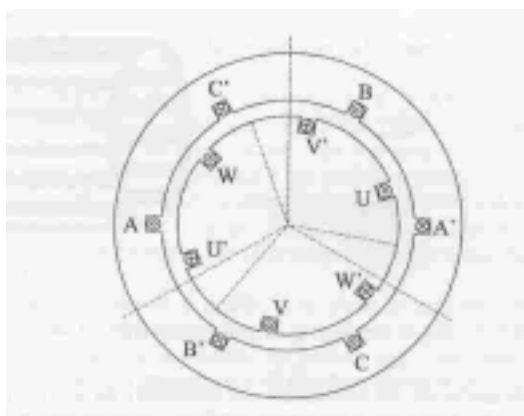


Fig. B.5. Esquema de la máquina asíncrona

El inductor en este tipo de máquinas es el estátor, que está constituido exactamente igual que el de las máquina síncronas. El rotor es el inducido y suele estar formado por una serie de barras conductoras. El funcionamiento de la máquina como motor es consecuencia de la aparición de fuerzas sobre los conductores del rotor cuando son recorridos por la corriente inducida. Desde una fuente eléctrica trifásica, se comunica la



energía del estátor y éste induce unas corrientes sobre el rotor. Dichas corrientes, a su vez, inducen una tensión de reacción que ha de compensarse con la tensión aplicada, consiguiéndose así el funcionamiento como motor.

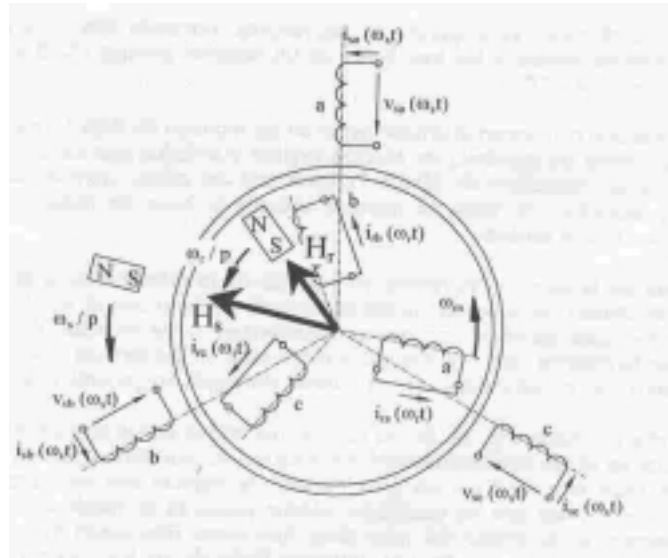


Fig. B.6. Esquema de funcionamiento del motor asíncrono

Hasta ahora, se han venido utilizando en aplicaciones industriales que requerían velocidades de rotación constantes, desarrollando potencias entre el kW y el MW. Con los avances en la electrónica y en sistemas de control se han comenzado a utilizar, poco a poco, en accionamientos de velocidad variable y de tracción.

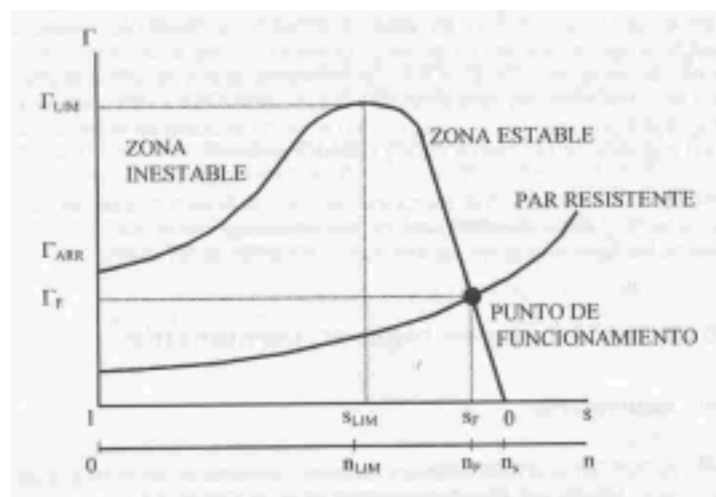


Fig. B.7. Curva par-velocidad del motor asíncrono

B.2.3. Motores síncronos

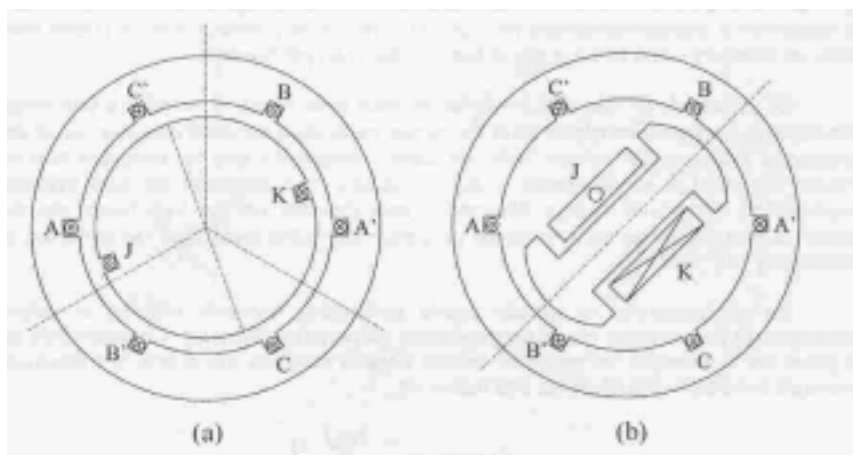


Fig. B.8. Esquema de la máquina síncrona trifásica

El inductor de la máquina síncrona es el rotor, que está alimentado por corriente continua. El inducido es el devanado del estátor. En su funcionamiento como motor, el estator se alimenta por una fuente trifásica, cuando el campo magnético coincide en velocidad con la del rotor o inductor, aparece un par motor sobre el rotor, obteniéndose así la energía mecánica necesaria en el eje. Pero el movimiento del rotor, induce una tensión sobre los devanados del estator, que debe ser contrarrestada por la fuente eléctrica, consiguiéndose así la transformación de la energía eléctrica en mecánica.

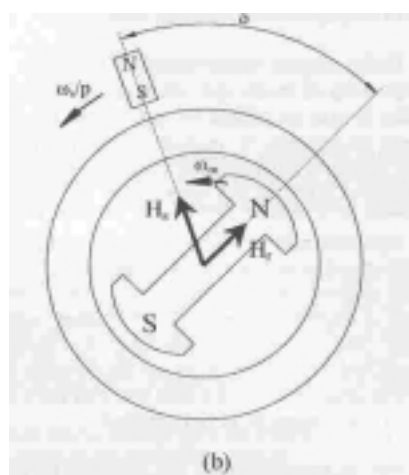


Fig. B.9. Esquema de la máquina síncrona funcionando como motor



Los motores síncronos ofrecen, en teoría, los mejores resultados : su rendimiento es elevado y además, al encontrarse el inducido en el estátor facilita la evacuación del calor, reduciéndose el tamaño del motor.

El motor síncrono de rotor bobinado presenta unas características electromagnéticas idénticas a las de un motor de continua y el mismo modo de funcionamiento : par constante hasta una velocidad base y, después, potencia constante, desexcitando la máquina.

Para el uso en tracción, se presenta como opción interesante el motor síncrono de imanes permanentes (brushless), que evita los problemas de mantenimiento ocasionado por las escobillas. En ellos, el rotor porta los imanes permanentes, mientras que el estator está formado por un devanado trifásico conectado en estrella. El control de voltaje y velocidad se realiza por circuitos de electrónica de potencia.

B.2.4. Motores de reluctancia conmutada

Los motores de reluctancia conmutada (SRM), se han considerado durante mucho tiempo ideales para su uso en vehículos eléctricos, de no ser porque generan mucho ruido.

El estátor es similar, pero de construcción más simple, al de un motor de inducción convencional. El rotor suele ser del tipo jaula de ardilla, pero con una masa magnética que hace que el entrehierro no sea uniforme y tenga, por tanto la configuración de polos salientes.

La velocidad del rotor se encuentra determinada por la secuencia de conmutación de los polos del estator. El par de salida está determinado por la magnitud y forma de la corriente que pasa por el devanado del estátor. El control de este proceso de conmutación requiere sistemas electrónicos adicionales.

El par que se obtiene en el funcionamiento en condiciones nominales es el que se podría obtener si el rotor estuviese alimentado por un devanado con corriente continua, como ocurre con el motor síncrono tradicional.





C. Baterías

C.1. Introducción

Las baterías eléctricas son dispositivos eléctricos capaces de generar energía eléctrica a partir de energía química.

Las tareas destinadas habitualmente a las baterías son las de alimentar equipos eléctricos que se encuentran en una de estas circunstancias:

- En un lugar donde deben funcionar y no hay distribución de energía eléctrica.
- No sea rentable preparar un conexionado eléctrico.
- Equipos que se deben mover mucho y la conexión por cable sea imposible.
- Garantía de servicio a posibles fallos.
- Sistemas de alimentación de emergencia.

C.2. Generalidades y principio de funcionamiento

Las baterías pueden ser de dos tipos: baterías primarias (pilas) y secundarias (acumuladores).

Las reacciones químicas de las primarias son difícilmente reversibles, impidiendo su recarga; las secundarias son reversibles, pudiendo así recargarse.

Las baterías están formadas por uno o más elementos electroquímicos iguales, eléctricamente conectados y colocados dentro de una envolvente. Cada elemento tiene su tensión nominal, que depende de la reacción química en la que se base.

Su funcionamiento se basa en la oxidación-reducción, en la que el trasvase de electrones se realiza por un circuito exterior al sistema químico; por eso la reacción química se descompone en dos, una alrededor del electrodo positivo y otra alrededor del electrodo negativo, que se intercambian iones a través del sistema químico (electrolito) y electrones por el circuito eléctrico exterior. La agrupación de sistemas en serie permite obtener tensiones más elevadas.



Los elementos de las baterías están contruidos por dos electrodos de materiales diferentes inmersos en un electrolito (H_2SO_4 , NH_4Cl , KOH ,...) que puede ser líquido, gelatinoso o un sólido poroso impregnado. Un electrolito es un medio que permite una fácil circulación de iones.

Una batería seca es aquella en que el electrolito es gelatinoso o está absorbido en un material poroso; las baterías primarias casi siempre son secas, al contrario que las secundarias.

En el ánodo, o polo positivo, se produce la reacción de reducción y suele estar constituido por cobre, níquel, mercurio, etc. En el cátodo, o polo negativo, se produce la reacción de oxidación y suele estar construido por zinc, cadmio, plomo, etc.

En el funcionamiento de la batería se consideran dos fenómenos:

- La tensión.
- La corriente.

La tensión depende del potencial del electrodo (únicamente requiere de la presencia de dos materiales con diferente potencial), mientras que la corriente se produce a base de reacciones químicas (una en el ánodo y otra en el cátodo), una de las cuales coge electrones y deja iones negativos y la otra coge estos iones y deja electrones. Estas dos reacciones químicas van consumiendo algunos componentes de la batería para generar otros y así la batería se va descargando. Si la batería es secundaria se podrán invertir las reacciones químicas, haciendo circular corriente en sentido contrario. En la mayoría de las baterías, la tensión disminuye a medida que la batería se consume.

C.3. Características de funcionamiento

Cuando una batería se descarga, su tensión suele ir descendiendo. Se considera una batería descargada cuando alcanza un valor denominado tensión residual. A partir de este valor la tensión cae en picado.

La capacidad de la batería da idea de la energía que la batería puede entregar desde que está completamente cargada hasta que alcanza el valor de tensión residual. Esta capacidad se mide en Ah y corresponde a los amperios que la batería puede suministrar en una hora.

Aunque una batería esté desconectada se descarga por reacciones químicas internas, este fenómeno se conoce como autodescarga.



La vida útil de la batería es la cantidad de ciclos que el fabricante estima que la batería podrá suministrar los amperios característicos.

C.4. Principales baterías

Principalmente existen tres tipos de baterías:

- Baterías primarias
- Baterías secundarias
- Baterías híbridas

Dentro de las baterías primarias, las de más uso son las pilas Leclanché; éstas son sencillas y económicas, de aquí su amplia difusión en el sector doméstico. No obstante, no tienen un buen rendimiento si trabajan de forma continua. Para mejorar este problema están las pilas alcalinas, las cuales pueden trabajar de forma continua pero son económicamente mucho más caras. Otras variantes son la pila de mercurio y la de óxido de plata (ambas aptas para cuando se desea tensión constante) o las pilas de litio.

Las baterías secundarias son las que más se han estudiado en el proyecto, ya que son el tipo de batería utilizado. Las de uso más habitual son las de Pb-ácido (al ser las primeras). Las de más estudio en nuestros días son las de Ión-Litio y Ni-MH, sin olvidar también las de Ni-Cd.

Las baterías híbridas están compuestas por una batería primaria, para tener gran capacidad, y una secundaria, para poder dar puntas de corriente. Esta batería no es recargable y consiste en el trabajo de la pila primaria cuando la carga consume poco (cargando a la secundaria y alimentando a la carga) y en un trabajo en paralelo (entre la primaria y la secundaria) cuando la carga consume mucho.

C.5. Instalación y mantenimiento

Un tema importante es la temperatura. Una batería debe almacenarse en un lugar fresco, ya que el aumento de temperatura hace disminuir sus prestaciones; no obstante, se debe vigilar que no se llegue a temperaturas muy bajas ya que el electrolito perdería sus propiedades de buena conducción iónica.

Es conveniente dejar un mínimo espacio entre las baterías para que así circule el aire y se refrigeren por convección.



Se debe hacer un buen mantenimiento de la batería, comprobando el estado de los diferentes elementos que la forman.

Se debe vigilar con la carga de la batería, ya que es un proceso delicado. Una mala carga disminuye considerablemente la vida útil de la batería.

Hay diferentes métodos de carga. Los más comunes son los siguientes:

- Carga a tensión constante.
- Carga a corriente constante.
- Carga con dos niveles constantes de tensión.
- Carga a corriente descendente.

La carga a tensión constante consiste en fijar la tensión entre bornes de la batería e ir aumentando paulatinamente la intensidad.

La carga a corriente constante consiste en mantener la corriente e ir aumentando la tensión.

La carga con dos niveles constantes de tensión consiste en cargar la batería a un nivel alto de tensión limitando la corriente; una vez la corriente baja a un determinado nivel se cambia a una tensión más baja. Este método se emplea para cargar rápidamente la batería protegiéndola de posibles sobrecargas.

La carga a corriente descendente consiste en situar una resistencia en serie entre el cargador y la batería encargada de limitar la corriente; de esta manera, según aumenta la carga de la batería, disminuye la corriente.



D. Metodología de simulación energética del sistema de tracción

D.1. Metodología de cálculo

Para realizar el cálculo de los parámetros necesarios para los componentes de la planta de tracción, así como para la fase de verificación del modelo una vez hayan sido elegidos los componentes, será necesario implementar un algoritmo de cálculo que permita simular el comportamiento del vehículo en diferentes situaciones.

En primer lugar, se dispondrá de un conjunto de ecuaciones mecánicas que permitirán conocer la potencia en eje de rueda del vehículo en cada instante de tiempo en función de diversos parámetros y variables. Dicha potencia en eje se puede descomponer como muestra la Ec. D.1:

$$P_{\text{eje}}(t) = P_{\text{aceleración}}(t) + P_{\text{rodadura}}(t) + P_{\text{aerodinámica}}(t) + P_{\text{pendiente}}(t) \quad \text{Ec. D.1}$$

El cálculo de cada una de estas potencias en que se ha descompuesto la total se explica a continuación, con el resultado expresado en *kW* :

- $P_{\text{aceleración}}(t)$ es la potencia necesaria para acelerar el vehículo con una aceleración y una velocidad determinadas:

$$P_{\text{aceleración}}(t) = K_{\text{aceleración}} \cdot a(t) \cdot v(t)$$

$$K_{\text{aceleración}} = \frac{1}{3600} \cdot \left(M + 4 \cdot \frac{I_r}{r_d^2} \right) \quad \text{Ec. D.2}$$

- $P_{\text{rodadura}}(t)$ es la potencia debida a pérdidas por fricción de rodadura entre las ruedas y el terreno, es decir, la potencia necesaria para mover el vehículo a una velocidad y con un coeficiente de fricción en rueda determinados:

$$P_{\text{rodadura}}(t) = K_{\text{rodadura}} \cdot v(t)$$

$$K_{\text{rodadura}} = \frac{9,81}{3,6 \cdot 10^6} \cdot f \cdot M \quad \text{Ec. D.3}$$



- $P_{\text{aerodinámica}}(t)$ es la potencia debida a pérdidas por fricción del aire con la carrocería del vehículo, es decir, la potencia necesaria para mover el vehículo a una velocidad y con un coeficiente aerodinámico y un área frontal determinados:

$$P_{\text{aerodinámica}}(t) = K_{\text{aerodinámica}} \cdot v^3(t)$$

$$K_{\text{aerodinámica}} = \frac{0,5 \cdot 10^6}{3600^3} \cdot \rho_{\text{aire}} \cdot C_x \cdot A_f$$

Ec. D.4

- $P_{\text{pendiente}}(t)$ es la potencia necesaria para ascender por una pendiente con una inclinación y a una velocidad determinados:

$$P_{\text{pendiente}}(t) = K_{\text{pendiente}} \cdot \frac{z(t)}{100} \cdot v(t)$$

$$K_{\text{pendiente}} = \frac{9,81}{3600} \cdot M$$

Ec. D.5

Los parámetros necesarios para realizar estos cálculos son los siguientes:

- M es la masa del vehículos en kg .
- I_r es la inercia de rueda en kg/m^2 .
- r_d es el radio dinámico de rueda en m .
- f es el coeficiente de fricción entre rueda y terreno en kg/Tn .
- C_x es el coeficiente aerodinámico del vehículo, y es adimensional.
- A_f es el área frontal del vehículo en m^2 .

Por tanto, la ecuación que describe los requerimientos de potencia del vehículo en cada instante de tiempo es:

$$P_{\text{ejc}}(t) = \frac{1}{3600} \cdot \left(M + 4 \cdot \frac{I_r}{r_d^2} \right) \cdot a(t) \cdot v(t) + \frac{9,81}{3,6 \cdot 10^6} \cdot f \cdot M \cdot v(t) + \frac{0,5 \cdot 10^6}{3600^3} \cdot \rho_{\text{aire}} \cdot C_x \cdot A_f \cdot v^3(t) + \frac{9,81}{3600} \cdot M \cdot \frac{z(t)}{100} \cdot v(t)$$

Ec. D.6

Donde:



- $v(t)$ es la velocidad del vehículo en km/h .
- $a(t)$ es la aceleración del vehículo en m/s^2 .
- $z(t)$ es la inclinación el terreno en %.

Una vez determinada la potencia en rueda en cada instante de tiempo, otro conjunto de ecuaciones permitirá interrelacionar dicha potencia con los parámetros a determinar de cada uno de los componentes de la planta motriz.

D.1.1. Generador

El generador deberá ser el elemento que, en primera instancia, suministre potencia al motor eléctrico. Si el motor solicita más potencia de la que el generador es capaz de suministrar, captará potencia también de las baterías. Es decir, que la potencia de generador necesaria para cubrir un ciclo de conducción sin perder energía almacenada en baterías será igual a la potencia media solicitada en eje durante el ciclo dividida por el rendimiento de los componentes que intervienen en la transferencia de potencia. Por lo tanto, la potencia necesaria de generador en kW para cubrir un ciclo de conducción se calcula como muestra la Ec. D.7 más adelante.

$$P_{\text{eje}}(t) > 0 \Rightarrow P_{\text{generador}} = \frac{1}{T} \cdot \frac{1}{\eta_{\text{diferencial}} \cdot \eta_{\text{motor eléctrico}} \cdot \eta_{\text{gestor electrónico}}} \cdot \int_0^T P_{\text{eje}}(t) \cdot dt \quad \text{Ec. D.7}$$

$$P_{\text{eje}}(t) \leq 0 \Rightarrow P_{\text{generador}} = 0$$

Donde T es la duración del ciclo en s . Una vez definida la potencia del generador, es posible calcular el consumo de carburante en $l/100 km$ del motor térmico que lo mueve mediante la Ec. D.8:

$$\text{consumo} = \frac{100}{\rho_{\text{combustible}}} \cdot \frac{P_{\text{generador}}}{\eta_{\text{generador}} \cdot \eta_{\text{motor térmico}} \cdot PCI_{\text{combustible}}} \cdot \frac{3600 \cdot t}{d} \quad \text{Ec. D.8}$$

Donde:

- $\rho_{\text{combustible}}$ es la densidad del combustible en kg/l .
- $P_{\text{generador}}$ es la potencia nominal del generador en kW .
- $PCI_{\text{combustible}}$ es el poder calorífico inferior del combustible en kJ/kg .



- t es el tiempo invertido en el ciclo en h .
- d es la distancia recorrida en el ciclo en km .

D.1.2. Motor eléctrico

La potencia que requerirá el motor eléctrico procederá directamente de la potencia en eje de rueda, teniendo en cuenta los rendimientos que intervienen en la transferencia de potencia entre motor y rueda. Por tanto, la potencia eléctrica del motor consumida en cada instante, expresada en kW , se determina como muestra la Ec. D.9:

$$P_{\text{eje}}(t) > 0 \Rightarrow P_{\text{elec motor}}(t) = \frac{1}{\eta_{\text{motor eléctrico}}} \cdot P_{\text{mec motor}}(t) = \frac{1}{\eta_{\text{motor eléctrico}} \cdot \eta_{\text{diferencial}}} \cdot P_{\text{eje}}(t) \quad \text{Ec. D.9}$$

$$P_{\text{eje}}(t) \leq 0 \Rightarrow P_{\text{elec motor}}(t) = 0$$

Pero lo que realmente caracteriza a un motor eléctrico son sus pares nominal y máximo, por lo que, a partir de la potencia y la velocidad de giro del motor, se calculará el par motor en cada instante como muestra la Ec. D.10 más adelante.

$$\omega_{\text{motor}}(t) = \frac{i \cdot \frac{v(t)}{3,6}}{r_d} \Rightarrow \Gamma_{\text{motor}}(t) = \frac{1000 \cdot P_{\text{mec motor}}(t)}{\omega_{\text{motor}}(t)} = \frac{1000 \cdot P_{\text{eje}}(t)}{\omega_{\text{motor}}(t) \cdot \eta_{\text{diferencial}}} \quad \text{Ec. D.10}$$

Donde:

- $\omega_{\text{motor}}(t)$ es la velocidad de giro del motor en rad/s .
- i es la reducción de transmisión entre motor y ruedas debida al diferencial, y es adimensional
- $\Gamma_{\text{motor}}(t)$ es el par motor en $N \cdot m$.

El motor deberá ser capaz de superar los picos de par a que será sometido en cada uno de los ciclos de conducción que se simularán.

D.1.3. Baterías

Las baterías tendrán dos modos de funcionamiento bien diferenciados:



- Por una parte, cuando el motor eléctrico solicite más potencia de la que el generador es capaz de suministrar serán éstas las que se encarguen de suministrarla.
- En caso contrario, si el motor solicita menos potencia de la que proporciona el generador, esta potencia sobrante deberá ser almacenada en las baterías.

Por ello es importante tener en cuenta lo siguiente:

- En el primer caso, las baterías deben ser capaces de descargar una potencia suficiente para absorber los picos de potencia de los ciclos de conducción que serán simulados. Por ello se calculará la potencia de descarga en cada instante, como muestra la Ec. D.11, que será la diferencia entre la solicitada en rueda menos la que es capaz de dar el generador, teniendo en cuenta los rendimientos de los elementos que intervienen.

$$P_{\text{descarga batería}}(t) = \frac{\frac{P_{\text{elec motor}}(t)}{\eta_{\text{gestor electrónico}}} - P_{\text{generador}}}{\eta_{\text{descarga batería}}} \quad \text{Ec. D.11}$$

Una vez calculada, la potencia de descarga de la batería seleccionada deberá ser mayor o igual a la máxima en el ciclo.

- En el segundo caso, las baterías deben ser capaces de cargar una potencia suficiente como para absorber los 'valles' de potencia de los ciclos de conducción a simular; es decir, deben ser capaces de almacenar la potencia sobrante del generador. Por tanto, se calculará la potencia de carga en cada instante siguiendo la Ec. D.12, que será la diferencia entre la que suministra el generador y la solicitada en rueda, aplicando los rendimientos de los componentes que intervienen:

$$P_{\text{carga batería}}(t) = [P_{\text{generador}} \cdot \eta_{\text{gestor electrónico}} - P_{\text{elec motor}}(t)] \cdot \eta_{\text{carga batería}} \quad \text{Ec. D.12}$$

Una vez calculada, la potencia de carga de la batería seleccionada deberá ser mayor o igual a la máxima en el ciclo.

Finalmente, la capacidad de las baterías debe ser suficiente como para poder superar los ciclos de conducción en que el generador no cubra todas las necesidades de potencia, así como para obtener una autonomía aceptable a velocidades superiores a la máxima sostenible que, en este caso, se encuentra por encima de 50 km/h. Para ello, será necesario calcular en cada instante de tiempo la energía consumida o cargada desde el



inicio del ciclo. Al final de dicho ciclo, la capacidad de baterías mínima necesaria para superarlo será igual a la diferencia entre el máximo y el mínimo de esos valores:

$$E_{\text{baterías}}(t) = E_{\text{baterías}}(t-1) + (P_{\text{carga batería}}(t) - P_{\text{descarga batería}}(t))$$

$$E_{\text{baterías total}} = \max[E_{\text{baterías}}(t)] - \min[E_{\text{baterías}}(t)] \quad \text{para } 0 < t \leq T$$
Ec. D.13

$E_{\text{baterías}}(t)$ cuando $t = T$ muestra la carga de las baterías al final del ciclo partiendo de cero; es decir, si el valor resulta positivo, en el global del ciclo las baterías habrán recuperado carga, y viceversa si resulta negativo. Sin embargo, $E_{\text{baterías total}}(t)$ muestra la “amplitud de carga” necesaria para superar el ciclo, es decir, la capacidad mínima de las baterías suponiendo que se pueden aprovechar los periodos de carga.

D.2. Modelización

D.2.1. Estimación de parámetros del vehículo

Para poder realizar la simulación a través de las ecuaciones determinadas anteriormente, habrá que realizar una primera aproximación de los distintos parámetros que intervienen.

Se toma como vehículo de referencia el Smart City por ser el único realmente urbano. Por tanto, los valores que se toman son los siguientes:

- $M = 720\text{kg}$, que es la masa del Smart City Coupé.
- $I_r = 1,668\text{kg}/\text{m}^2$, valor estándar de inercia de rueda.
- $r_d = 0,278\text{m}$, el radio dinámico correspondiente a una medida de neumático 175/55 HR15, que es la que equipa el Smart. El cálculo se realiza mediante la Ec. D.14.

$$r_d = \frac{\text{sección} \cdot \text{perfil} + 25,4 \cdot \frac{\varnothing}{2} \cdot F}{1000 \cdot \pi}$$
Ec. D.14

Donde:

- sección = 175mm
- perfil = 55% = 0,55
- $\varnothing = 15''$
- F es un factor de deformación del neumático, y tiene un valor de 3,05.



- $f = 12 \text{ kg/Tn}$, el coeficiente de rozamiento para un turismo si el terreno es asfalto u hormigón.
- $C_x = 0,35$, el coeficiente aerodinámico del Smart.
- $A_f = 1,853 \text{ m}^2$, el área frontal del Smart calculada mediante la Ec. D.15.

$$A_f = \frac{\text{ancho} \cdot \text{alto} \cdot F}{10^6} \quad \text{Ec. D.15}$$

Donde:

- ancho = 1515mm
- alto = 1529mm
- F es un factor de forma de la carrocería que oscila según modelos entre 0,80 y 0,85. Se estima $F = 0,80$.
- $i = 4,4$, se estima esta reducción suponiendo una velocidad de giro del motor eléctrico de 5000 min^{-1} aproximadamente para 120 km/h . Este valor es una estimación para poder realizar un primer dimensionamiento, y tendrá que ser modificado posteriormente en función del comportamiento del motor eléctrico elegido.

Por otra parte, también habrá que realizar una primera aproximación de los rendimientos de los elementos que componen el conjunto motriz del vehículo. Los valores estimados son los siguientes:

- | | |
|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| • $\eta_{\text{diferencial}} \dots\dots 95\%$ | • $\eta_{\text{motor térmico}} \dots\dots 30\%$ |
| • $\eta_{\text{motor eléctrico}} \dots\dots 95\%$ | • $\eta_{\text{carga batería}} \dots\dots 85\%$ |
| • $\eta_{\text{gestor electrónico}} \dots\dots 95\%$ | • $\eta_{\text{descarga batería}} \dots\dots 85\%$ |
| • $\eta_{\text{generador}} \dots\dots 95\%$ | |



E. Estudio ambiental del producto final

E.1. Introducción

En este punto se realizará un estudio sobre las consecuencias y mejoras ambientales que representa el sistema de tracción híbrido presentado en su conjunto global.

El estudio ambiental del conjunto se realizará centrándose en su aplicación más directa, que como se viene enfatizando en todo el estudio, consiste en la aplicación urbana del producto.

La mayor parte de este estudio se centra en la comparación del sistema de tracción que aquí se presenta con el sistema de tracción mayoritario en nuestra sociedad: los sistemas clásicos de tracción basados en los ciclos Otto y Diesel fundamentalmente.

Este estudio ambiental se divide en los cuatro campos más significativos en los que el sistema de tracción híbrido tiene una mayor repercusión. Los campos a estudiar serán los siguientes:

- Económico.
- Medioambiental.
- Social.
- Energético.

Todos estos campos que se acaban de citar están directamente relacionados los unos con los otros, ya que, por ejemplo, una mejora medioambiental repercute directamente en una mejora social. No obstante se intenta situar cada una de las consecuencias y repercusiones del producto en los diferentes campos en que se vean implicadas.

E.2. Aspecto económico del producto

Los cambios que produciría el sistema de tracción híbrido presentado, si se hace un estudio sobre el impacto económico global, son la reducción del coste total que representaría la



importación del petróleo, ya que, la cantidad de combustible destinado al sector del transporte se reduciría notablemente.

No obstante, al reducirse la cantidad total de importación del crudo, se tendría que ver cómo afecta este aspecto en el precio de venta del combustible.

Si el estudio se centra directamente en el usuario, habría un cambio radical, ya que el consumo de gasolina o diesel se vería disminuido un 80% aproximadamente (estudio comparativo con los vehículos actuales); cambiando este consumo de combustible por el de electricidad consumida por la carga de las baterías.

Si profundizamos en el tema de la carga, las baterías podrían ser cargadas de dos maneras diferentes: por parte del motogenerador cuando el sistema está en marcha, o por parte de la red eléctrica si se aprovecha el bajo coste que tiene la electricidad a ciertas horas de la madrugada.

En resumen, si hacemos inciso sobre este último párrafo, se vería un cambio producido por la disminución de la importación de petróleo destinado al consumo de combustible con el aumento del consumo de electricidad destinada a la carga de las baterías.

E.3. Aspecto medioambiental del producto

El aspecto medioambiental es el que se vería más afectado si se sustituyeran los sistemas de tracción más comunes hoy en día por el sistema de tracción híbrido propuesto.

El primer punto a analizar, ya citado en el apartado anterior, sería la disminución en la importación del petróleo; este hecho sería beneficioso porque se verían reducidas las posibilidades de catástrofes medioambientales producidas por el vertido del crudo al mar.

No obstante, el aspecto que produce una mejora más significativa es la disminución del combustible utilizado por los usuarios en ciudad, ya que este hecho repercute directamente en las emisiones de CO₂, CO, HC, NO_x, partículas, etc.; viéndose reducida en global en un 80% aproximadamente (estudio realizado por la empresa Nevcor). Esta disminución es muy elevada también globalmente, ya que, por ejemplo, en la ciudad de Barcelona, aproximadamente el 40% de los vehículos que circulan por la ciudad y rondas son privados (fuente ATM).



Como agravante de la situación actual, este estudio de la empresa Nevcor que se acaba de citar no contempla un punto muy importante, las arrancadas en frío, ya que el estudio realizado es de forma nominal. Según el Ministerio de Fomento, un 40% de los vehículos que se desplazan por ciudad no realizan mas de 3 km en total, realizándonos en intervalos suficientemente espaciados (mas de 20 minutos) para considerarlos arrancadas templadas o frías. Cuando se realiza una arrancada de este tipo, el catalizador al no estar a su temperatura de trabajo, que es más elevada, prácticamente no actúa, dejando pasar al exterior un 97% de emisiones, aproximadamente.

Haciéndose un análisis más global de la reducción de las emisiones, la disminución tan notable de éstas ayudaría a la reducción de las nieblas contaminantes existentes en muchas ciudades, así como a paliar, en su medida, el problema del cambio climático que se sufre actualmente.

Finalmente, otro factor medioambiental importante es que el fabricante de las baterías garantiza un reciclaje del 100%, encargándose él mismo del proceso. Cuando se terminara el ciclo de vida de las baterías, sólo se tendría que devolver el conjunto de baterías a la empresa correspondiente (en este caso SAFT), encargándose ellos mismos del correcto proceso de reciclaje.

E.4. Aspecto social del producto

El aspecto social del producto está muy relacionado con los aspectos que se acaban de tratar: el económico y el medioambiental.

Las repercusiones en el aspecto social ligadas con el aspecto económico serían la reducción que supondría el consumo de combustible (gasolina o diesel) por el aumento de la electricidad para cargar las baterías; este aspecto no sería solamente económico, sería también un cambio de mentalidad, ya que los usuarios tendrían que acostumbrarse a hacer una doble lectura de la falta de combustible, ya que tendrían que controlar el combustible del motogenerador y la capacidad de las baterías.

Centrándose ahora en el aspecto social mas relacionado con el medioambiental, no hay ninguna duda que el tema básico es la reducción de las emisiones. A continuación se citan de forma esquemática los diferentes factores que ayudarían a una mejora del nivel de vida gracias al sistema de tracción híbrido:



- Reducción de nieblas producidas por la emisión de partículas.
- Reducción de problemas respiratorios.
- Reducción de catástrofes medioambientales.
- Reducción del efecto invernadero producido por la contaminación.
- Reducción del problema del cambio climático.

En resumen, la mayoría de las mejoras sociales vendrían dadas por la disminución de la contaminación.

Si se hace un estudio global, no se debe olvidar que el proyecto trata de una planta donde se incorporaría el sistema de tracción. Esta planta sería una parte del vehículo modular, el cual se montaría como un “kit”. Al ser un concepto nuevo también tendría un impacto social.

Un aspecto social negativo, no obstante, sería el necesario cambio de mentalidad y hábitos de conducción de la población, que debería dejar de lado los vehículos sobredimensionados con potencias exageradas para disponer de vehículos con unas prestaciones y unas respuestas en general mucho más moderadas. Este punto es uno de las principales barreras a superar para introducir todo tipo de tracciones alternativas de prestaciones inferiores a las actuales.

E.5. Aspecto energético del producto

El aspecto energético ya se ha visto reflejado en los demás puntos, ya que, gracias a él, hay un cambio que repercute en el aspecto económico, social y medioambiental.

El aspecto energético es la base de este proyecto, porque no se debe olvidar que las mejoras que pueda producir el sistema de tracción híbrido son gracias a la disminución en el consumo de combustible (gasolina o diesel) para pasar a un aumento en el consumo de electricidad; ya sea la producida por el motogenerador o por la opción de la conexión de las baterías a la red para ser cargadas aprovechando el bajo coste que supone el consumo de electricidad a ciertas horas de la madrugada.



F. Presupuesto

F.1. Introducción

En el estudio del presupuesto se han tomado los precios de venta de los diferentes componentes. Este presupuesto se refiere a la construcción de una planta de tracción híbrida; se tendrá que tener en cuenta que no se dispondrá del descuento que supondría una construcción a gran escala.

F.2. Presupuesto detallado

Elemento	Modelo	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Motogenerador	Yamaha EF 2800i	1 unidad	1170 €/u	1170 €
Motor eléctrico + control	MA-55 + SMT-BD1	1 unidad	1870 €/u	1870 €
Baterías	VL 27 M	85 unidades	24 €/u	2044 €
Electrónica + cableado	Variada	1 unidad	400 €/u	400 €
Cargador	(12 V)	1 unidad	337 €/u	337 €
Bancada	tubular	1 unidad	100 €/u	100€
Montaje + automatización		40 horas	24 €/h	960 €
PRECIO TOTAL				6881 €
Proyecto		200 horas	24 €/h	4800 €
PRECIO TOTAL + PROYECTO				11181 €

Tabla F.1. Presupuesto general



NOTA: El punto montaje + automatización se refiere a las horas destinadas al conexionado de los componentes de la planta y a la correcta automatización de los diferentes sistemas de control, ya sean del motor como del sistema en general.

Por ello, es extremadamente necesario que se comience a trabajar en la concienciación, no sólo de la población para que cambie sus hábitos, sino también de la industria del automóvil y la administración pública para que impulsen, de una vez por todas y definitivamente, el desarrollo de una nueva generación de vehículos cuyo consumo energético sea acorde con las prestaciones que ofrecen. Ello repercutirá en un claro beneficio para la sociedad en forma de ahorro de recursos y de disminución de la contaminación.



G. Manual del motogenerador Yamaha EF 2800i





H. Documentación del motor eléctrico MA-55





I. Manual del driver Infranor SMT-BD1





J. Documentación de las baterías Ión-Litio VL 27 M





K. Documentación de electrónica y auxiliares





L. Documentación de componentes no seleccionados

