

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 374 088**

51 Int. Cl.:
B60L 15/20 (2006.01)
G05B 13/02 (2006.01)
G05B 13/04 (2006.01)
G05B 19/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07871889 .7**
96 Fecha de presentación: **07.12.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2102029**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.09.2009**

54 Título: **PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE UN MOTOR ELÉCTRICO DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO O ELÉCTRICO.**

30 Prioridad:
13.12.2006 FR 0655485

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
13.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
13.02.2012

73 Titular/es:
**PEUGEOT CITROËN AUTOMOBILES SA
ROUTE DE GISY
78140 VÉLIZY-VILLACOUBLAY, FR**

72 Inventor/es:
**LE NEINDRE, Yvan;
COLLEDANI, Frédéric y
GUERIN, Stéphane**

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 374 088 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de control de un motor eléctrico de un vehículo híbrido o eléctrico.

5 El presente invento se refiere a los vehículos que utilizan un motor eléctrico para la tracción, lo que incluye principalmente los vehículos eléctricos y los vehículos dotados con una pila de combustible, y se refiere más concretamente a los vehículos del tipo híbrido paralelo.

Como se ha representado esquemáticamente en la figura 1, un vehículo híbrido paralelo incluye un motor térmico 1 y una máquina eléctrica 2 o motor eléctrico, cuya combinación permite asegurar la tracción optimizando a la vez el consumo de carburante y la descontaminación.

10 Dicho vehículo puede rodar utilizando ya sea el motor térmico, ya sea el motor eléctrico o incluso los dos. Está dotado con un sistema de acoplamiento y de desacoplamiento del motor térmico y de la máquina eléctrica que, en el ejemplo de la figura 1, es un embrague 3 interpuesto entre el motor térmico 1 y la máquina eléctrica 2.

Estos diferentes órganos son designados normalmente con el término GMP que significa grupo moto-propulsor, término que se utilizará a partir de ahora.

15 En dicho grupo moto-propulsor, el motor eléctrico 2 que está alimentado por una batería de potencia 4, mueve directamente un árbol primario AP de una caja de cambios 6, y el motor térmico 1 está acoplado a este árbol primario AP mediante el embrague 3.

Como se puede ver en la figura 1, este grupo moto-propulsor incluye también un volante de inercia 7 solidario rígidamente con el árbol del motor térmico, y la caja de cambios 6 mueve a través de su árbol secundario AS unas ruedas como la rueda marcada con el 8.

20 Cada uno de los órganos de este grupo moto-propulsor está controlado por un calculador dedicado que está asimismo controlado por un calculador de supervisión que toma decisiones y sincroniza los comandos para responder a la voluntad del conductor. Estos calculadores no han sido representados.

Este supervisor controla la cadena de tracción, decide el modo de rodaje y coordina las fases transitorias, determina igualmente los puntos de funcionamiento para optimizar el consumo y la emisión de contaminantes.

25 En las figuras 2 y 3, se ha representado la incidencia sobre la aceleración del vehículo, de una discontinuidad de par aplicada al árbol primario AP, en un instante $t=10s$. En el caso de la figura 2, se trata de una discontinuidad de par observada en el árbol primario en el caso de un modo de tracción únicamente eléctrico, y en el caso de la figura 3, se trata de una discontinuidad de par observada en el caso de un modo de tracción térmica y eléctrica.

30 Esta discontinuidad genera oscilaciones de la velocidad de rotación de la cadena de tracción, es decir del conjunto de elementos giratorios de la cadena de tracción que transmiten la potencia motriz a las ruedas del vehículo.

Estas oscilaciones de velocidad de rotación de los elementos de transmisión se traducen por oscilaciones de la aceleración del vehículo, es decir por sacudidas del vehículo, lo que constituye una molestia para sus ocupantes.

35 En los ejemplos de las figuras 2 y 3, esta serie de oscilaciones aparecen en las curvas C1 a C6, que reflejan la incidencia de una discontinuidad de par en el instante $t=10s$ cuando la marcha engranada es respectivamente la primera, segunda, tercera, cuarta, quinta y sexta marcha.

Como muestran las curvas, la frecuencia de estas oscilaciones, que corresponden a modos propios de la cadena de tracción, es diferente según que se utilice el motor térmico o el motor eléctrico, lo que se debe al aumento de la inercia de la transmisión cuando el embrague está cerrado. Difiere igualmente de una relación de la caja de cambios a otra, lo que se debe al cambio de la desmultiplicación.

40 El documento US2006/0025906 divulga un método para reducir las vibraciones del árbol de transmisión en un grupo moto-propulsor de vehículo híbrido eléctrico. Se aplican distintos filtros a las expresiones que incluyen la velocidad de rotación de las ruedas o del motor.

El documento US5610483 divulga un método de control para vehículo eléctrico. Se aplica un filtro de eliminación de banda a los medios que generan una consigna de par.

45 El documento JP2004272741 divulga un método de supresión de las vibraciones. Igual que en el documento US2006/0025906, se aplica un filtro, principalmente un filtro paso bajo, a la velocidad de rotación de un motor.

El documento US2002/0060545 divulga un método de control para reducir las vibraciones en un entorno de motor eléctrico. Utiliza un filtro paso banda que se aplica a la velocidad de rotación del motor.

50 El objetivo del invento es proponer una solución para disminuir la incidencia de las discontinuidades de par aplicado al árbol primario sobre la aceleración del vehículo.

- 5 A este efecto, el invento tiene como objeto un procedimiento de control de un motor eléctrico que mueve un árbol de transmisión de un vehículo, principalmente de un vehículo automóvil, tal y como se define en la reivindicación 1, aplicando este motor al árbol de transmisión un par que tiene un valor correspondiente a una consigna de par aplicado a este motor eléctrico, en el que la consigna de par está corregida mediante la resta de una señal correctora resultante de la aplicación a una señal representativa de la velocidad instantánea de rotación del árbol de transmisión de un tratamiento del tipo filtrado paso banda, en una banda de frecuencia que incluye una frecuencia de un modo propio de oscilación de la cadena de tracción del vehículo.
- El invento concierne igualmente un procedimiento tal y como se define anteriormente, en el que el tratamiento del filtrado incluye la aplicación sucesiva de dos o tres filtros paso banda en cascada.
- 10 El invento concierne igualmente un procedimiento tal y como se define anteriormente, en el que la amplitud de la señal correctora depende de la relación de la caja de cambios que esté engranada.
- El invento concierne igualmente un procedimiento tal y como se define más arriba, en el que la amplitud de la señal correctora depende del estado cerrado o abierto de un embrague conectado al árbol de transmisión.
- 15 El invento concierne igualmente a un procedimiento tal y como se define más arriba, en el que el tratamiento del filtrado se lleva a cabo con filtros que tienen bandas pasantes que dependen de la relación engranada y/o del estado abierto o cerrado del embrague.
- El invento concierne igualmente a un vehículo que incluye un motor eléctrico para la tracción, moviendo en rotación un árbol de transmisión, tal y como se define en la reivindicación 6, aplicando el motor eléctrico al árbol de transmisión un par que tiene un valor correspondiente a una consigna de par aplicada a este motor eléctrico, así como medios de control del motor eléctrico que incluyen al menos un filtro paso banda para corregir la consigna de par mediante resta de una señal correctora resultante de la aplicación, a una señal representativa de la velocidad instantánea de rotación del árbol de transmisión, de un tratamiento del tipo filtrado paso banda, en una banda de frecuencia que incluye una frecuencia de un modo propio de oscilación de la cadena de tracción del vehículo. Los medios de control del motor eléctrico incluyen además dos o tres filtros paso banda, en cascada, para el tratamiento del filtrado.
- 20 El invento concierne igualmente un vehículo tal y como se define más arriba, que incluye además un motor térmico y un embrague para acoplar o desacoplar el motor térmico a/del árbol de transmisión, y una caja de cambios movida por el árbol de transmisión. Según una característica, los filtros paso banda tienen unas bandas pasantes que dependen de la marcha engranada de la caja de cambios y/o del estado abierto o cerrado del embrague.
- 25 Se describirá a continuación el invento con más detalle, y haciendo referencia a las figuras anexadas.
- 30 La figura 1, ya descrita, es una representación esquemática de la cadena de tracción de un vehículo híbrido;
- La figura 2, ya descrita, es un gráfico que muestra la incidencia sobre la aceleración del vehículo de una discontinuidad de par aplicada al árbol primario;
- La figura 3, ya descrita, es un gráfico que muestra la incidencia sobre la aceleración del vehículo de una discontinuidad de par aplicada al árbol primario;
- 35 La figura 4 es una representación de la modelización mecánica de la cadena de tracción de la figura 1;
- La figura 5 es un diagrama de bloques que muestra un corrector para implementar el procedimiento según el invento;
- La figura 6 es un diagrama de Bode de un filtro paso banda del corrector de la figura 5;
- La figura 7 muestra esquemáticamente el efecto del corrector de la figura 5 sobre una señal que tiene una frecuencia inferior a la banda pasante de este corrector;
- 40 La figura 8 muestra esquemáticamente el efecto del corrector de la figura 5 sobre una señal que tiene una frecuencia situada en la banda pasante de este corrector;
- La figura 9 en muestra esquemáticamente el efecto del corrector de la figura 5 sobre una señal que tiene una frecuencia situada más allá de la banda pasante de este corrector;
- 45 La figura 10 es un gráfico representativo de la aceleración de un vehículo en el que está implementado el procedimiento según el invento cuando se aplica una discontinuidad de par;
- La figura 11 es un gráfico que muestra el par correctivo aplicado por el motor eléctrico en la situación de la figura 10.
- 50 La idea en la base del invento, es actuar sobre el control del motor eléctrico para contrarrestar las oscilaciones debidas a una discontinuidad de par aplicado por ejemplo por el grupo moto-propulsor. Esto se efectúa corrigiendo en tiempo real la consigna de par aplicada al motor eléctrico; correspondiendo esta consigna de par al par aplicado por el motor eléctrico al árbol primario AP.

Esta corrección consiste, cuando el vehículo está sujeto a oscilaciones de su aceleración, en disminuir el par aplicado por el motor eléctrico cuando la aceleración es máxima, y a aumentarlo cuando la aceleración es mínima.

Esto se obtiene, según el invento, restando a la consigna de par, una señal correctiva resultante de la señal representativa del régimen del árbol primario tratada por un corrector que se comporta como un filtro paso banda.

5 La banda pasante de este filtro es elegida para incluir la frecuencia del modo propio de oscilaciones de la cadena de tracción del vehículo en una situación dada. Esta situación está definida por el estado abierto o cerrado del embrague y por la relación que esté engranada en la caja de cambios, y se corresponde con un modo propio determinado.

Las frecuencias de los diferentes modos propios se determinan del siguiente modo, a partir de la modelización mecánica de la cadena de tracción representada esquemáticamente en la figura 4.

10 Como se apunta la figura 4, se definen las siguientes variables: C_{mth} : par aplicado por el motor térmico; C_{mej} : par aplicado por el motor eléctrico; C_{Trans} : par transmitido por la transmisión; C_{res} : par resistente aplicado al vehículo rodante; C_{emb} : par transmitido por el embrague; J_{Mth} : inercia del motor térmico; J_{Mel} : inercia del motor eléctrico; J_{Veh} : inercia del vehículo; ω_{ap} : velocidad angular del árbol primario; η_{bv} : desmultiplicación de la transmisión. Los pares están expresados en N.m, las inercias en Kg.m² y las pulsaciones en rad/seg. Considerando que únicamente la transmisión tiene rigidez a lo largo de la cadena de tracción del vehículo, se define igualmente K_{Trans} que representa la rigidez y F_{Trans} el amortiguamiento de la transmisión, expresado en N.m.

El equilibrio de los pares del grupo moto-propulsor del modelo de la figura 4 conduce a la ecuación de oscilación (1), para la que la frecuencia del modo propio está dada por la relación (2):

$$J_{veh} \frac{d\omega_{Rueda}}{dt} = J_{veh} \ddot{\theta}_{Rueda} = K_{Trans} (\theta_{Diff} - \theta_{Rueda}) + F_{Trans} (\dot{\theta}_{Diff} - \dot{\theta}_{Rueda}) - C_{res}$$

$$J_{GMP} \frac{d\omega_{ap}}{dt} = \frac{J_{GMP}}{\eta_{bv}} \ddot{\theta}_{Diff} = C_{GMP} - \eta_{bv} K_{Trans} (\theta_{Diff} - \theta_{Rueda}) - \eta_{bv} F_{Trans} (\dot{\theta}_{Diff} - \dot{\theta}_{Rueda})$$

20

Formulándola: Aparece:

$$25 \text{ De } J_{eq} = \frac{J_{veh} \frac{J_{GMP}}{\eta_{bv}^2}}{J_{veh} + \frac{J_{GMP}}{\eta_{bv}^2}} \text{ donde: } \begin{aligned} & (\ddot{\theta}_{Diff} - \ddot{\theta}_{Rueda}) + \frac{F_{Trans}}{J_{eq}} (\dot{\theta}_{Diff} - \dot{\theta}_{Rueda}) + \frac{K_{Trans}}{J_{eq}} (\theta_{Diff} - \theta_{Rueda}) \\ & = \frac{C_{GMP}}{\eta_{bv} \frac{J_{GMP}}{\eta_{bv}^2}} + \frac{C_{res}}{J_{veh}} = \frac{C_{GMP}}{\frac{J_{GMP}}{\eta_{bv}}} + \frac{C_{res}}{J_{veh}} \end{aligned}$$

$$(1) \quad \ddot{X} + 2\xi\omega_n \dot{X} + \omega_n^2 X = Exc \quad f_n = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{K_{Trans}}{J_{eq}}} \quad (2)$$

30 Conociendo la constante de rigidez de la cadena de tracción, la frecuencia de los modos propios depende de la inercia equivalente J_{eq} .

La inercia J_{GMP} que aparece en la expresión de J_{eq} depende del modo de rodaje, ya que la inercia del motor térmico J_{MTH} se suma a la del motor eléctrico J_{MEL} cuando el embrague está cerrado. Por otra parte, el valor de J_{eq} depende también de la relación engranada ya que el término η_{bv} aparece en su expresión.

35 La frecuencia del modo propio f_n depende pues principalmente de la relación de la caja de cambios que está engranada, y del estado cerrado o abierto del embrague, de manera que el número total de pulsaciones propias posibles vale el doble que el número de relaciones de la caja de cambios.

Para una situación de uso dada del vehículo, definida por una determinada relación engranada y por el estado abierto o cerrado del embrague, la velocidad transmitida por la cadena de tracción es por tanto susceptible de oscilar a una frecuencia conocida, dependiendo principalmente de la relación engranada y del estado del embrague.

Según el invento, una señal representativa del régimen del árbol primario AP es inyectada en la entrada de un corrector para formar, en la salida de este corrector, una señal correctora que es después restada a la consigna de par del motor eléctrico.

5 El corrector se comporta como un filtro paso banda que tiene una banda de frecuencias cuya frecuencia central es la frecuencia del modo propio de la cadena de tracción.

Cuando la velocidad del árbol primario oscila a una frecuencia próxima a la frecuencia del modo propio, entonces la señal correctora es una señal oscilante que está en fase con la señal representativa del régimen instantáneo del árbol primario.

10 Así, cuando el vehículo está sujeto a oscilaciones de su aceleración, la señal correctora disminuye el par aplicado por el motor eléctrico cuando la aceleración es máxima, y aumenta el par cuando la aceleración es mínima, lo que atenúa rápidamente las oscilaciones.

15 Cuando el vehículo está sujeto a oscilaciones propias de su aceleración que tienen una frecuencia alejada de las frecuencias de los modos propios de la cadena de tracción, y por tanto situada fuera de la banda pasante del corrector, la señal correctora es nula o casi nula. Igualmente cuando el vehículo no está sometido a oscilaciones debidas a su aceleración.

El corrector está ventajosamente formado por varios bloques en cascada, comportándose cada uno como un filtro paso banda. La sucesión de bloques en cascada permite modificar el orden del filtrado (segundo orden, cuarto orden, etc.) y por tanto las pendientes del diagrama de Bode sin incidir en las frecuencias de corte, es decir en la banda pasante.

20 Pero un filtrado excesivo aumenta el desfase fuera de la pulsación que se quiere tratar y reduce la amplitud para una banda de frecuencia estrecha. Además perjudica a la dinámica de la consigna de par del motor eléctrico ya que se opone a cualquier variación del régimen de este.

Se revela que una sucesión de dos o tres bloques permite alcanzar un compromiso entre la precisión del filtrado y criterios de tiempo de respuesta de la consigna de par. La elección de un corrector de dos o tres bloques puede ser efectuada al final de una etapa de calibración.

25 Dicho corrector que incluye tres bloques está representado esquemáticamente en la figura 5, los tres bloques están denominados respectivamente como DT1, DT2 y DT3, el corrector en sí mismo está denominado como DT.

30 La señal V_{AP} representativa del régimen instantáneo del árbol primario AP está aplicada en la entrada del primer bloque DT1, conjuntamente con un factor de amplificación o de ganancia que tiene un valor A_0 o A_f según que el embrague sea abierto o cerrado y con otro factor de amplificación o de ganancia β_i dependiente de la relación de la caja de cambios que esté engranada. La determinación de estos factores o de las ganancias se va a dar a continuación.

La señal correctora que es suministrada en la salida del bloque DT2 o DT3 es una señal proporcional a un par de corrección que se va a restar a la consigna del par motor eléctrico. Se trata de una señal oscilante que está en fase con las oscilaciones de la velocidad de rotación de la transmisión.

35 El filtro elegido en el ejemplo de las figuras, para cada bloque DT1, DT2 y DT3 es de segundo orden para rechazar las componentes que tengan frecuencias situadas fuera de la banda pasante. Esta banda pasante está definida por una frecuencia de corte baja denominada f_b y una frecuencia de corte alta denominada f_h .

Este filtro posee un diagrama de Bode representado en la figura 6, que muestra una ganancia máxima y un desfase nulo a nivel de una frecuencia llamada central. Otros filtros, de órdenes diferentes, son igualmente posibles.

40 Las figuras 7, 8 y 9 representan las señales de salida del corrector para diferentes señales de entrada sinusoidales. En la figura 7, la señal de entrada tiene una frecuencia que está fuera de la banda pasante, del lado de las frecuencias bajas, lo que produce una señal de salida de poca amplitud que está desfasada.

En la figura 8, la señal de entrada tiene una frecuencia que está comprendida en la banda pasante, lo que produce una señal de salida de gran amplitud que no está desfasada respecto de la señal de entrada.

45 En la figura 9, la señal de entrada tiene una frecuencia que está fuera de la banda pasante, del lado de las frecuencias altas, lo que produce una señal de salida que está desfasada y que tiene una pequeña amplitud.

La frecuencia de corte alta es determinada a partir del teorema de Shannon, y la frecuencia de corte baja es elegida para obtener una corrección de amplitud máxima y un desfase nulo a la frecuencia del modo propio f_n que se desea atenuar.

50 Conforme al teorema de Shannon, la frecuencia de muestreo de una señal debe ser superior o igual al doble de la frecuencia máxima contenida en esta señal, con el fin de convertir esta señal de una forma analógica a una forma numérica sin pérdida de información.

La frecuencia de corte alta de los filtros paso banda es por tanto elegida inferior o igual a la mitad de la frecuencia de muestreo F_{ech} del régimen instantáneo del árbol primario AP con el fin de respetar la recíproca del teorema de Shannon, o sea $f_h = F_{ech}/2$, y tomando

$$\omega_0 = \sqrt{\omega_b \cdot \omega_n}$$

señal $\omega_0 = 2\pi \cdot f$ y las variables reducidas $u = \omega/\omega_0$ y $\alpha = \frac{\omega_b + \omega_n}{2 \cdot \omega_0}$, se obtiene la función de transferencia H:

$$H(j\omega) = \frac{\omega_0}{\omega_h} \cdot \frac{u}{1 + 2\alpha \cdot j \cdot u - u^2} \quad \text{que permite expresar la ganancia G:}$$

$$G(dB) = \frac{\omega_0}{\omega_h} \cdot \frac{u}{\sqrt{((1-u^2)^2 - 4\alpha^2 \cdot u^2)}}$$

10

La derivada de esta relación respecto de la variable reducida u, muestra que el máximo de ganancia se obtiene para $\omega = \omega_0$ cualquiera que sea el valor de α y que esta solución anule también el desfase introducido por el filtro.

La frecuencia de corte bajo de los filtros es elegida en función de la situación, es decir del estado abierto o cerrado del embrague y de la relación engranada, para obtener una corrección de amplitud máxima y un desfase nulo en la pulsación del modo propio ω_n que se quiere atenuar, o sea en nuestro caso: $\omega_0 = \omega_n$

15

de donde $\omega_b = \frac{(\omega_n)^2}{\omega_h}$ $f_b = \frac{2\pi \cdot (f_n)^2}{f_h}$

Las amplitudes son elegidas a partir de la solución de la ecuación diferencial expresada a continuación:

20

$$(\theta_{Diff} - \theta_{Rueda})(t) = A e^{-\xi \omega_n t} \cos(\omega_d t - \phi), \quad \text{con : } \omega_d = \sqrt{1 - \xi^2} \omega_n$$

$$\phi = \text{Arc tan} \left(\frac{\xi \omega_n (\theta_{Diff} - \theta_{Rueda})(0) + (\dot{\theta}_{Diff} - \dot{\theta}_{Rueda})(0)}{\omega_d (\theta_{Diff} - \theta_{Rueda})(0)} \right)$$

$$A = \frac{1}{\omega_d} \sqrt{(\omega_d (\theta_{Diff} - \theta_{Rueda})(0))^2 + (\xi \omega_n (\theta_{Diff} - \theta_{Rueda})(0) + (\dot{\theta}_{Diff} - \dot{\theta}_{Rueda})(0))^2}$$

25

$$A \approx \frac{K}{\sqrt{\omega_n}}$$

Para cada relación de la caja de cambios, la amplitud de la oscilación es por tanto inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la pulsación del modo propio para la relación considerada, o sea ω_n .

30

Por otra parte, para obtener un mismo par a nivel de la transmisión hace falta adaptar el par aplicado por el motor eléctrico al árbol primario AP en función de la relación de la caja de cambios está engranada. Esto conduce a la expresión del par C_i que debe ser aplicada por el motor eléctrico, para la $i^{ésima}$ relación, que es $C_i \approx C_{iera} \cdot \beta_i$, en la que

$$\beta_i = \frac{\sqrt{\omega_{n_{1^{er}}}}}{\sqrt{\omega_{n_i}}} * \frac{\eta_i}{\eta_{1^{er}}} \quad \text{y en la que } C_{1^{era}} \text{ es la amplitud del par a aplicar cuando la relación engranada es la primera relación.}$$

35

Así, es posible calibrar experimentalmente la amplitud del par a aplicar para la primera relación de la caja de cambios, cuando el motor que se utiliza es el térmico, y cuando únicamente es utilizado el motor eléctrico. Esto nos lleva a determinar el factor de amplificación o de ganancia A_0 a aplicar cuando el embrague está abierto, y el factor de amplificación o de ganancia A_f que se debe aplicar cuando el embrague está cerrado.

40

El factor de ponderación β_i para las otras relaciones es aplicado posteriormente, lo que permite determinar la amplitud para cada relación y para cada modo de funcionamiento del vehículo. La determinación de los factores β_i nos lleva a la determinación de los factores de amplificación o de ganancia que se deben aplicar en función de la relación que está engranada.

Los factores de amplificación o de ganancia A_0 , A_f , y β_i así determinados son inyectados en la entrada del bloque DT1 del esquema de la figura 5, para que la señal de salida del corrector tenga una amplitud dependiente de la situación de uso del vehículo.

5 El gráfico de la figura 10 muestra el efecto del procedimiento según el invento, en el caso de una discontinuidad de par detectada en un instante correspondiente a $t=10$ segundos.

Las simulaciones son realizadas para las seis relaciones, estando representado el valor de la aceleración del vehículo en el transcurso del tiempo por las seis curvas denominadas como R1 a R6 respectivamente según las relaciones 1 a 6.

10 Como se ve en estos diagramas, cuando la discontinuidad de par es detectada, las oscilaciones del régimen del árbol primario AP son aproximadamente completamente atenuadas al final del primer ciclo oscilatorio.

Correspondientemente, la figura 11 da la evolución en el tiempo del par correctivo aplicado por el motor eléctrico, estando esta representada mediante las curvas C1 a C6 correspondiendo respectivamente a las relaciones 1 a 6.

15 La implementación del corrector está ventajosamente realizada directamente en el calculador que controla el motor eléctrico de manera que la corrección esté activa desde el momento en el que el vehículo esté en modo motor térmico o en modo motor eléctrico.

Esta elección de implementación permite por otra parte responder lo más rápidamente posible a las oscilaciones evitando los retrasos de comunicación, principalmente entre el calculador de supervisión y el calculador dedicado al motor eléctrico.

20 Finalmente, esta implementación en el calculador permite hacer depender fácilmente la banda pasante de los filtros DT1, DT2 y DT3 de la situación del vehículo, es decir del estado abierto o cerrado el embrague, y de la relación que esté engranada.

Una tabla de valores está ventajosamente memorizada en el calculador. Suministra, para cada relación de la caja de cambios engranada y para el estado abierto o cerrado del embrague la frecuencia de corte baja a la que deben funcionar los filtros paso banda, estando estos últimos implementados como un programa, discretizados en el tiempo.

25 El invento presenta principalmente las siguientes ventajas:

Por el hecho de estar basado en la ejecución de filtros paso banda, no se corre el riesgo de amplificar o mantener fenómenos oscilatorios de las frecuencias situadas fuera de la banda pasante.

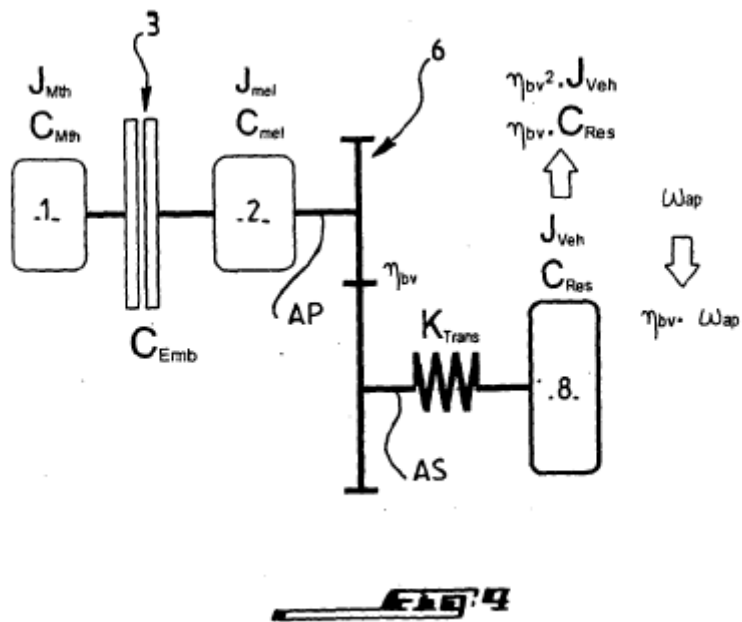
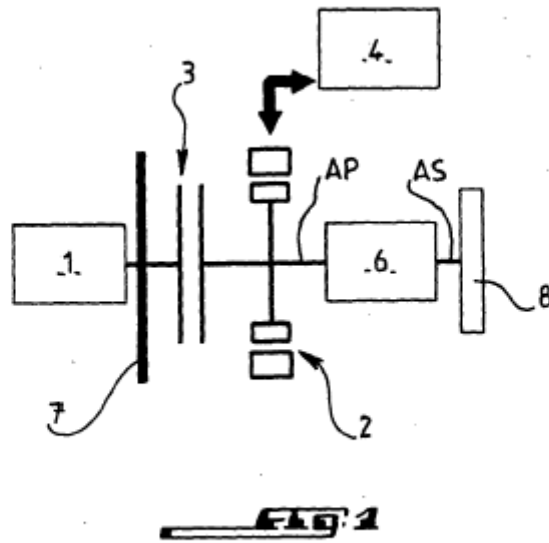
30 Aporta también una corrección que tiene un desfase nulo respecto de la señal de entrada y una amplitud máxima en la frecuencia del modo propio que se quiere tratar con el fin de compensar lo más eficazmente posible las oscilaciones resultantes de la excitación de los modos propios de la cadena de tracción.

Una simple parametrización permite aumentar la influencia del filtrado a la vez que se respetan los criterios de tiempo de respuesta de la consigna de par.

35

REIVINDICACIONES

- 5 1- Procedimiento de control de un motor eléctrico (2) que mueve un árbol de transmisión (AP) de un vehículo automóvil, este motor aplica al árbol de transmisión (AP) un par que tiene un valor correspondiente a una consigna de par aplicado a este motor eléctrico (2), caracterizado porque la consigna de par es corregida mediante resta de una señal correctora resultante de la aplicación a una señal representativa de la velocidad instantánea de rotación del árbol de transmisión (AP) de un tratamiento del tipo filtrado paso banda, en una banda de frecuencia que incluye una frecuencia de un modo propio de oscilación de la cadena de tracción del vehículo.
- 10 2- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el tratamiento del filtrado incluye la aplicación sucesiva de dos o tres filtros paso banda (TD1, TD2, TD3) en cascada.
- 3- Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que la amplitud de la señal correctora depende de la relación de la caja de cambios (6) que este engranada.
- 15 4- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la amplitud de la señal correctora depende del estado cerrado o abierto de un embrague (3) unido al árbol de transmisión (AP).
- 5- Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 o 4, en el que el tratamiento de filtrado es realizado con los filtros paso banda (TD1, TD2, TD3) que tienen bandas pasantes dependientes de la relación engranada y/o del estado abierto o cerrado del embrague (3).
- 20 6- Vehículo incluyendo un motor eléctrico (2) para la tracción, que mueve en rotación un árbol de transmisión (AP), aplicando el motor eléctrico (2) al árbol de transmisión (AP) un par que tiene un valor correspondiente a una consigna de par aplicada a este motor eléctrico (2), caracterizado porque incluye medios de control del motor eléctrico (2) incluyendo al menos un filtro paso banda para corregir la consigna de par mediante resta de una señal correctora resultante de la aplicación, a una señal representativa de la velocidad instantánea de rotación del árbol de transmisión (AP), de un tratamiento del tipo filtrado paso banda, en una banda de frecuencia que incluye una frecuencia de un modo propio de oscilación de la cadena de tracción del vehículo.
- 25 7- Vehículo según la reivindicación 6, caracterizado porque los medios de control del motor eléctrico (2) incluyen dos o tres filtros paso banda (TD1, TD2, TD3), en cascada, para el tratamiento del filtrado.
- 30 8- Vehículo según las reivindicaciones 6 y 7, incluyendo además un motor térmico (1) y un embrague (3) para acoplar o desacoplar el motor térmico (1) al/del árbol de transmisión (AP), y una caja de cambios (6) movida por el árbol de transmisión (1).
- 9- Vehículo según la reivindicación 8, en el que los filtros paso banda (TD1, TD2, TD3) tienen bandas pasantes que dependen de la relación engranada en la caja de cambios y/o del estado abierto o cerrado del embrague.



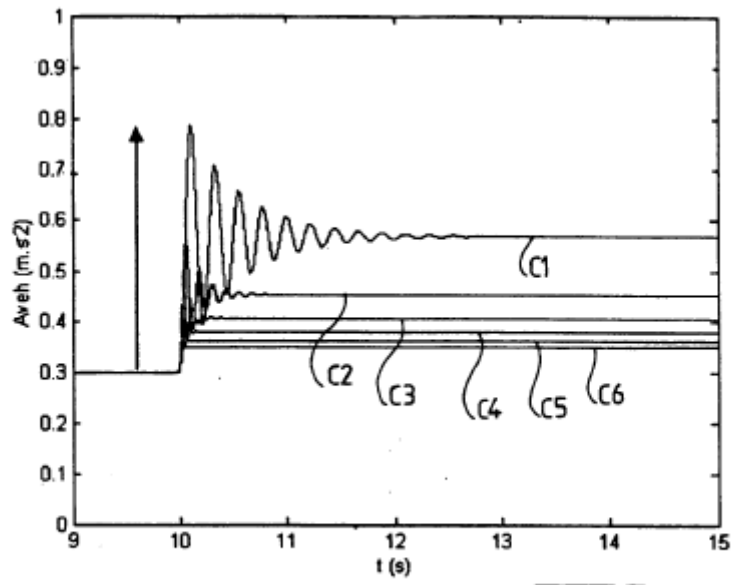


FIG. 2

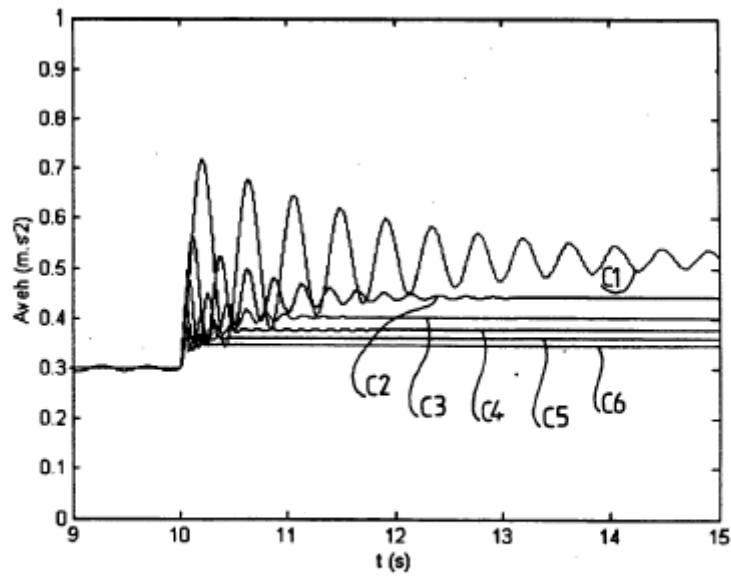


FIG. 3

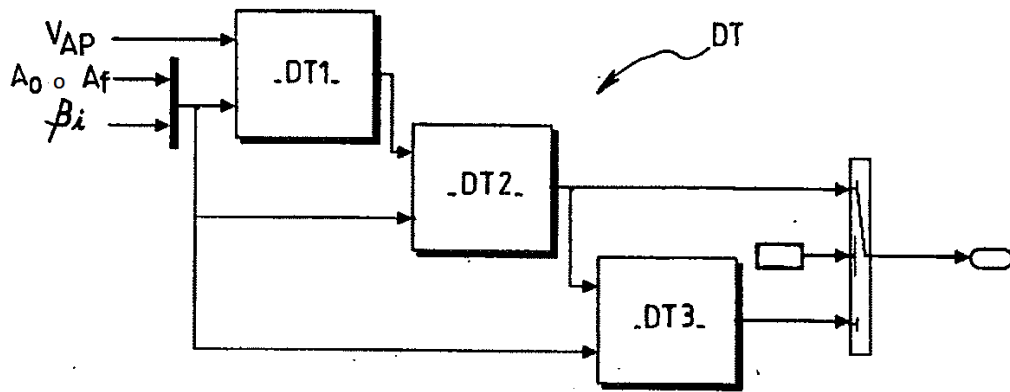


FIG. 5

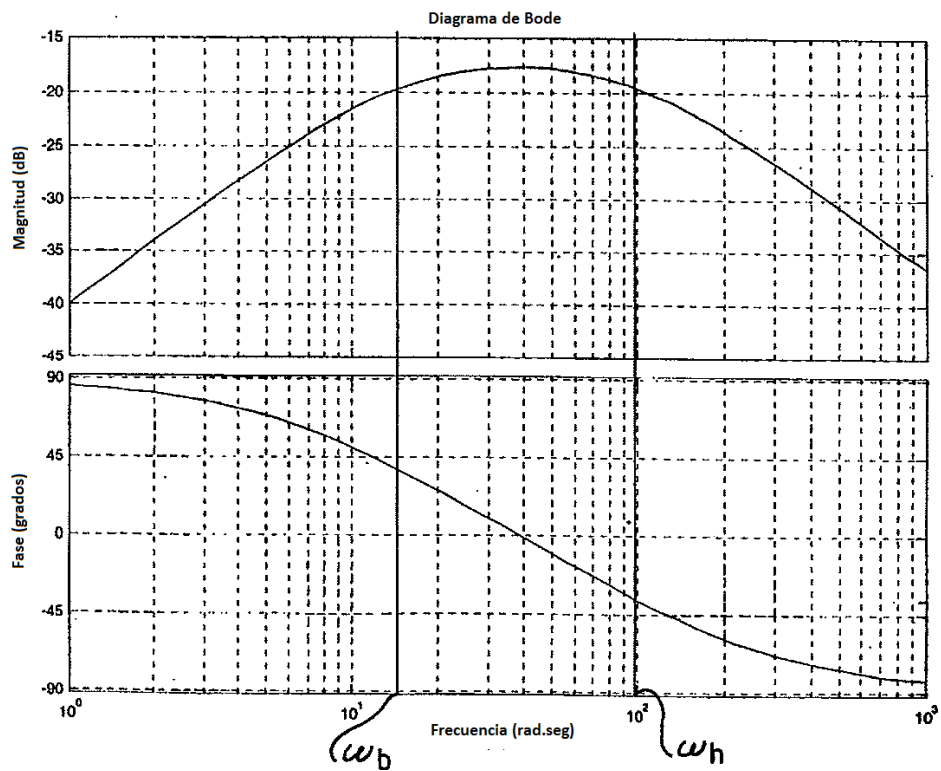


FIG. 6

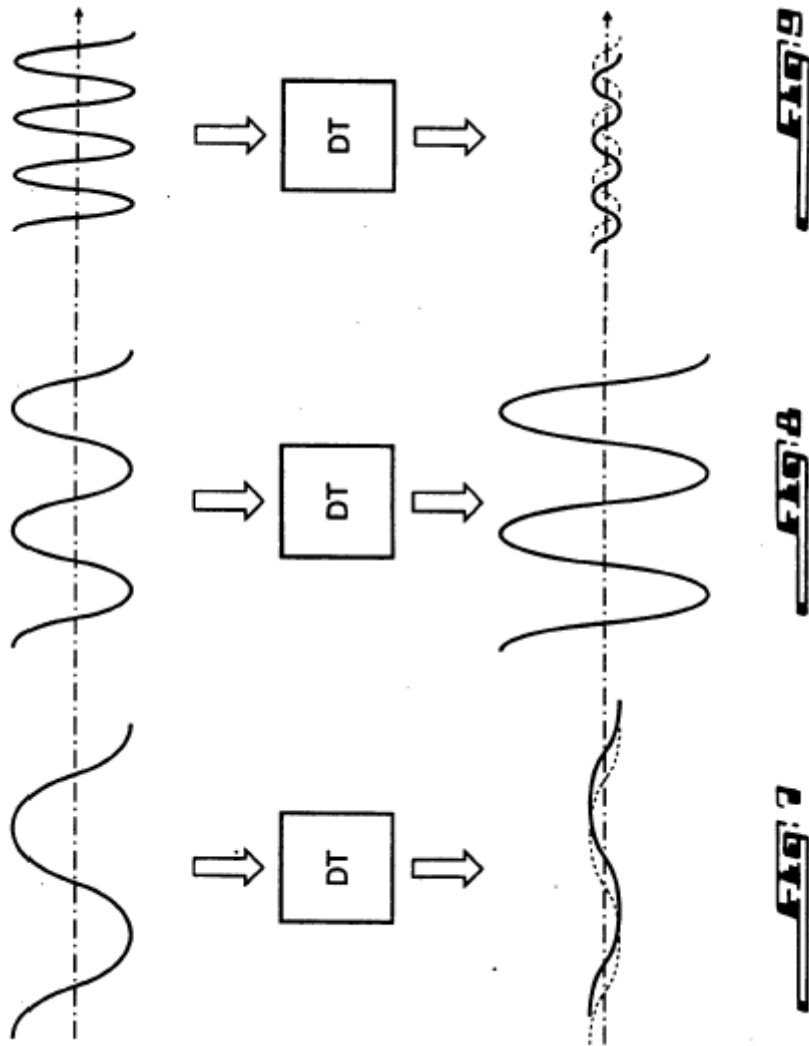


FIG. 10

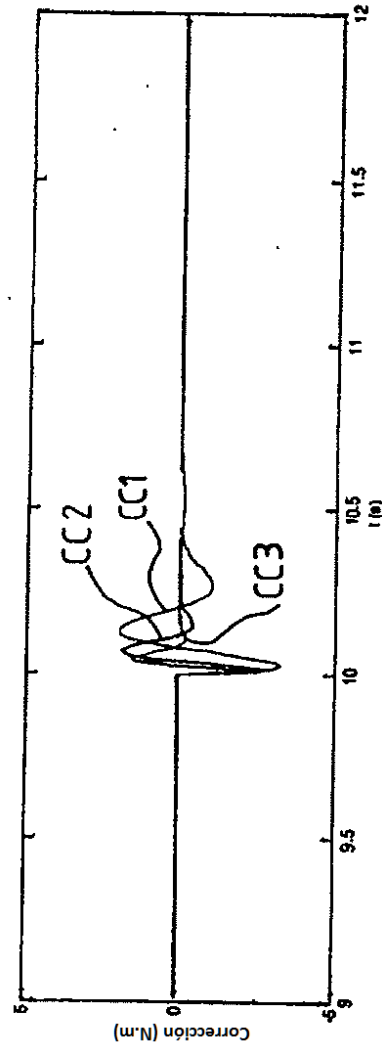
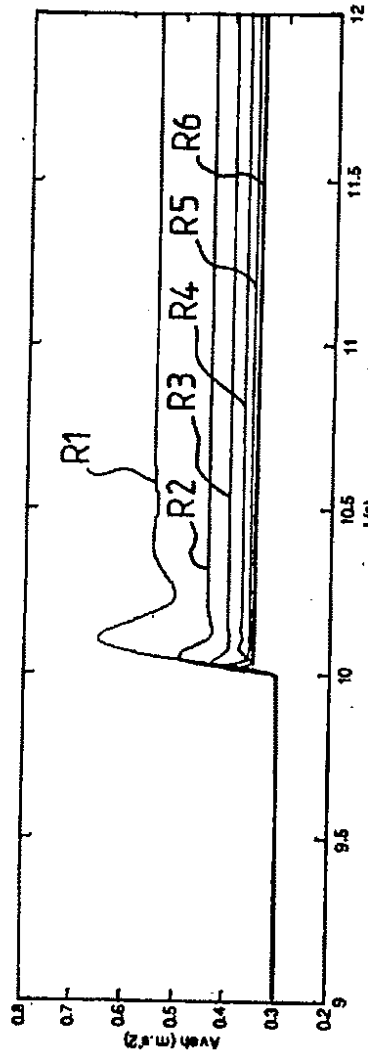


FIG. 11