



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 268 302**

51 Int. Cl.:
F16H 61/04 (2006.01)
B60K 6/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03300270 .0**
86 Fecha de presentación : **18.12.2003**
87 Número de publicación de la solicitud: **1431623**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **23.06.2004**

54 Título: **Recuperación de energía cuando tiene lugar un cambio de relación ascendente en un vehículo híbrido de serie.**

30 Prioridad: **20.12.2002 FR 02 16307**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.03.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.03.2007

73 Titular/es: **Peugeot Citroën Automobiles S.A.**
route de Gizy
78943 Vélizy-Villacoublay Cédex, FR

72 Inventor/es: **De Wulf, Grégory y**
Prou, Jean-Michel

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

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

Recuperación de energía cuando tiene lugar un cambio de relación ascendente en un vehículo híbrido de serie.

5 La presente invención propone un procedimiento y un dispositivo de recuperación de energía cuando tiene lugar el paso de una relación de reducción inicial de una caja de velocidades de un vehículo híbrido de serie a una relación de reducción final inferior a la relación inicial.

10 Un vehículo híbrido de serie comprende un motor térmico acoplado en serie con una máquina eléctrica, pudiendo el motor térmico y la máquina eléctrica proporcionar cada uno un par que participa en el arrastre de las ruedas del vehículo.

15 La máquina eléctrica asiste al motor térmico en sus diferentes fases de funcionamiento y permita globalmente disminuir el consumo de carburante del motor térmico. En particular, en ciertas fases de funcionamiento del vehículo, la máquina eléctrica puede funcionar como un alternador arrastrado por el motor térmico para cargar una batería. El preámbulo de las reivindicaciones 1 y 9 está definido por el documento US-A-5 944 630.

20 De manera general, el árbol del motor térmico arrastra un árbol de entrada de una caja de velocidades por medio de un embrague. La caja de velocidades permite elegir diferentes relaciones de reducción de la velocidad angular del árbol motor o régimen motor. Además, el árbol motor es generalmente desolidarizado del árbol de entrada de la caja de velocidades por medio del embrague durante un cambio de relación.

25 En el caso de una caja de velocidades manual, durante un cambio de relación, el conductor mantiene el pedal de embrague presionado, para desolidarizar el árbol motor del árbol de entrada de la caja de velocidades, y suelta simultáneamente el pedal de aceleración lo que hace bajar la velocidad angular del motor térmico hacia el relenti. Cuando la nueva relación de la caja de velocidades está acoplada, el conductor suelta parcialmente el pedal de embrague. El par proporcionado por el árbol de entrada de la caja de velocidades es entonces sólo transmitido parcialmente por el embrague al árbol motor. Simultáneamente, el conductor presiona sobre el pedal de aceleración para aumentar la velocidad angular del árbol motor hasta hacerle coincidir sensiblemente con la velocidad angular del árbol de entrada de la caja de velocidades. No es hasta que las dos velocidades angulares coinciden que el conductor suelta completamente el pedal de embrague. Dicha maniobra repetida para cada cambio de relación requiere por parte del conductor un esfuerzo de concentración no despreciable.

35 En tanto al motor térmico no está acoplado a la caja de velocidades, la energía que proporciona no es utilizada. Además, en el caso en que la relación de reducción final de la caja de velocidades es inferior a la relación de reducción inicial, es decir en el caso de un cambio de relación ascendente, la velocidad angular del árbol motor debe disminuir. La alimentación de carburante del motor térmico es por tanto generalmente interrumpida durante el cambio de relación y la velocidad angular del árbol motor disminuye por el único par resistivo del motor térmico. El motor térmico proporciona por tanto energía sin consumo de carburante.

40 En el caso de un vehículo híbrido de serie, es posible utilizar la energía “gratuita” proporcionada por el motor térmico no alimentado durante un cambio de relación ascendente para arrastrar la máquina eléctrica. La máquina eléctrica funciona entonces como un alternador y puede cargar una batería del vehículo. Dicho procedimiento se denomina procedimiento de recuperación de energía durante un cambio de relación ascendente.

45 La presente invención propone un procedimiento original de mando de una máquina eléctrica de un vehículo híbrido de serie que permite una recuperación de energía cuando tiene lugar un cambio de relación ascendente.

50 La presente invención prevé también un procedimiento de mando del par proporcionado por la máquina eléctrica cuando tiene lugar un cambio de relación ascendente que permita mejorar el agrado de la conducción al conductor del vehículo.

55 Para alcanzar estos objetos, la presente invención prevé un procedimiento de recuperación de energía para vehículo híbrido de serie cuando tiene lugar un cambio de relación de una caja de velocidades de una relación de reducción inicial a una relación de reducción final inferior a la relación inicial, siendo el árbol de entrada de la caja de velocidades arrastrado por un árbol motor de un motor térmico cuando una relación de reducción es acoplada y siendo desolidarizado de dicho árbol motor durante el cambio de relación, estando una máquina eléctrica acoplada sobre el árbol motor y proporcionando un par de asistencia a dicho árbol motor, que consiste en verificar que unas condiciones de validación son cumplidas; determinar una velocidad angular final teórica del árbol motor en función de la velocidad angular inicial del árbol motor que precede al cambio de relación y de la relación de reducción final; determinar una duración teórica de cambio de relación en función de la velocidad angular final teórica y de la velocidad angular inicial; mandar la máquina eléctrica par aplicar sobre el árbol motor un primer par de asistencia de frenado durante una duración determinada dependiente de la duración teórica, de la velocidad angular final teórica y de la velocidad angular inicial; y mandar la máquina eléctrica para aplicar sobre el árbol motor un segundo par de asistencia diferente del primer par de asistencia hasta el final de la duración teórica.

65 Según un modo de realización de la invención, el primer par de asistencia de frenado corresponde a la potencia máxima que puede ser recibida por la máquina eléctrica.

Según un modo de realización de la invención, el segundo par de asistencia es nulo.

Según un modo de realización de la invención, el segundo par de asistencia es igual a un par positivo de arrastre del árbol motor correspondiente a la potencia máxima que puede ser proporcionada por la máquina eléctrica.

Según un modo de realización de la invención, una de las condiciones de validación es que la velocidad angular del árbol motor es superior a un umbral determinado.

Según un modo de realización de la invención, dicho umbral es diferente según que la velocidad angular del árbol motor es creciente o decreciente.

Según un modo de realización de la invención, una de las condiciones de validación es que la aceleración del vehículo es superior a una aceleración determinada.

Según un modo de realización de la invención, una de las condiciones de validación es que la alimentación de carburante del motor térmico está parada.

La invención prevé también un dispositivo de mando de una máquina eléctrica que equipa un vehículo híbrido de serie que comprende un motor térmico que arrastra un árbol motor acoplado a un árbol de entrada de una caja de velocidades y un embrague adaptado para desolidarizar dicho árbol motor de dicho árbol de entrada cuando tiene lugar un cambio de relación de la caja de velocidades de una relación de reducción inicial a una relación de reducción final, estando dicha máquina eléctrica acoplada sobre el árbol motor y proporcionando un par de asistencia a dicho árbol motor, comprendiendo unos medios para determinar el inicio de un paso de la relación inicial a una relación final inferior a la relación inicial, unos medios para determinar una velocidad angular final teórica del árbol motor en función de la velocidad angular inicial del árbol motor antes del cambio de relación y de la relación de reducción final, unos medios para determinar una duración teórica de cambio de relación en función de la velocidad angular final teórica y de la velocidad angular inicial, y unos medios para proporcionar sucesivamente a la máquina eléctrica una primera consigna de par de asistencia de frenado por una duración determinada que depende de la duración teórica, de la velocidad angular final teórica y de la velocidad angular inicial, y una segunda consigna de par de asistencia hasta el final de la duración teórica.

Este objeto, estas características y ventajas, así como otras de la presente invención serán expuestas en detalle en la descripción siguiente de modos de realización particulares dada a título no limitativo en relación con las figuras anexas entre las cuales:

La figura 1 representa, de forma esquemática, un ejemplo de arquitectura de un vehículo híbrido de serie según la invención;

La figura 2 representa un ejemplo de evolución de la aceleración angular del árbol motor en función de la velocidad angular del árbol motor para diferentes pares de asistencia de la máquina eléctrica;

La figura 3 representa la evolución de la velocidad angular del árbol motor en función del tiempo para diferentes pares de asistencia de la máquina eléctrica; y

La figura 4 representa la evolución de la duración teórica de cambio de relación en función de la velocidad angular inicial del árbol motor para diferentes cambio de relación.

Como se ha representado en la figura 1, el vehículo híbrido 10 comprende un motor térmico 11 asociado a un volante motor 12. Una máquina eléctrica 13 está acoplada sobre el árbol motor 14 del motor térmico 11. El árbol motor 14 está unido a un embrague 16 que, cuando es accionado, acopla el árbol motor 14 un árbol de entrada 17 de una cadena de transmisión 18. La cadena de transmisión 18 comprende, por ejemplo, una caja de velocidades y un puente divisor. La velocidad de rotación del árbol de salida 19 de la cadena de transmisión 18 corresponde a la velocidad de rotación del árbol de entrada 17 multiplicada por la relación de reducción global de la cadena de transmisión 18. El árbol de salida 19 arrastra las ruedas 20 del vehículo. La caja de velocidades puede ser una caja de velocidades manual, o caja manual pilotada. Una caja de velocidades manual pilotada es una caja de velocidades para la cual el conductor selecciona un cambio de relación, por ejemplo por medio de un botón de mando, siendo el cambio de velocidades entonces realizado automáticamente. La caja de velocidades puede ser una caja de velocidades automática. El embrague 16 puede, según el tipo de caja de velocidades, ser automático o accionado por el conductor.

La máquina eléctrica 13 está conectada a una batería de alta tensión o de potencia 22 por medio de un convertidor continua-alterna 24. La máquina eléctrica 13 puede funcionar como un alternador arrastrado por el motor térmico 11 y cargar la batería de alta tensión 22, o bien funcionar como guante eléctrico alimentado por la batería de alta tensión 22 y arrastrar el árbol motor 14.

La batería de alta tensión 22 está conectada a una batería de baja tensión 26 por medio de un convertidor continua-continua 28. La batería de baja tensión 26 alimenta una red de a bordo de baja tensión (no representada) para la alimentación de equipos clásicos del vehículo 10 (por ejemplo unos medios de climatización, unos medios de secado, etc...). La batería de baja tensión 26 puede alimentar también un motor de arranque clásico 27 que puede arrastrar el

ES 2 268 302 T3

5 árbol motor 14. La batería de alta tensión 22 puede participar en la alimentación de la red de a bordo y alimentar una red de a bordo de alta tensión para unos equipos específicos del vehículo que requieren una potencia elevada, como por ejemplo una resistencia de calefacción, una dirección asistida, etc. A título de ejemplo, la batería de baja tensión 26 tiene una tensión media de 12 voltios y la batería de alta tensión 22 es una batería de potencia de tipo NiMH (Niquel-metal-hidruro) que tiene una tensión media de 32 voltios.

10 El vehículo híbrido 10 comprende varios calculadores 30, 32, 34, 36 que mandan los diferentes elementos del vehículo híbrido 10. Los calculadores 30, 32, 34, 36 pueden intercambiar entre si unos datos por medio de un bus de intercambio de datos 38. Un calculador 30 de control del motor térmico está adaptado para mandar, por ejemplo, la inyección de carburante en las cámaras de combustión del motor térmico 11 a partir de parámetros el funcionamiento del motor térmico 11. Un calculador 32 de control de la máquina eléctrica 13 está adaptado para transmitir a la máquina eléctrica 13 un mando de par a partir de parámetros de funcionamiento de la máquina eléctrica 13 y de una consigna proporcionada por un calculador 34 de supervisión. El calculador 34 de supervisión puede también emitir, sobre el bus de datos 38, una señal de alarma cuando detecta un mal funcionamiento de la máquina eléctrica 13, del convertidor continua-alterna 24 o del convertidor continua-continua 28. El calculador 34 de supervisión puede también mandar los calculadores 30, 32, 36 con el fin de asegurar unas prestaciones particulares. Un calculador 36 de control de las baterías 22, 26 está adaptado, a partir de parámetros de funcionamiento de las baterías de alta tensión 22 y baja tensión 26, para, entre otros, emitir, sobre el bus de datos 38, una señal de alarma cuando ciertas condiciones de buen funcionamiento de las baterías 22, 26 no son cumplidas.

20 Las diferentes señales utilizadas por los calculadores 30, 32, 34, 36 pueden ser proporcionadas directamente por unos captadores, no representados, que equipan el vehículo híbrido 10 o ser estimadas por los calculadores 30, 32, 34, 36. Cada captador puede estar conectado directamente a uno de los calculadores 30, 32, 34, 36 y/o a otro calculador del vehículo 10, no representado, a su vez conectado al bus de datos 38 o a uno de los calculadores 30, 32, 34, 36.

30 Cuando tiene lugar el funcionamiento normal del vehículo híbrido 10, el motor térmico 11 proporciona al árbol motor 14 un par de arrastre C_{MT} de las ruedas 20 de manera que mande la velocidad angular ω_{MOT} del árbol motor 14. La máquina eléctrica 13 proporciona un par de asistencia C_{ME} al árbol motor 14. Alimentada por la batería de alta tensión 22, la máquina eléctrica 13 puede proporcionar un par de arrastre adicional para asistir al motor eléctrico 11, o proporcionar un par resistivo, que se opone al par de arrastre, con el fin de producir energía eléctrica para cargar la batería de alta tensión 22, o la batería de baja tensión 26, por medio del convertidor continua-continua 28. Según las condiciones de funcionamiento del vehículo, el calculador 34 de supervisión fija el par a proporcionar por el motor térmico 11 y el par a proporcionar por la máquina eléctrica 13 transmitiendo unas señales de mando adaptadas al calculador motor térmico 30, y al calculador máquina eléctrica 32, por medio del bus de datos 38.

40 El vehículo híbrido 10 según la invención propone una prestación particular que consiste en recuperar una parte de la energía proporcionada por el motor térmico 11 cuando tiene lugar un cambio de relación ascendente. Dicha prestación, puede eventualmente ser activada o inhibida por medio de un botón de selección, presente por ejemplo en el tablero de mandos del vehículo, y que puede ser accionado por el conductor.

En el caso en que la prestación de recuperación de energía es activada, el calculador 34 de supervisión verifica si se cumplen unas condiciones de validación.

45 Las condiciones de validación siguientes prevén más precisamente detectar que un cambio de relación ascendente es acoplado por el conductor, por ejemplo por medio de la palanca de mando de la caja de velocidades manual o del botón de mando de la caja de velocidades manual pilotada:

- 50 - la aceleración del vehículo es superior a un umbral determinado. En efecto, justo antes de efectuar un cambio de relación ascendente, el vehículo está generalmente en una fase de aceleración que justifica el cambio de relación;
- el árbol motor 14 está desolidarizado del árbol de entrada 17 de la cadena de transmisión 18;
- 55 - la alimentación del motor térmico 11 está interrumpida.

Las condiciones de validación siguientes prevén más precisamente verificar que el funcionamiento del vehículo permite la utilización de una recuperación de energía:

- 60 - la velocidad angular ω_{MOT} del árbol motor 14 es superior a un umbral. La determinación del umbral es detallada a continuación;
- la relación de reducción inicial de la caja de velocidades es superior a la relación de reducción mínima disponible de la caja de velocidades, lo que implica que un cambio de relación ascendente puede ser realizado;
- 65 y
- la relación de la marcha atrás del vehículo no está acoplada.

ES 2 268 302 T3

Las condiciones siguientes prevén más precisamente verificar la disponibilidad de los diferentes elementos del vehículo que participan en la proporción de energía eléctrica:

- los calculadores del vehículo indican la ausencia de mal funcionamiento de la máquina eléctrica 13, del convertidor continua-alterna 24, del convertidor continua-continua 24, de las baterías 22, 26, de los captores, y, de manera general, del conjunto de los sistemas eléctricos del vehículo; y
- las temperaturas de los sistemas eléctricos son compatibles con una carga de la batería de potencia 22, no estando esta solicitada por otra parte.

Cuando tiene lugar un cambio de relación, el árbol motor 14 está desolidarizado del árbol de entrada 17 de la cadena de transmisión 18. La aceleración angular ω_{MOT} del árbol motor 14 se obtiene entonces por la relación siguiente:

$$\left(I_{vol} + \frac{I_{emb}}{2} \right) \omega_{MOT} = C_{MT} + C_{ME} \quad (1)$$

En la que I_{vol} representa la inercia del motor térmico 11 y I_{emb} la inercia del embrague 16.

Para un motor térmico 11 no alimentado con carburante, el par C_{MT} proporcionado es resistivo y sensiblemente constante cualquiera que sea la velocidad angular ω_{MOT} del árbol motor 14. Para un motor Diesel, el par resistivo es por ejemplo de aproximadamente -28 Nm. El par de asistencia C_{ME} de la máquina eléctrica 13 es sensiblemente igual a:

$$C_{ME} = P_{ME} / \omega_{MOT} \quad (2)$$

En la que P_{ME} es la potencia recibida o proporcionada por la máquina eléctrica 13.

La figura 2 representa las curvas de evolución de la aceleración angular ω_{MOT} del árbol motor 14 en función de la velocidad angular ω_{MOT} del árbol motor 14 para diferentes valores del par de asistencia C_{ME} de la máquina eléctrica 13.

La curva P_{MEMAX} representa la aceleración angular ω_{MOT} del árbol motor 14 para un par de asistencia positivo máximo, es decir que tiende a un aumento de la velocidad angular ω_{MOT} del árbol motor 14, correspondiente a una potencia máxima proporcionada por la máquina eléctrica 13. La curva P_{MENULL} representa la aceleración angular del árbol motor para un par de asistencia nulo. La curva P_{MEMIN} representa la aceleración angular del árbol motor para un par de asistencia mínimo, es decir para un par resistivo máximo del mismo signo que el par resistivo C_{MT} del motor térmico 11, correspondiente a una potencia máxima recibida por la máquina eléctrica 13.

Tres zonas I, II, III pueden ser delimitadas en la figura 2:

- la zona I corresponde a unas velocidades angulares ω_{MOT} del árbol motor que varían por ejemplo entre 500 a 1500 r.p.m.⁻¹ aproximadamente. El par resistivo proporcionado por la máquina eléctrica 13 puede ser relativamente elevado y podría, a bajas velocidades angulares, hacer calar el motor térmico 11, lo que perjudicaría considerablemente el agrado de conducción. Además, a dichas velocidades de rotación, la alimentación del motor térmico 11 con carburante no es generalmente completamente interrumpida de manera que se regule correctamente la velocidad de rotación del árbol motor 14 alrededor de una consigna de relenti. Es por tanto poco interesante desde un punto de vista energético efectuar una recuperación de energía en dicha zona. La función de recuperación de energía es por tanto inhibida para unas velocidades angulares ω_{MOT} del árbol motor 14 inferiores a 1500 r.p.m.⁻¹, lo que corresponde a $|C_{ME}| \leq (\text{a precisar}) |C_{MT}|$;
- la zona II corresponde a las velocidades angulares del árbol motor 14 que varían de aproximadamente 1500 a 3500 r.p.m.⁻¹. En esta zona, la alimentación de carburante del motor térmico 11 es sistemáticamente interrumpida durante un cambio de relación. La máquina eléctrica 13 puede por tanto extraer energía y asegurar la recarga "gratuita" de la batería de potencia 22. Además, en esta zona, los pares resistivos desarrollados por la máquina eléctrica 13 son aún suficientes para tener una incidencia sobre la caída de la velocidad de rotación ω_{MOT} del árbol motor 14 cuando tiene lugar un cambio de relación. La máquina eléctrica 13 puede por tanto participar activamente en el control de la velocidad angular ω_{MOT} del árbol motor 14 para mejorar el agrado de la conducción; y
- la zona III corresponde a unas velocidades angulares ω_{MOT} del árbol motor superiores a 3500 r.p.m.⁻¹. En esta zona, los pares resistivos desarrollados por la máquina eléctrica 13 son poco significativos para hacer evolucionar la velocidad angular ω_{MOT} del árbol motor 14. La prestación de recuperación de energía no puede por tanto participar de forma significativa en el agrado de la conducción. En contrapartida, desde un punto de vista energético, la máquina eléctrica 13 puede continuar extrayendo energía y asegurar la recarga de la batería de potencia 22 de la misma manera que en la zona II.

El umbral de velocidad angular que separa las zonas I y II depende esencialmente de las características del motor térmico 11. Puede ser definido por una histéresis y por tanto ser diferente según que la velocidad angular del árbol motor es creciente o decreciente.

- 5 Integrando la ecuación (1), la evolución de la velocidad angular ω_{MOT} del árbol motor 14 durante un cambio de relación se expresa según la ecuación siguiente:

$$-\left(I_{\text{vol}} + \frac{I_{\text{emb}}}{2}\right) \frac{\omega_{\text{mot}}}{C_{\text{MT}}} + \left(I_{\text{vol}} + \frac{I_{\text{emb}}}{2}\right) \frac{P_{\text{ME}} \ln(C_{\text{MT}} \omega_{\text{mot}} + P_{\text{ME}})}{C_{\text{MT}}^2} + t = \text{constante} \quad (3)$$

10

Es importante observar que la energía recuperada cuando tiene lugar un único cambio de relación es pequeña dada la corta duración del cambio de relación. En efecto, considerando que la máquina eléctrica 13 puede extraer como máximo una potencia de 4 kW, y sabiendo que la duración media de un cambio de relación ascendente es del orden de 0,5 s, en el mejor caso, la máquina eléctrica 13 sólo puede recuperar 2 kJ. Esto corresponde a aproximadamente 0,1% del estado de carga para una batería de potencia 22 cuyas características a plena carga son de 2300 kJ y de 9 kW. Sin embargo, siendo los cambios de relación ascendente de forma general numerosos cuando tiene lugar la conducción de un vehículo por un recorrido clásico, la ganancia energética total puede ser consecuente. Por ejemplo, para 30 cambios de relación ascendente, lo que corresponde al número medio de relaciones en un recorrido clásico utilizado para la homologación de vehículos, se puede obtener aproximadamente 3% de carga suplementaria para la batería de potencia 22.

El procedimiento según la invención consiste a partir de una velocidad angular inicial ω_{INI} conocida de árbol motor 14, llegar a una velocidad angular final ω_{OBJ} del árbol motor 14 en una duración T_{MAX} , haciendo al mismo tiempo máxima la energía recuperada por la máquina eléctrica 13. La duración T_{MAX} corresponde a la duración teórica del cambio de relación al final del cual el árbol motor 14 y el árbol de entrada 17 de la cadena de transmisión 18 están de nuevo solidarizados. La velocidad angular final ω_{OBJ} del árbol motor 14 corresponde a la velocidad angular de sincronización óptima, es decir a la velocidad angular que permite asegurar una solidarización del árbol motor 14 con el árbol de entrada 17 de la cadena de transmisión 18 en unas condiciones óptimas al final de la duración T_{MAX} . La velocidad angular final ω_{OBJ} depende de la velocidad angular inicial ω_{INI} del árbol motor 14, del cambio de relación efectuado y de parámetros tales como la aceleración del vehículo. Los valores posibles de la velocidad angular final ω_{OBJ} son almacenados en una zona de memoria de uno de los calculadores del vehículo 10.

El mando de la velocidad angular del árbol motor puede entonces ser definido por el sistema de ecuaciones siguiente:

$$\begin{cases} \min\left(\int_0^{T_{\text{MAX}}} P_{\text{ME}} dt\right) \text{ con } P_{\text{MEMIN}} \leq P_{\text{ME}} \leq P_{\text{MEMAX}} \\ \omega(T_{\text{MAX}}) = \omega_{\text{OBJ}} \end{cases} \quad (4)$$

40

Para una caja de velocidades manual pilotada o una caja automática, la duración de un cambio de relación T_{MAX} es conocida de antemano. Sin embargo, para una caja de velocidades manual, la duración T_{MAX} no es conocida para una relación y una velocidad angular inicial ω_{INI} dadas. En efecto, el conductor puede efectuar un cambio de relación según unas duraciones diferentes para una misma relación y una misma velocidad angular inicial ω_{INI} . La duración T_{MAX} puede entonces ser determinada como se detalla a continuación. Los valores posibles de las duraciones T_{MAX} son almacenados en una zona de memoria de uno de los calculadores del vehículo.

La figura 3 representa la evolución de la velocidad angular ω_{MOT} del árbol motor 14 en función del tiempo para dos ejemplos de realización del procedimiento de mando de la máquina eléctrica 13 según la invención. La velocidad angular inicial ω_{INI} es, a título de ejemplo, fijada a 3000 r.p.m.⁻¹. La velocidad angular final ω_{OBJ} es fijada a 1800 r.p.m.⁻¹. Para la relación ascendente considerada, la cartografía indica que la duración T_{MAX} es de 0,57 s. La curva P'_{MEMAX} indica la evolución de la velocidad angular ω_{MOT} del árbol motor 14 cuando la máquina eléctrica 13 proporciona un par de asistencia positivo correspondiente a una potencia proporcionada máxima. La curva P'_{MENULL} indica la evolución de la velocidad angular ω_{MOT} del árbol motor 14 cuando la máquina eléctrica 13 no proporciona par de asistencia. La curva P'_{MEMIN} representa la evolución de la velocidad angular ω_{MOT} del árbol motor 14 cuando la máquina eléctrica 13 proporciona un par resistivo correspondiente a una potencia recibida máxima.

Según un primer ejemplo de realización, hasta el instante t_1 la máquina eléctrica 13 es mandada para proporcionar un par de asistencia negativo correspondiente a una potencia recibida máxima, lo que provoca una fuerte caída de la velocidad angular ω_{MOT} del árbol del motor 14. La velocidad angular ω_{MOT} sigue por tanto una porción de la curva P'_{MEMIN} . Después del instante t_1 al instante t_{MAX} , la máquina eléctrica 13 no proporciona ya par de asistencia. La velocidad angular ω_{MOT} cae entonces más suavemente hasta la velocidad angular final ω_{OBJ} sobre una porción de la curva 40 paralela a la curva P'_{MENULL} .

65

Según un segundo ejemplo de realización de la invención, hasta el instante t_2 , la máquina eléctrica 13 proporciona un par de asistencia resistivo correspondiente a una potencia recibida máxima. La velocidad angular ω_{MOT} del árbol

motor 14 sigue por tanto una porción de la curva P'_{MEMIN} . A continuación, hasta el instante t_{MAX} . La máquina eléctrica 13 proporciona un par de asistencia positivo correspondiente a una potencia proporcionada máxima. La velocidad angular ω_{MOT} cae entonces muy débilmente hasta la velocidad angular final ω_{OBJ} según una porción de curva 42 paralela a la curva P'_{MEMAX} .

El segundo ejemplo de realización corresponde al mando óptimo que puede ser aplicado a la máquina eléctrica 13 para obtener una recuperación de energía optima. Sin embargo, esto supone que entre los instantes t_2 y T_{MAX} la máquina eléctrica 13 aplica un par positivo sobre el árbol motor 14. Esto puede implicar unos esfuerzos de funcionamiento importantes a fin de responder a las exigencias de seguridad de funcionamiento de la máquina eléctrica 13.

El primer ejemplo de realización del procedimiento según la invención corresponde a un mando de la máquina eléctrica 13 que no es totalmente óptimo en términos de recuperación de energía pero que resulta totalmente satisfactorio. Además, no proporcionando la máquina eléctrica 13 par positivo, el primer ejemplo de realización del procedimiento de mando es más robusto que el segundo ejemplo de realización en términos de seguridad de funcionamiento y puede ser utilizado más simplemente.

Para los dos ejemplo de realización, los instantes t_1 y t_2 pueden ser predeterminados y almacenados en memoria y depender de la velocidad angular inicial ω_{INI} y de la duración T_{MAX} .

La duración T_{MAX} es el parámetro de calibrado más importante de la presente regulación. La variación de T_{MAX} está muy ligada a las velocidades angulares ω_{INI} y ω_{OBJ} . Para simplificar el cálculo de la duración T_{MAX} , se puede suponer que el par C_{ME} proporcionado por la máquina eléctrica 13 es lineal en función de la velocidad angular del árbol motor 14 y sigue una ley del tipo:

$$C_{ME} = K_1 \omega_{MOT} + K_2 \quad (5)$$

En la que los coeficiente K_1 y K_2 se obtienen por aproximación lineal.

Se obtiene la expresión:

$$T_{MAX} = \frac{\left(I_{vol} + \frac{I_{emb}}{2} \right) \ln \left(\frac{\omega_{OBJ} K_1 + C_{MT} + K_2}{C_{MT} + K_2 + \omega_{INI} K_1} \right)}{K_1} \quad (6)$$

La figura 4 representa unos ejemplos de evolución de la duración T_{MAX} en función de la velocidad angular inicial ω_{INI} del árbol motor 14 para diferentes cambios de relación. Las curvas 1-2, 2-3, 3-4 y 4-5 representan respectivamente los cambios de relación entre la primera y segunda, segunda y tercera, tercera y cuarta, y cuarta y quinta relaciones de la caja de velocidades.

En el caso en que la caja de velocidades es una caja de velocidades pilotada o una caja automática, puede obtenerse un control óptimo puesto que el embrague es pilotado de forma automática.

Según una variante de la presente invención, la utilización de una máquina eléctrica más potente puede permitir un seguimiento perfecto de la deceleración del régimen motor.

Desde luego, la presente invención es susceptible de diversas variantes y modificaciones que aparecerán al experto en la materia. En particular, los diferentes calculadores podrían ser agrupados en un calculador único.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de recuperación de energía para vehículo híbrido de serie (10) cuando tiene lugar un cambio de relación de una caja de velocidades de una relación de reducción inicial a una relación de reducción final inferior a la relación inicial, siendo el árbol de entrada (17) de la caja de velocidades arrastrado por un árbol motor 14 de un motor térmico (11) cuando una relación de reducción es acoplada estando desolidarizado de dicho árbol motor durante el cambio de relación, estando una máquina eléctrica (13) acoplada sobre el árbol motor y proporcionando un par de asistencia (C_{ME}) a dicho árbol motor, **caracterizado** porque comprende las etapas siguientes:
- 10 - verificar que son cumplidas unas condiciones de validación;
- determinar una velocidad angular final teórica (ω_{OBJ}) del árbol motor en función de la velocidad angular inicial (ω_{INT}) del árbol motor que precede al cambio de relación y de la relación de reducción final;
- 15 - determinar una duración teórica (T_{MAX}) de cambio de relación en función de la velocidad angular final teórica y de la velocidad angular inicial;
- 20 - mandar la máquina eléctrica para aplicar sobre el árbol motor un primer par de asistencia de frenado por una duración determinada que depende de la duración teórica, de la velocidad angular final teórica y de la velocidad angular inicial; y
- mandar la máquina eléctrica para aplicar sobre el árbol motor un segundo par de asistencia diferente al primer par de asistencia hasta el final de la duración teórica.
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el cual el primer par de asistencia de frenado corresponde a la potencia máxima que puede ser recibida por la máquina eléctrica (13).
3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el cual el segundo par de asistencia es nulo.
- 30 4. Procedimiento según la reivindicación 1, en el cual el segundo par de asistencia es igual a un par positivo de arrastre de árbol motor (14) que corresponde a la potencia máxima que puede ser proporcionada por la máquina eléctrica (13).
- 35 5. Procedimiento según la reivindicación 1, en el cual una de las condiciones de validación es que la velocidad angular (ω_{MOT}) del árbol motor 14 es superior a un umbral determinado.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el cual dicho umbral es diferente según que la velocidad angular (ω_{MOT}) de árbol motor (14) es creciente o decreciente.
- 40 7. Procedimiento según la reivindicación 1, en el cual una de las condiciones de validación es que la aceleración del vehículo (10) es superior a una aceleración determinada.
8. Procedimiento según la reivindicación 1, en el cual una de las condiciones de validación es que la alimentación de carburante del motor térmico (11) esté parada.
- 45 9. Dispositivo de mando de una máquina eléctrica (13) que equipa un vehículo híbrido de serie (10) que comprende un motor térmico (11) que arrastra un árbol motor (14) acoplado a un árbol de entrada (17) de una caja de velocidades y un embrague (16) adaptado para desolidarizar dicho árbol motor (14) de dicho árbol de entrada (17) cuando tiene lugar un cambio de relación de la velocidad de velocidades de una relación de reducción inicial a una relación de reducción final, estando dicha máquina eléctrica acoplada sobre el árbol motor y proporcionando un par de asistencia (C_{ME}) a dicho árbol motor, **caracterizado** porque comprende unos medios para determinar el inicio de un paso de la relación inicial a una relación final inferior a la relación inicial, unos medios para determinar una velocidad angular final teórica (ω_{OBJ}) del árbol motor (14) en función de la velocidad angular inicial (ω_{INT}) del árbol motor (14) antes del cambio de relación y de la relación de reducción final, unos medios para determinar una duración teórica (T_{max}) antes del cambio de relación en función de la velocidad angular final teórica y de la velocidad angular inicial, y unos medios para proporcionar sucesivamente a la máquina eléctrica una primera consigna de par de asistencia de frenado durante una duración determinada que depende de la duración teórica, de la velocidad angular final teórica y de la velocidad angular inicial, y una segunda consigna de par de asistencia hasta el final de la duración teórica.

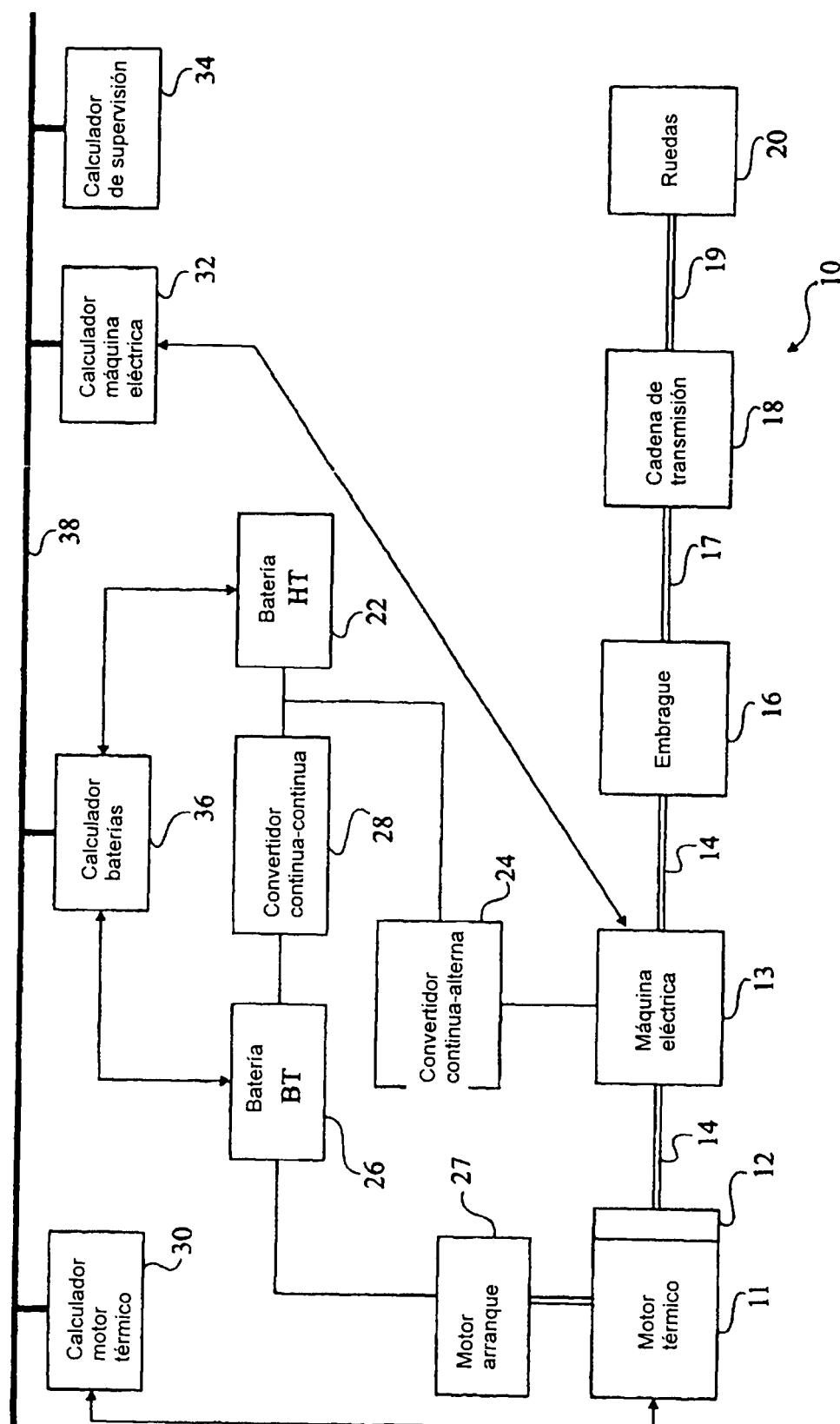


Fig 1

