

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 654**

51 Int. Cl.:
B60L 11/12 (2006.01)
B60L 7/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **98121925 .6**
- 96 Fecha de presentación: **18.11.1998**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **0917982**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.05.1999**

54 Título: **Vehículo eléctrico híbrido con accionamiento del motor de tracción distribuido entre la batería y la fuente auxiliar dependiendo del estado de carga de la batería**

30 Prioridad:
21.11.1997 US 66736
20.03.1998 US 44671

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
17.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
17.10.2012

73 Titular/es:
BAE SYSTEMS CONTROLS, INC.
600 MAIN STREET
JOHNSON CITY, NY 13790, US

72 Inventor/es:
Lyons, Arthur Paull y
Grewe, Timothy Michael

74 Agente/Representante:
Ungría López, Javier

ES 2 388 654 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

Vehículo eléctrico híbrido con accionamiento del motor de tracción distribuido entre la batería y la fuente auxiliar dependiendo del estado de carga de la batería

5 Esta invención se refiere a un aparato y un método para hacer que el funcionamiento y las características de funcionamiento de los vehículos eléctricos híbridos sean sencillas y eficaces.

10 Los vehículos eléctricos híbridos están considerados mayoritariamente como uno de los vehículos poco contaminantes más prácticos. Un vehículo eléctrico híbrido incluye una batería de "tracción" eléctrica que proporciona energía eléctrica para un motor eléctrico de tracción, que a su vez acciona las ruedas del vehículo. El aspecto "híbrido" de un vehículo eléctrico híbrido se encuentra en el uso de una fuente secundaria o suplementaria de energía eléctrica para recargar la batería de tracción durante el funcionamiento del vehículo. Esta fuente secundaria de energía eléctrica puede ser paneles solares, una celda de combustible, un generador accionado por un motor de combustión interna o, en general, cualquier otra fuente de energía eléctrica. Cuando un motor de combustión interna se usa como la fuente secundaria de energía eléctrica, este es habitualmente un motor relativamente pequeño que usa poco combustible, y produce poca contaminación. Una ventaja concomitante es que un pequeño motor de combustión interna como este puede hacerse funcionar dentro de un intervalo limitado de RPM, de manera que pueden optimizarse los controles de contaminación del motor. Las expresiones "primaria" y "secundaria", cuando se usan para describir las fuentes de energía eléctrica, se refieren simplemente a la manera en que la energía se distribuye durante el funcionamiento, y no son de importancia fundamental para la invención. Un vehículo simple accionado eléctricamente, alimentado solo por baterías eléctricas, tiene las desventajas de que las baterías pueden llegar a agotarse mientras el vehículo está lejos de una estación de carga de baterías, e incluso cuando un vehículo como este regresa con éxito a su garaje después de un día de uso, las baterías deben recargarse a continuación. El vehículo eléctrico híbrido tiene la ventaja significativa sobre un vehículo simple alimentado eléctricamente de que el vehículo eléctrico híbrido recarga sus propias baterías durante el funcionamiento, y así no debe, generalmente, requerir ninguna carga externa de la batería. Por lo tanto, el vehículo eléctrico híbrido se puede usar de manera muy similar a un vehículo común alimentado por motores de combustión interna, requiriendo solo la reposición del combustible. Otra ventaja importante del vehículo eléctrico híbrido es su buen rendimiento de combustible. La ventaja en rendimiento de combustible surge del uso del frenado dinámico regenerativo, que convierte la energía cinética de movimiento en energía eléctrica durante al menos una parte del frenado, y devuelve la energía a la batería. Se ha descubierto que las pérdidas de frenado representan aproximadamente la mitad de todas las pérdidas por fricción experimentadas por un vehículo en un marco de tránsito urbano. La recuperación de este 50% de energía, y su retorno a las baterías para su uso posterior, permite el uso de un generador eléctrico "secundario" accionado por combustible, mucho más pequeña de lo que sería el caso si no se usaran frenos regenerativos. A su vez, la fuente eléctrica secundaria más pequeña da como resultado un gasto de combustible menor por unidad de tiempo, o por kilómetro. Otra ventaja más de un vehículo eléctrico híbrido es que, en muchas condiciones, la potencia que está disponible para acelerar el vehículo es la suma de la potencia máxima que puede suministrarse por las baterías más la potencia máxima que puede generarse por el generador eléctrico secundario. Cuando el generador eléctrico es un motor de combustión interna alimentado por diesel, la combinación de la potencia de la batería y la potencia del diesel puede dar como resultado una fuerza motriz total que es bastante considerable, a pesar del buen rendimiento de combustible.

35 La solicitud de patente europea EP 0 782 941 A1 desvela un método de control para un vehículo híbrido que se impulsa exclusivamente con la energía de una batería en un intervalo de bajo rendimiento, que se impulsa exclusivamente con la energía de un grupo generador en un intervalo de rendimiento medio, y que se impulsa con la energía de la batería y el grupo generador en un intervalo de alto rendimiento.

40 El documento EP 0 645 278 A1 desvela la comparación del voltaje de la batería con un valor predeterminado. En el caso de que el voltaje de la batería sea menor que el valor predeterminado se distingue un estado de carga de la batería. La salida del generador se controla en base a una salida del motor en caso de que el estado de carga muestre al menos un 70%. De otro modo, la salida del generador se controla a un valor relativamente alto y se limita la salida del motor. Cuando el estado de carga se restaura a más del 75%, la salida del generador se controla en base a la salida del motor. Cuando el voltaje de la batería es al menos un valor predeterminado, se realiza un control de marcha lenta de un motor.

45 Aunque los vehículos eléctricos híbridos son ventajosos económica y ambientalmente, estos deben ser algo "infalible", en que deben ser similares a los vehículos alimentados por combustión interna convencionales, en su funcionamiento y en sus respuestas a la entrada del operador, con el fin de lograr una aceptación generalizada.

50 De acuerdo con un aspecto de la invención, un método para hacer funcionar un vehículo eléctrico híbrido que obtiene al menos parte de su esfuerzo de tracción desde una fuente auxiliar incluye la etapa de, en los modos de funcionamiento del vehículo diferentes de un estado de frenado, proporcionar energía a un motor de tracción desde una fuente auxiliar, y proporcionar también, desde las baterías, la diferencia entre la demanda de potencia de tracción y el suministro desde la fuente auxiliar, hasta la capacidad máxima de las baterías, cuando las baterías están en un estado de carga que se encuentra entre un primer estado de carga y la carga completa. El primer estado de carga es, por supuesto, menor que el estado de carga completa. En el método de acuerdo con este aspecto de la invención, en los modos de funcionamiento del vehículo diferentes de un estado de frenado, el motor de tracción se provee de energía solo desde la fuente auxiliar, cuando las baterías están en un segundo estado de carga, lo que representa sustancialmente un estado de descarga de las baterías. En los modos de funcionamiento

del vehículo diferentes de un estado de frenado, se proporciona energía al motor de tracción desde la fuente auxiliar, y también se alimenta con energía desde las baterías, en una cantidad menor que la capacidad total de las baterías, cuando las baterías están en un estado de carga que se encuentra entre el estado de descarga y el primer estado de carga.

5 En una variante de este aspecto de la invención, un método para hacer funcionar un vehículo eléctrico híbrido que obtiene al menos parte de su esfuerzo de tracción desde una fuente auxiliar, incluye la etapa de, en los modos de funcionamiento del vehículo diferentes de un estado de frenado, proporcionar energía a un motor de tracción desde una fuente de energía eléctrica auxiliar, y proporcionar también al motor de tracción, desde las baterías, y hasta la capacidad máxima de las baterías, la diferencia entre la demanda de potencia de tracción y el suministro desde la

10 fuente auxiliar, cuando las baterías están en un estado de carga que se encuentra entre la carga completa y un primer estado de carga menor que la carga completa. Otras etapas de acuerdo con esta variante del aspecto de la invención incluyen (a) en los modos de funcionamiento del vehículo diferentes de un estado de frenado, proporcionar energía al motor de tracción solo desde la fuente auxiliar, cuando las baterías están en un segundo estado de carga, segundo estado de carga que representa sustancialmente un estado de descarga de las baterías, y (b) en los modos

15 de funcionamiento del vehículo diferentes de un estado de frenado, proporcionar energía al motor de tracción desde la fuente auxiliar, y también suministrar energía al motor de tracción desde las baterías, en una cantidad que está aproximadamente en la misma proporción a la capacidad total de las baterías que lo está la cantidad de carga en las baterías en relación con la carga completa.

20 La figura 1 es un diagrama de bloques simplificado de un vehículo eléctrico de acuerdo con un aspecto de la invención, que incluye un controlador de órdenes que realiza el control de acuerdo con la invención, y que incluye también un controlador de potencia;

La figura 2 es un diagrama de bloques simplificado que ilustra algunas de las funciones realizadas dentro del controlador de potencia de la figura 1;

25 Las figuras 3a y 3b son representaciones gráficas simplificadas de regeneración de energía a la batería de tracción frente al estado de carga de la batería de tracción, y tracción debida a la regeneración frente al estado de carga de la batería de tracción, respectivamente;

La figura 4 es un diagrama de flujo simplificado que ilustra el flujo lógico en el controlador de órdenes de las figuras 1 y 2 para proporcionar las operaciones ilustradas en las figuras 3a y 3b;

30 La figura 5 ilustra una representación gráfica simplificada de la distribución del suministro de potencia de tracción al motor de tracción del vehículo de la figura 1, como una función de carga de la batería de tracción;

La figura 6 es un diagrama de flujo simplificado que ilustra el flujo lógico en el controlador de órdenes de las figuras 1 y 2 para proporcionar las operaciones ilustradas en la figura 5;

35 La figura 7a es una representación gráfica de potencia de motor o generador frente a velocidad con par como un parámetro, y la figura 7b es una representación de cómo se controla la potencia del motor/generador; y

La figura 8 es un diagrama de bloques simplificado que ilustra algunos circuitos o dispositivos de control para controlar la cantidad de energía eléctrica generada por la fuente de energía auxiliar en respuesta al estado de carga de la batería de tracción.

40 En la figura 1, un vehículo 10 eléctrico incluye al menos una rueda 12 de accionamiento conectada a un motor 40 de tracción eléctrica de tensión alterna, que en una realización de la invención es un motor trifásico de corriente alterna. El motor 40 es preferentemente un motor-generador, como se conoce, de manera que la energía cinética del movimiento puede traducirse en energía eléctrica durante el frenado dinámico. Un controlador 14 de potencia se conecta por unas rutas de manipulación de potencia al motor 40 de tracción, a una batería de tracción ilustrada

45 como 20, y a una fuente auxiliar de energía eléctrica ilustrada como un bloque 16. Como se ilustra en el bloque 16, la fuente auxiliar puede incluir un motor de combustión interna, tal como un motor 18 diesel que acciona un generador 22 eléctrico, o puede incluir una celda 24 de combustible. Un controlador de órdenes ilustrado como un bloque 50 se conecta por medio de rutas de información al controlador 14 de potencia, a la fuente 16 auxiliar, y al motor 40 de tracción, para controlar el funcionamiento del controlador 14 de potencia, la fuente 16 auxiliar, y el motor

50 40 de tracción de acuerdo con las leyes de control apropiadas.

Uno de los tipos de baterías más comunes y menos costosos que es capaz de almacenar energía relativamente alta incluye la batería de plomo/H₂SO₄ común. Este tipo de batería es adecuada para su uso en un vehículo eléctrico, si se tiene algún cuidado para evitar la aplicación de una corriente de carga a la misma cuando la batería está en carga

55 completa, para evitar la gasificación del electrolito y la generación de calor no deseado, y si puede evitarse la sulfatación.

En la figura 1, los indicadores y controles del operador del vehículo 10 se ilustran como un bloque 30. El bloque 30 se ilustra como estando conectado por una ruta 31 de datos bidireccional al bloque 50 de control de órdenes, para aplicar las órdenes de accionamiento al controlador 50 de órdenes, controlador 50 de órdenes que puede convertir a continuación en órdenes apropiadas para los diversos elementos de potencia, tales como el controlador 14 de potencia, la fuente 16 auxiliar, y el motor 40 de tracción. El bloque 30 también se ilustra como estando conectado por una ruta 32 a los frenos 36a y 36b de fricción, para el control directo de los frenos de fricción mediante un sistema de frenado hidráulico convencional conectado a un pedal de freno.

65

La figura 2 representa la interconexión de algunos de los elementos del controlador 14 de potencia de la figura 1 con otros elementos de la figura 1. Más particularmente, el controlador 14 de potencia incluye una disposición 26 del rectificador conectada a la fuente 16 auxiliar, para (si es necesario) convertir la salida de corriente alterna de la fuente 16 auxiliar en tensión continua. El controlador 14 de potencia también incluye un sistema de control de propulsión bidireccional, que además incluye un inversor 28 de CC a CA acoplado mediante conexiones eléctricas a la batería 20, a la disposición 26 del rectificador, y al motor 40 de tracción. Las operaciones del inversor 28, la fuente 16 auxiliar, y el motor 40 de tracción están controladas, como se ha mencionado anteriormente, por el controlador 50 de órdenes. Cabe señalar que, además del inversor 28 de CC a CA, el sistema de control de propulsión incluye sensores de voltaje y corriente, para detectar los diversos parámetros de funcionamiento del motor/generador, la batería, y la fuente eléctrica auxiliar.

En el funcionamiento básico de la disposición de las figuras 1 y 2, el controlador (50) de órdenes controla los interruptores individuales (no ilustrados) del inversor 28 con órdenes moduladas por ancho de pulso, que dan como resultado la generación, en ese puerto 28m del inversor 28 que está acoplado al motor 40 de tracción, de una aproximación de una tensión alterna que tiene una frecuencia y magnitud seleccionadas. En una realización preferida de la invención, el inversor es un tipo de control de campo orientado (FOC), y el motor de tracción es de manera similar un motor de inducción FOC. La frecuencia y la magnitud del accionamiento de corriente alterna ordenada al motor 40 de tracción se seleccionan para accionar el motor con una corriente de tracción seleccionada en una velocidad de motor seleccionada. En general, el motor 40 de tracción produce una fuerza electromotriz EMF que aumenta con la velocidad creciente del motor, y el inversor debe producir (bajo el control del controlador 50 de órdenes) una tensión alterna que aumenta en magnitud con la frecuencia creciente de tensión alterna con el fin de mantener la misma corriente de accionamiento del motor de tracción. El motor gira a una frecuencia consistente con la frecuencia ordenada de la salida del inversor. También en un funcionamiento básico de un vehículo eléctrico tal como el de las figuras 1 y 2, se puede realizar tanto el frenado dinámico como el frenado de fricción. El frenado dinámico es mucho más preferido, puesto que se recupera la energía (cinética) inherente al movimiento del vehículo, por el funcionamiento del motor de tracción como un generador eléctrico, a medida que el vehículo desacelera. Durante aquellos intervalos en los que se produce el frenado dinámico, el inversor 28 de CC a CA de la figura 2, que funciona en una dirección segunda o de regeneración, convierte la tensión alterna producida por el motor 40 de tracción en una tensión continua que carga la batería 20 de tracción. Además, cuando el vehículo eléctrico es un vehículo eléctrico híbrido, que incluye la fuente 16 eléctrica auxiliar, la fuente auxiliar puede hacerse funcionar durante el funcionamiento del vehículo para reponer las baterías, y o para proporcionar parte de la energía de tracción, dependiendo de las órdenes del controlador 50 de órdenes.

Se ha observado que, cuando un vehículo eléctrico se hace funcionar en un modo normal usando el frenado dinámico, y las baterías están completamente cargadas, el frenado dinámico tiende a enviar una corriente de carga a través de la batería ya cargada. Las características de una batería de plomo-ácido son tales que, en esta situación de aplicación de una corriente de carga a una batería completamente cargada, el voltaje de la batería tiende a aumentar notablemente, como desde una batería totalmente cargada, con un valor sin corriente de 13 voltios, en una batería nominal de 12 voltios, a aproximadamente 16 voltios, proporcionando de este modo una indicación para el controlador de órdenes de que se está produciendo una condición de sobrecarga. Si el controlador de órdenes desconecta la energía generada por el frenado dinámico de la batería, como se debe con el fin de proteger la batería, el voltaje de la batería cae inmediatamente a su valor sin corriente de carga completa. Esto, a su vez, permite que el controlador de frenado dinámico comience una vez más a proporcionar energía a la batería hasta que tenga efecto el control de sobretensión. Esto da como resultado la aplicación periódica del frenado dinámico a una frecuencia de pulso establecida por las características de bucle del controlador de órdenes, y produce una vibración de frenado perceptible, así como la tendencia a sobrecargar la batería durante las partes del intervalo de pulso. No son deseables ni la sobrecarga ni la vibración.

Las figuras 3a y 3b ilustran de manera conjunta una ley de control de acuerdo con un aspecto de la invención, que permite la regeneración o retorno completo a las baterías de tracción de la energía derivada del frenado dinámico durante aquellos intervalos en los que las baterías de tracción están en un estado de carga menor que una cantidad específica de carga, en los que la cantidad específica de carga es menor que la carga completa, y en los que, en niveles de carga de la batería de tracción que se encuentran entre la carga específica y la carga completa, disminuye la proporción de la energía regenerada derivada del frenado dinámico, de una manera que es una reacción o una función del estado de carga entonces existente con relación a la diferencia en la carga entre la carga específica y la carga completa. En una realización de la invención, la relación es monótona, y la relación puede ser lineal. En la figura 3a, la representación gráfica 310 representa la cantidad de la regeneración como una función del estado de carga de la batería de tracción, en virtud de una ley de control de acuerdo con un aspecto de la invención. Más particularmente, la representación gráfica 310 define una parte 312, que es constante en un valor de regeneración de frenado dinámico que representa el 100% de regeneración, o tan cercano al 100% como sea convenientemente posible. A carga completa, la cantidad de regeneración de la energía derivada del frenado dinámico se reduce casi a cero, o tan cerca a cero como sea convenientemente posible. La ley de control representada por la representación gráfica 310 incluye además una parte 314 segunda, que desciende monótonamente desde el 100% de regeneración, en un nivel de carga de batería de tracción predeterminado denominado "primera carga", a una regeneración cero a carga completa de la batería de tracción. El efecto sobre la tracción o el frenado regenerativos del vehículo, como una función de la condición de carga de la batería de tracción,

se ilustra mediante una representación gráfica 320 en la figura 3b. En la figura 3b, la representación gráfica 320 incluye una primera parte 322, que se extiende, en un valor constante que representa la tracción regenerativa máxima, desde bajos niveles de carga al "primer" nivel de carga de la batería de tracción. Una segunda parte 324 de la representación gráfica 320 representa la tracción regenerativa que desciende de manera monótona desde el 100% en el "primer" nivel de carga al 0% a carga completa. Aunque las partes 314 y 324 de las representaciones gráficas 310 y 320, respectivamente, se ilustran como descensos lineales, es suficiente para los propósitos de control que las partes 314 y 324 sean monótonas. Esta reducción monótona en el frenado dinámico no debería ser perceptible para el conductor del automóvil, puesto que el estado de carga de la batería de tracción cambia lentamente, y por tanto la cantidad de frenado regenerativo cambia lentamente. Puesto que el frenado regenerativo cambia lentamente, los frenos de fricción asumen gradualmente cualquier déficit entre el frenado dinámico y la fuerza de frenado deseada. Esto, a su vez, debería reducir la vibración, que es evidente cuando la ley de control protege, simplemente, a la batería de tracción de una sobrecarga, simplemente deteniendo la regeneración cuando las baterías están a carga completa.

La figura 4 es un diagrama de flujo simplificado que ilustra esa parte 400 de las leyes de control que controla el procesador 50 de control de la figura 1 que da como resultado el tipo de realización representada por las figuras 3a y 3b. En la figura 4, la lógica comienza en un bloque 410 de "INICIO", y avanza hacia un bloque 412, que representa el control de los parámetros del paquete (20 de la figura 1) de baterías de tracción, tales como temperatura, voltaje, y corriente, y también la anotación del tiempo. Las muestras de estos parámetros se pueden tomar en intervalos de muestreo frecuentes, tal como en cada iteración de la lógica a través del bucle de la figura 4. Desde el bloque 412 lógico, la lógica fluye hacia un bloque 414, que representa una estimación del estado de carga de la batería de tracción, determinando la cantidad de carga que ha entrado en la batería, y restando la cantidad de carga que ha salido de la batería. La unidad de medida de esta carga es el amperio hora. Una vez que se ha hecho una estimación del estado de carga de la batería de tracción, la lógica fluye hacia un bloque 416 de decisión, que compara el estado estimado actual o en tiempo real de carga de la batería de tracción con el valor predeterminado de carga representado por el nivel de "primera carga" de las figuras 3a y 3b; como se ha mencionado anteriormente, este nivel de carga es menor que la carga completa. Si el bloque 416 de decisión determina que el nivel estimado de carga de la batería de tracción es menor que el primer nivel de carga, la lógica deja el bloque 416 de decisión por la salida SI, y avanza hacia un bloque 418 adicional, que representa el permiso para que se utilice la energía o potencia total de frenado regenerativo. La acción tomada en el bloque 418 puede ser, por ejemplo, el ajuste de la corriente de campo en el motor de tracción (funcionando en su modo de generador) durante el frenado, con el fin de maximizar la salida eléctrica del motor de tracción. Cabe señalar que algunos tipos de motores/generadores no tienen un enrollamiento de campo definido, sino que más bien tienen pluralidades de enrollamientos en los que un enrollamiento tiene su corriente deseada provocada o inducida por una corriente controlada en otro enrollamiento; para los propósitos de la invención, la forma en que la corriente de campo se genera es irrelevante, es suficiente que esta se genere en la cantidad deseada. Desde el bloque 418, la lógica fluye de vuelta hacia el bloque 412 para comenzar otra iteración alrededor del bucle. Cuando el vehículo eléctrico híbrido se acciona en este estado, la batería de tracción a menudo se cargará de manera más completa, debido a la inyección continua de energía (por la acción del motor de combustión interna/generador auxiliar) en el sistema de almacenamiento de energía que incluye la batería de tracción y el movimiento del vehículo.

Finalmente, el estado de carga de la batería de tracción superará el nivel de "primera carga" ilustrado en las figuras 3a y 3b. En ese momento, las iteraciones de la lógica del controlador 50 de la figura 1, alrededor de la parte de su lógica pre-programada representada por el bucle 400 lógico de la figura 4, cambiarán, puesto que el flujo lógico ya no se dirigirá desde la salida SÍ del bloque 416 de decisión, sino que se dirigirá a la salida NO. Desde la salida NO del bloque 416 de decisión, la lógica fluye hacia un bloque 420 adicional, que representa la reducción de la magnitud de la potencia regenerativa disponible en la forma de energía cinética del vehículo, en relación o proporción inversa a la cantidad actual de carga con respecto a la diferencia entre la carga completa y el primer nivel de carga de las figuras 3a y 3b. Por lo tanto, si el estado actual de carga está al 70% de la distancia entre la primera carga y la carga completa, como se ilustra por C_c en las figuras 3a y 3b, la cantidad de la energía de movimiento que está permitido recuperar y acoplar a la batería es del 30%. Cuando el nivel actual de carga alcanza el 100%, la regeneración permisible es del 0%. Como se mencionó anteriormente, el control de acoplamiento de energía o de potencia del motor de tracción que actúa como un generador puede lograrse, simplemente, ajustando la orden de par del accionamiento en un motor de corriente alterna controlado por campo orientado. En una realización verdadera de la invención, el par se reduce proporcionalmente a la velocidad con el fin de controlar la cantidad de potencia producida por el motor que actúa como un generador que se devuelve a la batería de tracción.

Como se ha descrito hasta ahora, la lógica de la figura 4 controla la regeneración de acuerdo con el estado de carga de la batería de tracción. Esto significa que la fuerza retardante que actúa sobre el vehículo por el motor de tracción que actúa como un generador se reduce durante el frenado. Una de las ventajas de un vehículo eléctrico que usa el frenado regenerativo es que los frenos de fricción no están obligados a hacer todo el frenado, y así su diseño y construcción puede ser tal como para aprovecharse del menor uso, como por ejemplo, haciéndolos más ligeros de construcción. Como se ha descrito hasta ahora junto con la lógica de la figura 4, el frenado dinámico se reduce bajo ciertas condiciones de carga de la batería de tracción. Con el fin de proporcionar un frenado adicional durante esos momentos cuando el frenado regenerativo se reduce, de acuerdo con otro aspecto de la invención, la lógica fluye desde el bloque 420 de la figura 4 hacia un bloque 422 adicional, que representa la reducción de la eficacia del

motor de tracción que actúa como un generador. Esta reducción de la eficacia del motor de tracción que actúa como un generador se puede lograr mediante el ajuste, o del deslizamiento o de la corriente en el enrollamiento de campo, o, preferentemente, de ambos. Desde el bloque 422 de la figura 4, la lógica vuelve al bloque 412, para empezar otra iteración "alrededor del bucle" o a través de la lógica 400.

5 Como se ha descrito hasta ahora, la vibración o el funcionamiento irregular resultan de la protección de la batería completamente cargada de carga adicional. Un efecto similar se produce al acelerar con una batería casi descargada. Durante la aceleración del vehículo 10 de la figura 1, tanto la batería 20 de tracción como la fuente 16 eléctrica secundaria o auxiliar (el motor de combustión interna/generador) están disponibles como fuentes de energía eléctrica para el motor 40 de tracción. En consecuencia, el motor 40 de tracción puede proporcionar potencia en una tasa que es la suma de la potencia máxima que puede extraerse de la batería 20 de tracción junto con la potencia máxima que puede proporcionar la fuente 16 auxiliar. Esto es conveniente para el funcionamiento en una ciudad, donde los arranques de la aceleración pueden requerir una potencia significativa. Sin embargo, bajo ciertas condiciones, los controles de protección de la batería de tracción, si estos simplemente dejan de extraer energía de la batería de tracción cuando la batería alcanza un estado de carga que se considera que es un estado de descarga, provocarán también una forma de vibración. Esta forma de vibración se produce si el vehículo está circulando cuesta arriba por un largo período de tiempo, tal como al cruzar la Cordillera Continental. Si la tasa de utilización de la energía al ascender el vehículo a lo largo de la carretera supera la tasa de suministro de energía por la fuente 16 auxiliar, las baterías descargarán continuamente y, finalmente, alcanzarán el nivel de carga considerado como el nivel de "descarga". Si, en ese momento, el controlador de la batería de tracción simplemente desconectara la batería de tracción del circuito del motor de tracción, la cantidad de corriente disponible para el motor de tracción disminuiría de repente hasta el nivel previsto proporcionado por la fuente 16 auxiliar, con un consiguiente cambio brusco en la potencia de tracción, y el vehículo experimentaría una reducción repentina en la velocidad. La eliminación de la descarga de la batería de tracción para el motor de tracción, sin embargo, permite que el voltaje de la batería suba bruscamente a su voltaje sin carga. Si el controlador interpreta este aumento del voltaje como una indicación de que la batería de tracción tiene carga útil, puede volver a conectar la batería de tracción al motor de tracción, proporcionando una vez más de este modo una potencia de tracción adicional desde la batería de tracción, pero provocando que caiga el voltaje de la batería de tracción. Los expertos en la materia reconocerán esto como una condición oscilatoria, que puede provocar que el vehículo "traqueteo" o dé tumbos repetidamente durante el ascenso.

Cabe señalar en este punto que una batería descargada "por completo", en el contexto de una batería de tracción en el que es deseable una vida larga, todavía contiene una carga sustancial, porque la vida de este tipo de baterías se reduce drásticamente si la profundidad de descarga es demasiado grande; por lo tanto una batería descargada para los propósitos de la discusión de los vehículos accionados eléctricamente es una en la que las baterías están en un estado de carga que se considera que es la condición de descarga completa, pero que todavía contiene una carga sustancial. En un vehículo eléctrico híbrido, la fuente de energía auxiliar proporciona energía continuamente, que puede usarse para cargar las baterías de tracción si la demanda de tracción es menor que la salida de la fuente de energía auxiliar. Las leyes de control permiten que tanto la fuente de energía auxiliar como las baterías de tracción proporcionen energía al motor de tracción. Cuando la demanda del motor de tracción supera la salida de la fuente auxiliar, la corriente se extrae de la batería de tracción, lo que provoca que caiga su voltaje. Si la batería de tracción está próxima a una condición de descarga completa, la caída de voltaje debida a esta extracción de corriente puede ser tal como para activar la protección de la batería, deteniendo la pérdida de corriente de la batería. La eliminación de la pérdida de corriente por las leyes de control, a su vez, provoca que el vehículo se alimente únicamente por la fuente auxiliar, y permite que se eleve el voltaje de la batería de tracción. Cuando la batería de tracción se eleva, las leyes de control ya no reconocen que la batería se está descargando, y se permite de nuevo la pérdida de corriente de la batería de tracción. El proceso de acoplamiento y desacoplamiento repetido de la batería de tracción al motor de tracción constituye una oscilación del sistema de control. Esta oscilación da como resultado una fuerza de tracción que varía en la tasa de oscilación del sistema de control, y que puede ser perceptible para el operador del vehículo.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, el controlador 50 controla la cantidad de energía que puede extraerse de la batería de tracción en respuesta al estado de carga de la batería de tracción. Esto evita la situación de "traqueteo" descrita anteriormente, y permite un descenso suave en la velocidad con la que el vehículo puede subir una montaña a medida que disminuye la carga de la batería. La figura 5 ilustra una representación gráfica 500 que representa el resultado del control de acuerdo con este aspecto de la invención. En la figura 5, la potencia de tracción disponible para el vehículo se representa gráficamente frente al estado o nivel de carga de la batería de tracción. La representación gráfica 500 incluye una parte 510, que representa la salida continua de la fuente auxiliar de energía o potencia eléctrica, que está a un nivel relativamente bajo. La parte 510 de la representación gráfica se extiende desde un nivel menor que la condición de descarga nominal hacia un nivel de carga designado como "punto bajo de carga", que es la condición de descarga nominal de la batería de tracción. En una zona de funcionamiento representada por la parte 512 de la representación gráfica, la potencia de tracción disponible para el vehículo está en un nivel relativamente alto, representando la suma de la batería y de la potencia auxiliar. Este nivel de potencia máxima representado por la parte 512 de la representación gráfica se extiende desde una condición de carga denominada como "primera carga" a la condición de carga completa. Entre la condición de "carga baja" de la batería de tracción y la condición de "primera carga", la cantidad de potencia de tracción depende del estado de

carga de la batería de tracción, como se sugiere por la parte 514 de la representación gráfica. El efecto de este tipo de control es permitir el funcionamiento a plena potencia de tracción durante un período de tiempo, hasta que la batería de tracción se descarga parcialmente hasta el “primer” nivel. Cuando la batería de tracción cae justo por debajo del primer nivel, la cantidad de potencia de la batería que está disponible para el motor de tracción se reduce ligeramente, en una cantidad que se espera no sea perceptible. Esta ligera disminución en la potencia en un punto justo por debajo del primer nivel de carga de la figura 5 reduce un tanto la tasa de descarga de la batería de tracción. Si la cuesta es larga, la batería de tracción puede descargarse más. A medida que la batería de tracción se va descargando más en la zona entre la condición de carga “baja” y “primera” de la figura 5, una potencia de batería relativamente menor se hace disponible para el motor de tracción, lo que da como resultado una mayor ralentización del vehículo. Para las cuestas más largas, la batería de tracción alcanzará finalmente la condición de carga “baja” que se considera que está nominalmente descargada. Cuando se alcanza este nivel, no se extrae más energía de la batería de tracción, y, en general, el estado de carga de la batería de tracción no se puede extender por debajo del nivel “bajo” de carga en la parte 510 de la representación gráfica, a menos que haya alguna otra pérdida en la batería de tracción, tal como un reemplazo de emergencia de la protección de la batería en condiciones de peligro inminente para el vehículo o sus ocupantes. Con el control como se representa gráficamente en la figura 5, no hay una transición abrupta en potencia de tracción en ningún punto a lo largo de la curva de control. Cuando la carga de la batería está justo por encima del punto “bajo” de carga, y está haciendo la transición a funcionamiento completo desde la fuente eléctrica auxiliar, la cantidad de potencia de tracción proporcionada por la batería de tracción ya es muy pequeña, y la transición debería ser imperceptible para el conductor del vehículo.

La figura 6 es un diagrama de flujo simplificado que ilustra esa parte 600 de la lógica del controlador 50 de la figura 1 que proporciona el control de acuerdo con la representación gráfica 500 de la figura 5. En la figura 6, la lógica comienza en un bloque 610 de INICIO, y avanza hacia un bloque 612, que representa la lectura de las características de la batería, tanto como en el bloque 412 de la figura 4. Desde el bloque 612 de la figura 6, la lógica fluye hacia un bloque 614, que representa la estimación del estado de carga, como también se ha descrito en general en la figura 4.

El bloque 616 de decisión de la figura 6 determina si el estado de la corriente de carga está por encima del “primer” punto de carga de la figura 5, y encamina la lógica a través de la salida SÍ del bloque 616 de decisión si el estado de carga es mayor que el “primer” punto de carga. Desde la salida SÍ del bloque 616 de decisión, la lógica fluye hacia un bloque 618, que representa la realización de la potencia total de tracción disponible para el motor de tracción. Esto se logra eliminando los límites de potencia, como se describe en conjunto con las figuras 7a y 7b, en el software que controla el inversor, señalando que la fuente auxiliar es una única fuente, mientras que la batería y el motor/generador pueden ser fuentes o disipadores, dependiendo del funcionamiento del inversor. Desde el bloque 618, la lógica fluye de vuelta al bloque 612, para comenzar otra iteración a través de la lógica de la figura 6. En general, cuando comienza con una batería de tracción casi totalmente cargada, la lógica iterará alrededor del bucle que incluye los bloques 612, 614, 616, y 618 de la figura 6, durante tanto tiempo como la carga de la batería de tracción supere la carga representada por el “primer” nivel de carga en la figura 5.

En una subida larga, la carga de la batería de tracción puede finalmente caer a igual o menos que el “primer” punto de carga de la figura 5, y en la siguiente iteración a través de la lógica de la figura 6, la lógica 6 saldrá del bloque 616 de decisión por la salida NO, y avanzará hacia un bloque 620. El bloque 620 representa una reducción en la cantidad de potencia disponible para el motor de tracción desde la batería de tracción, en una cantidad que depende de la magnitud de la carga actual de la batería de tracción con respecto a la diferencia en la carga entre los estados “primero” y “bajo” de carga de la figura 5. Por ejemplo, si el nivel en tiempo real de carga de la batería de tracción cae por debajo de la condición “primera” de carga de la figura 5 a un nivel representado en la figura 5 como “carga actual”, que es 9/10 de la distancia entre los niveles de carga representados por los niveles “bajo” y “primero” de carga, el controlador 50 controla que la cantidad de potencia disponible para el motor de tracción desde la batería de tracción sea el 90% del componente suministrado por la batería de la potencia total representada por la parte 512 de la representación gráfica. Dicho de otra manera, puesto que el estado actual de carga indicado en la figura 5 como “carga actual” es el 90% de ese componente de la potencia de tracción total designado como que es atribuible a la batería, la potencia de la batería proporcionada al motor de tracción se reduce al 90% de la potencia de la batería. Naturalmente, no se requiere que la parte 514 de la representación gráfica de la figura 5 sea un descenso lineal como se ilustra, pero el sistema de control se simplifica si la parte 514 de la representación gráfica es por lo menos monótona. Desde el bloque 620 de la figura 6, la lógica fluye hacia un bloque 622 de decisión, que compara la demanda de potencia del motor de tracción con la potencia de la fuente auxiliar de energía eléctrica. Si la demanda de potencia de tracción supera la potencia de la fuente auxiliar de energía eléctrica, las baterías se están descargando, y la lógica deja el bloque 622 de decisión por la salida SI. Desde la salida SI del bloque 622 de decisión, la lógica fluye hacia un bloque 624, que representa el aumento de la potencia disponible desde la fuente auxiliar para su valor máximo. Desde el bloque 624, la lógica fluye hacia un bloque 626 de decisión. El bloque 626 de decisión compara el estado actual de carga de la batería de tracción con el punto “bajo” de carga de la figura 5. Si el estado de carga está por debajo del punto “bajo” de carga, lo que indica que la batería de tracción no debería descargarse más con el fin de evitar daños a la batería de tracción, la lógica deja el bloque 626 de decisión por la salida SI, y avanza hacia un bloque 628 lógico. El bloque 628 representa una limitación de la potencia del motor de tracción, mediante el control FOC, a la cantidad conocida de potencia disponible desde la fuente auxiliar de energía eléctrica, determinada fácilmente como el producto del voltaje multiplicado por la corriente. Desde el bloque 628, la lógica fluye a través de una ruta 630 lógica de vuelta al bloque 612 a través de una ruta 630 lógica, para comenzar

otra iteración a través de la lógica de la figura 6. Si, cuando el bloque 626 de decisión examina el estado de carga de la batería de tracción, el estado actual de la carga es mayor que el punto “bajo” de carga de la figura 5, la lógica deja el bloque 626 de decisión por la salida NO, y avanza a través de la ruta 630 lógica de vuelta al bloque 612, sin pasar por el bloque 628. Por lo tanto, cuando hay carga útil significativa en la batería de tracción, la lógica de la figura 6 permite su uso. Si, durante el tránsito de la lógica a través de la figura 6, el bloque 622 de decisión encuentra que la potencia de tracción no es mayor que la potencia producida por la fuente 16 auxiliar, la lógica deja el bloque 622 de decisión por la salida NO, y avanza a través de la ruta 630 lógica hacia el bloque 612, para comenzar otra iteración; esta ruta evita el aumento de la potencia de la fuente 16 auxiliar al máximo.

La figura 7a ilustra una representación gráfica en forma paramétrica simplificada 710a, 710b, 710c,..., 710N de potencia de motor (o de generador) frente a velocidad. En la figura 7a, las representaciones gráficas 710a, 710b, 710c,..., 710N tienen una parte 712 inclinada en común. La potencia para un motor o generador es el producto del par multiplicado por la velocidad. En consecuencia, a velocidad cero, la potencia es cero, con independencia del par. A medida que aumenta la velocidad a par constante, la potencia aumenta, como se sugiere por la parte 712 de las representaciones gráficas de la figura 7a, hasta una velocidad ω_{base} . Por encima de las frecuencias de ω_{base} el diseño del motor/generador es tal que no puede manejarse más potencia, por razones térmicas o de otro tipo. En consecuencia, a par máximo, la potencia del motor/generador está limitada por las leyes de control del inversor que se encuentran en la representación gráfica 710a. Si el par es un tanto menor que el par máximo, la potencia máxima se logra a una velocidad del motor ligeramente menor que omega sub-base, representada por la representación gráfica 710b. La representación gráfica 710c representa una magnitud del par todavía más baja, y la representación gráfica más baja, 710N, representa el par más bajo que puede sostener el sistema de control cuantificado. El sistema de control limitará el par producido por el motor a un valor límite, dependiendo de la velocidad, para evitar que el motor funcione por encima de los límites de la potencia máxima deseada. La limitación del par-límite se determina simplemente dividiendo la potencia máxima por la velocidad actual del motor

$$\text{par-límite} = P_{\max}/\text{velocidad}$$

y el límite resultante en el par provoca que la representación gráfica de potencia límite en un valor no mayor que el representado en la figura 7a por la representación gráfica 710a y la parte 712 de la representación gráfica. Si la potencia ha de limitarse a un valor menor que P_{\max} , la representación gráfica de potencia que el motor sigue corresponderá a una de las representaciones gráficas 710b, 710c,..., 710N de la figura 7a. La figura 7b es un diagrama de bloques simplificado que ilustra la relación entre la orden de par y el limitador de potencia. En la figura 7b, la orden de par se aplica a un bloque 714 del limitador, que ajusta la magnitud de la orden de par (Orden de Par Limitado), que llega al inversor 28 de Control de Campo Orientado (FOC) de una manera que limita la potencia que se encuentra bajo una curva 716. La curva 716 es una representación gráfica de par frente a velocidad determinada dividiendo la potencia P seleccionada o establecida por la velocidad del motor. Por lo tanto, el inversor FOC puede controlar la potencia del motor por el control del par ordenado en vista de la velocidad del motor. El par en cuestión puede ser un par de tracción o de accionamiento, o puede ser un par de retardo o de frenado. Cuando el control de la potencia que fluye hacia las baterías desde el motor, que actúa como un generador, es deseable, las órdenes de FOC apropiadas dan como resultado la aplicación del límite.

En la figura 8, el par deseado u orden de par se deriva de un acelerador eléctrico (no ilustrado) y se aplica a través de una ruta 810 a un primer puerto de entrada de un multiplicador 812, que recibe la velocidad del vehículo detectada (o la velocidad del motor de tracción si el vehículo está equipado con engranajes cambiables) por sensores (no ilustrados) en su segundo puerto 814 de entrada. El multiplicador 812 toma el producto de la velocidad del motor y el par ordenado, para producir una señal que representa la potencia ordenada que debe aplicarse al motor de tracción. Un bloque 816 escala la potencia ordenada por una constante k , si es necesario, para convertir la señal a una representación P_C de potencia de motor de tracción ordenada en vatios. La señal P_C que representa la potencia ordenada en vatios se aplica desde el bloque 816 a un bloque 818 adicional, que representa la división de la potencia ordenada en vatios por el voltaje de la batería de tracción, para obtener una señal que representa la corriente del motor de tracción ordenada ($I_C=P/E$). El voltaje de la batería de tracción es un indicador aceptable del voltaje del motor de tracción, porque todos los voltajes en el sistema tienden hacia el voltaje de la batería. La señal que representa la corriente I_C ordenada se conduce por una ruta 819 de señal a una parte del controlador 50 de órdenes de la figura 1 para el control del inversor 28 FOC y el motor 40 de tracción, de una manera que produce la corriente de motor deseada. La señal que representa la corriente I_C ordenada se aplica también desde la salida del bloque 818 por medio de un circuito escalar, ilustrado como un bloque 820, a un generador 822 de señal de error. El propósito del circuito 820 escalar se explica más adelante, pero su acción da como resultado la conversión de la corriente I_C de motor ordenada en corriente I_G de generador ordenada. El generador 822 de señal de error genera una señal de error restando una señal de retroalimentación de una ruta 824 de señal, que representa la corriente de salida detectada del motor de combustión interna/generador (generador), desde la corriente I_G de generador ordenada. La señal de error producida por el generador 822 de señal de error se aplica a un filtro de compensación de bucle, que puede ser un integrador simple, para producir una señal representativa de la velocidad ordenada de la fuente 16 auxiliar de energía eléctrica, más específicamente el motor 18 diesel. El motor 18 diesel acciona el generador 22 eléctrico, para producir tensión alterna de salida para su aplicación por medio de los conductores 832 de potencia al inversor 28 de la figura 1. Una disposición del sensor de corriente, ilustrada como un círculo 834, se acopla a los conductores 832 de salida para detectar la corriente del generador. Los bloques 822, 826, 18, 22, y 824

de la figura 8 constituyen juntos un bucle de retroalimentación cerrado, que tiende a hacer la corriente de salida del generador 22 igual a la magnitud ordenada por la señal I_G de control aplicada al generador de error. El compensador 826 de bucle se selecciona para evitar que la velocidad del motor diesel cambie muy rápidamente, lo que podría dar como resultado no deseable un aumento de la emisión de contaminantes.

5 Como se ha descrito hasta ahora, la disposición de la figura 8 produce una señal I_C para ordenar la corriente del motor de tracción para el control del movimiento del vehículo, y también produce una señal I_G que ordena la corriente del generador 22 auxiliar. En la figura 8, una señal que representa un estado de carga deseado (SOC) de la batería de tracción se recibe en el puerto de entrada no inversor de un circuito 850 sumador. Una señal que
10 representa el estado actual de carga se recibe en el puerto de entrada inversor del circuito 850 sumador desde un bloque 852 que determina el estado de carga (SOC) de la batería. El bloque 852 SOC recibe señales representativas del voltaje de la batería, la temperatura de la batería, y las corrientes de la batería. En general, el estado de carga de una batería es sencillamente la integral de tiempo de la red de corrientes de entrada y salida. El bloque 852 SOC integra los amperios de la red de corriente para producir amperios-hora de carga. El circuito 850 sumador produce, en una ruta 854 de señal, una señal de error que representa la diferencia entre el estado deseado u ordenado de carga de la batería de tracción y su estado actual de carga, para identificar de este modo un exceso o
15 deficiencia instantánea de carga. La señal de error se aplica a un filtro 856 de compensación de bucle, que integra la señal de error, para producir una señal de error integrada. La señal de error integrada cambia lentamente como una función de tiempo. La señal de error integrada actúa en el bloque 820 por medio de un limitador 858. Más particularmente, la señal de error integrada, cuando se aplica al bloque 820 escalar, selecciona el factor escalar por el cual la corriente I_C de motor ordenada se escala para convertirla en la corriente de generador ordenada. El limitador 858 limita meramente la señal de error integrada del bloque 856, de manera que el intervalo de los factores
20 escalares del bloque 820 escalar está limitado al intervalo entre cero y uno (unidad). Por lo tanto, la corriente I_G de generador ordenada nunca puede ser mayor que la corriente I_C de motor de tracción ordenada, pero puede ser menor de acuerdo con el factor escalar ordenado por la señal integrada limitada del limitador 858, y la corriente I_G de generador ordenada puede ser tan baja como cero de corriente.

El estado de carga deseado de la batería de tracción es un nivel de carga que es menor que la carga completa, de manera que el frenado regenerativo puede aplicarse sin peligro de dañar la batería de tracción debido a la
30 sobrecarga. Por lo tanto, el punto de ajuste del SOC deseado es una carga menor que la carga completa. El funcionamiento de la disposición de la figura 8 puede entenderse suponiendo que el estado normal de la salida del integrador en el filtro 856 de compensación de bucle es de 0,5 "voltios", a mitad de camino entre los 1,0 voltios máximos y los 0,0 voltios mínimos permitidos por el limitador 858. El valor de la señal de error integrada (como limitada por el limitador 858) puede verse como un factor multiplicador por el cual el circuito 820 escalar escala la corriente de motor de tracción ordenada, de manera que una señal de error integrada que tiene un valor de 1,0
35 provoca que la corriente I_C de motor de tracción ordenada se transmita en toda su amplitud por el generador 822 de señal de error, mientras que un valor de 0,5 daría como resultado que la magnitud de la corriente I_G del generador ordenada fuera exactamente la mitad de la magnitud de la corriente I_C de motor de tracción ordenada. En el funcionamiento del vehículo bajo el control de la disposición de la figura 8, cuando la batería de tracción supera el estado de carga deseado, el generador 850 de señal de error resta un valor de señal grande que representa un estado elevado de carga del valor del punto de ajuste, produciendo de este modo una diferencia o señal de error que tiene una polaridad negativa. El integrador en el filtro 856 de compensación de bucle integra la señal de polaridad
40 negativa, lo que tiende a "reducir" o llevar a negativo la señal integrada de red en la salida del filtro 856 de compensación de bucle lejos de su valor "normal" de 0,5 voltios, posiblemente hacia abajo a los 0,3 voltios, como un ejemplo. Puesto que un valor de 0,3 voltios de la señal de error integrada se encuentra dentro del intervalo permitido del limitador 858, la señal de error integrada simplemente fluye a través del limitador 858, para controlar el circuito 820 escalar de una manera que provoca que la corriente I_C del motor de tracción ordenada se multiplique por 0,3, en lugar del 0,5 "normal", para producir la corriente I_G de generador ordenada. Por lo tanto, un estado de carga de la batería mayor que el punto de ajuste deseado da como resultado la reducción de la salida media del generador. De la misma manera, si el estado de carga de la batería de tracción es menor que el punto de ajuste deseado, la señal aplicada desde el bloque 852 de la figura 8 al puerto de entrada inversor del generador 850 de señal de error se hace menor en magnitud que la señal que representa el SOC deseado, lo que da como resultado un valor positivo de señal de error en la salida del generador 850 de señal de error. El integrador asociado con el filtro 856 de bucle
45 integra su señal de entrada positiva para producir una señal de salida integrada, que tiende a aumentar por encima de su valor "normal" de 0,5 voltios, a un valor de, por ejemplo, 0,8 voltios. Puesto que este valor está dentro de los valores aceptables para el limitador 858, la señal de error integrada de 0,8 voltios se aplica al circuito 820 escalar sin cambios. El voltaje de error integrado de 0,8 voltios provoca que el circuito 820 escalar multiplique la señal que representa la corriente I_C de motor de tracción ordenada por 0,8, de manera que la corriente I_G de generador ordenada es mayor que anteriormente. El efecto neto de la disminución en la carga de la batería de tracción a un valor por debajo del punto de ajuste es aumentar la potencia de salida media del generador 22, que tendería a
50 aumentar el nivel de carga de la batería de tracción. Los expertos en la materia entenderán que el valor "normal" de la señal de error integrada mencionado anteriormente no existe realmente, y solo se usa para ayudar a comprender el funcionamiento del sistema de control.

65 De acuerdo con un aspecto de la invención, un método (figuras 5 y 6) para hacer funcionar un vehículo (10) eléctrico híbrido que obtiene al menos parte de su esfuerzo de tracción de baterías (20) eléctricas incluye la etapa de, en los

modos de funcionamiento (aceleración de crucero) del vehículo diferentes de un estado de frenado, suministrar energía a un motor (40) de tracción desde una fuente (16) auxiliar, y también proporcionar, desde las baterías (20), la diferencia entre la demanda de potencia de tracción y el suministro desde la fuente (16) auxiliar, hasta la capacidad máxima de las baterías (20), cuando las baterías (20) están en un estado de carga que se encuentra entre un primer estado de carga (la primera carga de la figura 5) y una carga completa. El primer estado de carga es, por supuesto, menor que el estado completo de carga. En el método de acuerdo con este aspecto de la invención, en los modos de funcionamiento (aceleración, velocidad de crucero) del vehículo (10) diferentes de un estado de frenado, el motor (40) de tracción se provee de energía (510) solo desde la fuente (16) auxiliar, cuando las baterías están en un segundo estado de carga (no mayor que el "punto bajo de carga" de la figura 5), lo que representa sustancialmente un estado de descarga de las baterías (20). En los modos de funcionamiento del vehículo diferentes de un estado de frenado, se proporciona energía al motor (40) de tracción desde la fuente (16) auxiliar, y el motor (40) de tracción también se alimenta con energía de las baterías (20) en una cantidad menor que la capacidad total de las baterías, cuando las baterías están en un estado de carga ("carga actual" de la figura 5) que se encuentra entre el estado de descarga ("punto bajo de carga") y el primer estado de carga.

En una variante de este aspecto de la invención, un método (514, 618) para hacer funcionar un vehículo (10) eléctrico híbrido que obtiene al menos parte de su esfuerzo de tracción de baterías (20) eléctricas, incluye la etapa (618) de, en los modos de funcionamiento (aceleración, crucero) del vehículo (10) diferentes de un estado de frenado, proporcionar energía a un motor (10) de tracción desde una fuente (16) de energía eléctrica auxiliar, y también proporcionar al motor (40) de tracción, desde las baterías (20), y hasta la capacidad máxima de las baterías (20), la diferencia ("capacidad total de potencia de tracción" menos "potencia de generador") entre la demanda de potencia de tracción y el suministro desde la fuente (16) auxiliar, cuando las baterías (20) están en un estado de carga que se encuentra entre el estado de carga completa y un primer estado de carga menor que dicho estado de carga completa. Otras etapas (628) de acuerdo con esta variante de la invención incluyen (a) en los modos de funcionamiento (aceleración, velocidad de crucero) del vehículo (10) diferentes de un estado de frenado, proporcionar energía al motor (40) de tracción solo desde la fuente (16) auxiliar, cuando las baterías están en un segundo estado de carga (no mayor que el "punto bajo de carga" de la figura 5), segundo estado de carga que representa sustancialmente un estado de descarga de las baterías (20), y (b) en los modos de funcionamiento del vehículo diferentes de un estado de frenado, proporcionar energía al motor (40) de tracción desde la fuente (16) auxiliar, y suministrar también energía al motor (40) de tracción desde las baterías (20) en una cantidad que está aproximadamente en la misma proporción a la capacidad total de las baterías que lo está la cantidad de carga en las baterías con respecto a la carga completa.

REIVINDICACIONES

1. Un método para hacer funcionar un vehículo (10) eléctrico híbrido que obtiene al menos parte de su esfuerzo de tracción desde una fuente (16) auxiliar, que comprende las etapas de:

5 en los modos de funcionamiento de dicho vehículo (10) diferentes de un estado de frenado, proporcionar energía a un motor (40) de tracción desde una fuente (16) auxiliar, y proporcionar también la diferencia entre la demanda de potencia de tracción y el suministro desde la fuente (16) auxiliar de dichas baterías (20), hasta la capacidad máxima de dichas baterías (20), cuando dichas baterías (20) están en un estado de carga que se encuentra entre un primer estado de carga y la carga completa;

10 en dichos modos de funcionamiento de dicho vehículo (10) diferentes de un estado de frenado, proporcionar energía a dicho motor (40) de tracción solo desde dicha fuente (16) auxiliar, cuando dichas baterías (20) están en un segundo estado de carga, lo que representa sustancialmente un estado de descarga de dichas baterías; y

15 en dichos modos de funcionamiento de dicho vehículo (10) diferentes de un estado de frenado, proporcionar energía a dicho motor (40) de tracción desde dicha fuente (16) auxiliar, y también suministrar energía a dicho motor (40) de tracción desde dichas baterías (20) en una cantidad menor que la capacidad total de dichas baterías (20), cuando dichas baterías (20) están en un estado de carga que se encuentra entre dicho estado de descarga y dicho primer estado de carga.

20 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la energía se suministra a dicho motor (40) de tracción desde dichas baterías (20) en una cantidad que está aproximadamente en la misma proporción a la capacidad total de dichas baterías (20) que la cantidad de carga en dichas baterías (20) en relación con dicha carga completa.

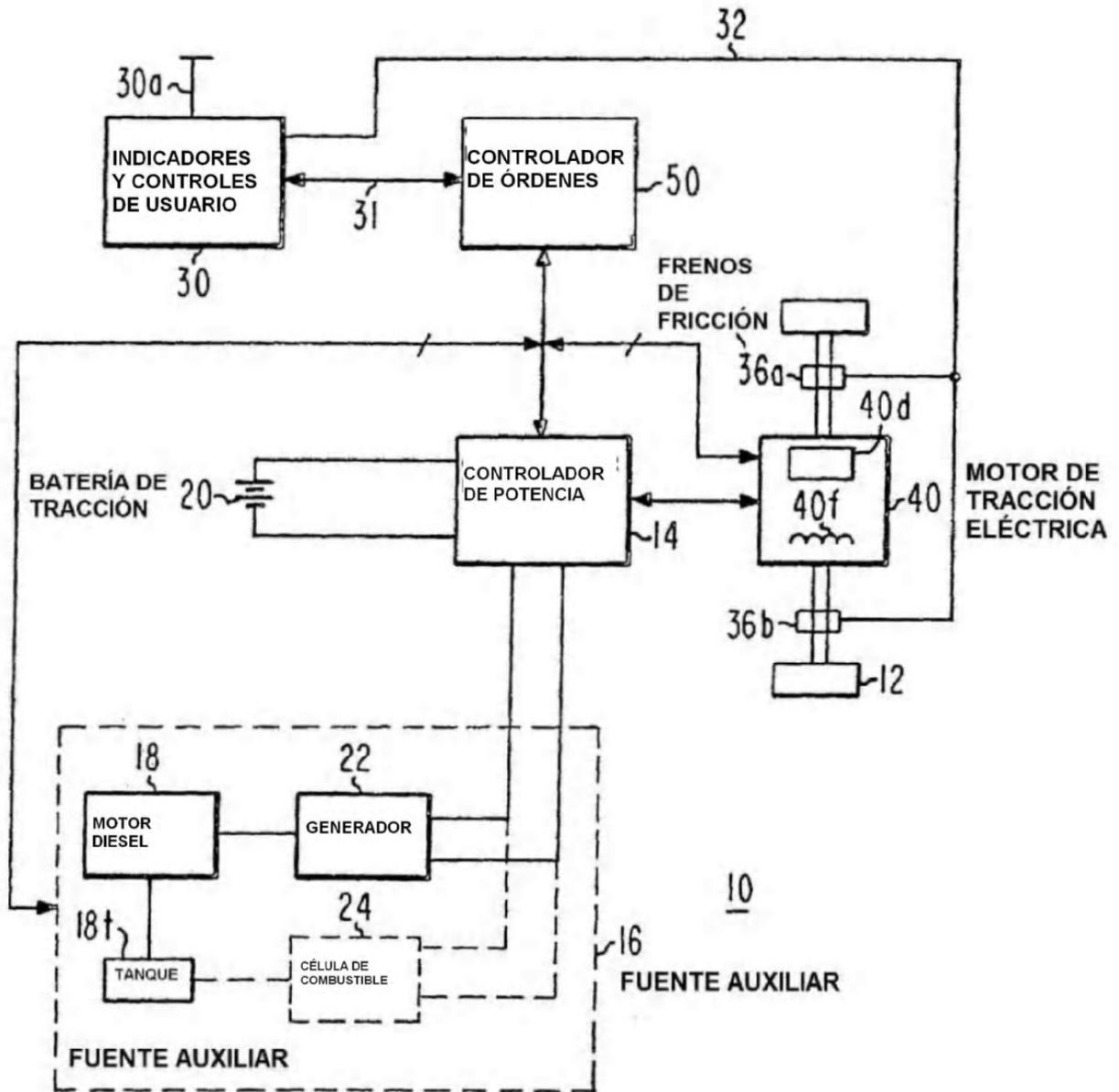


Fig. 1

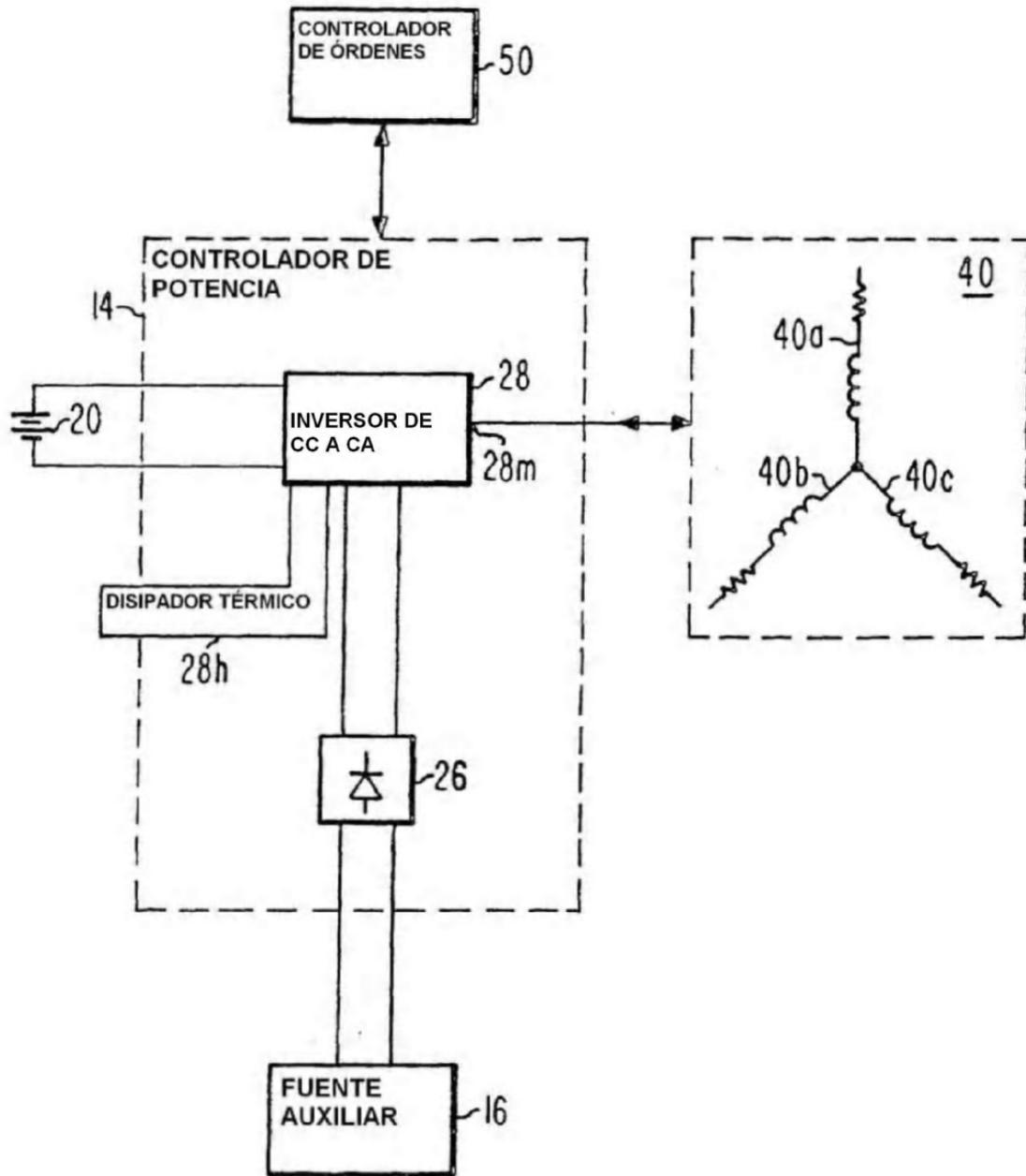


Fig. 2

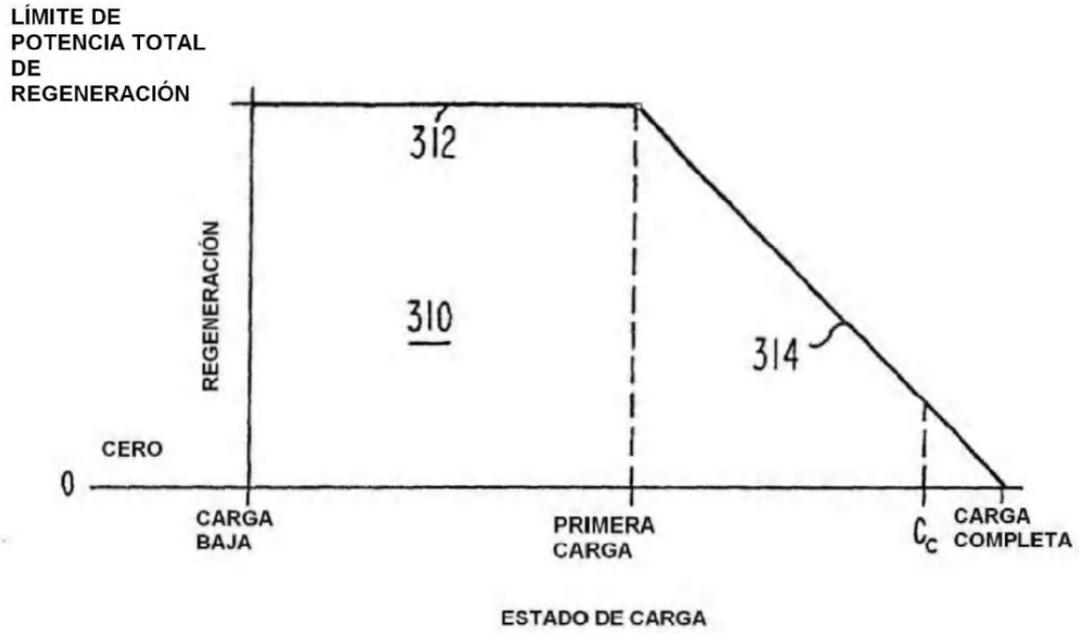


Fig. 3a

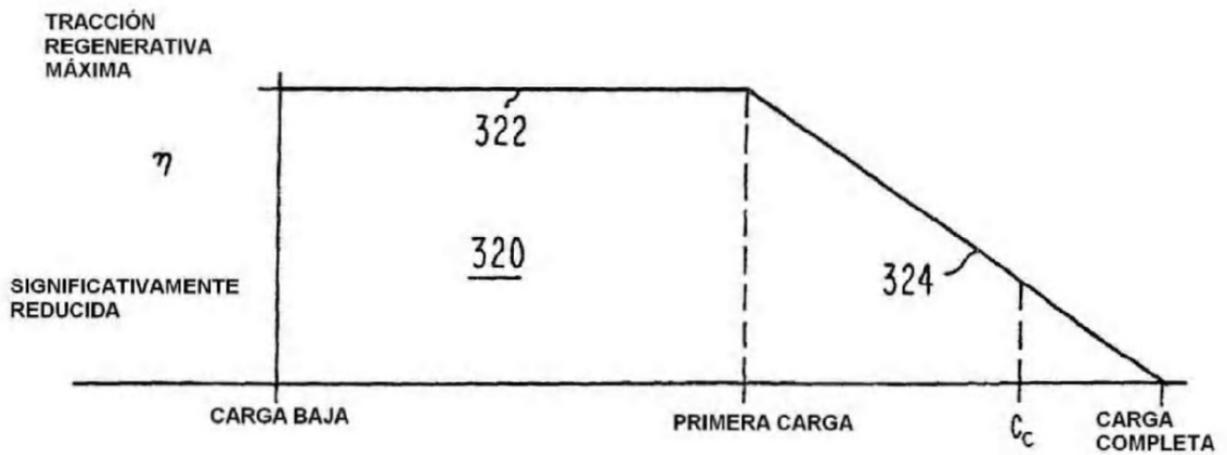


Fig. 3b

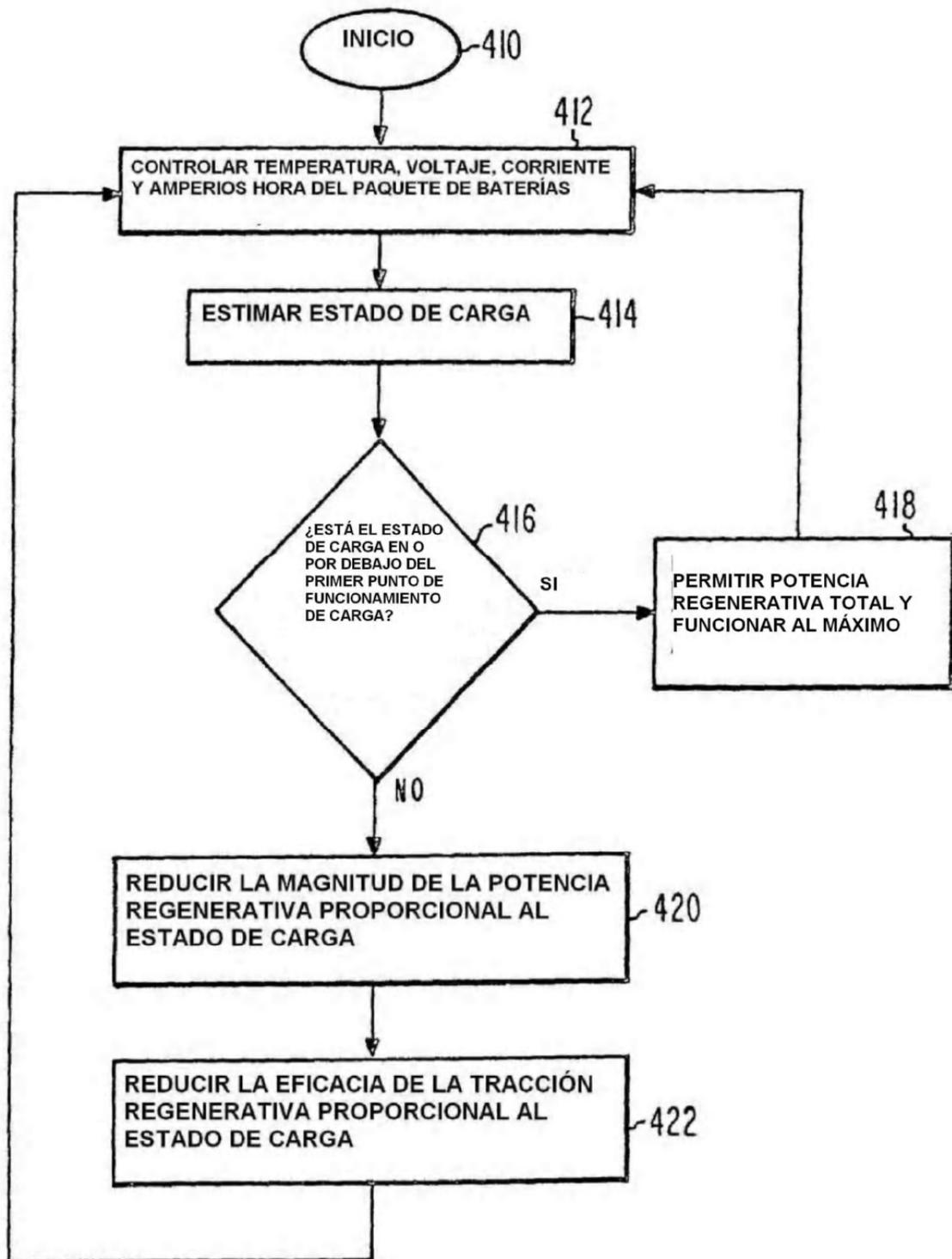


Fig. 4

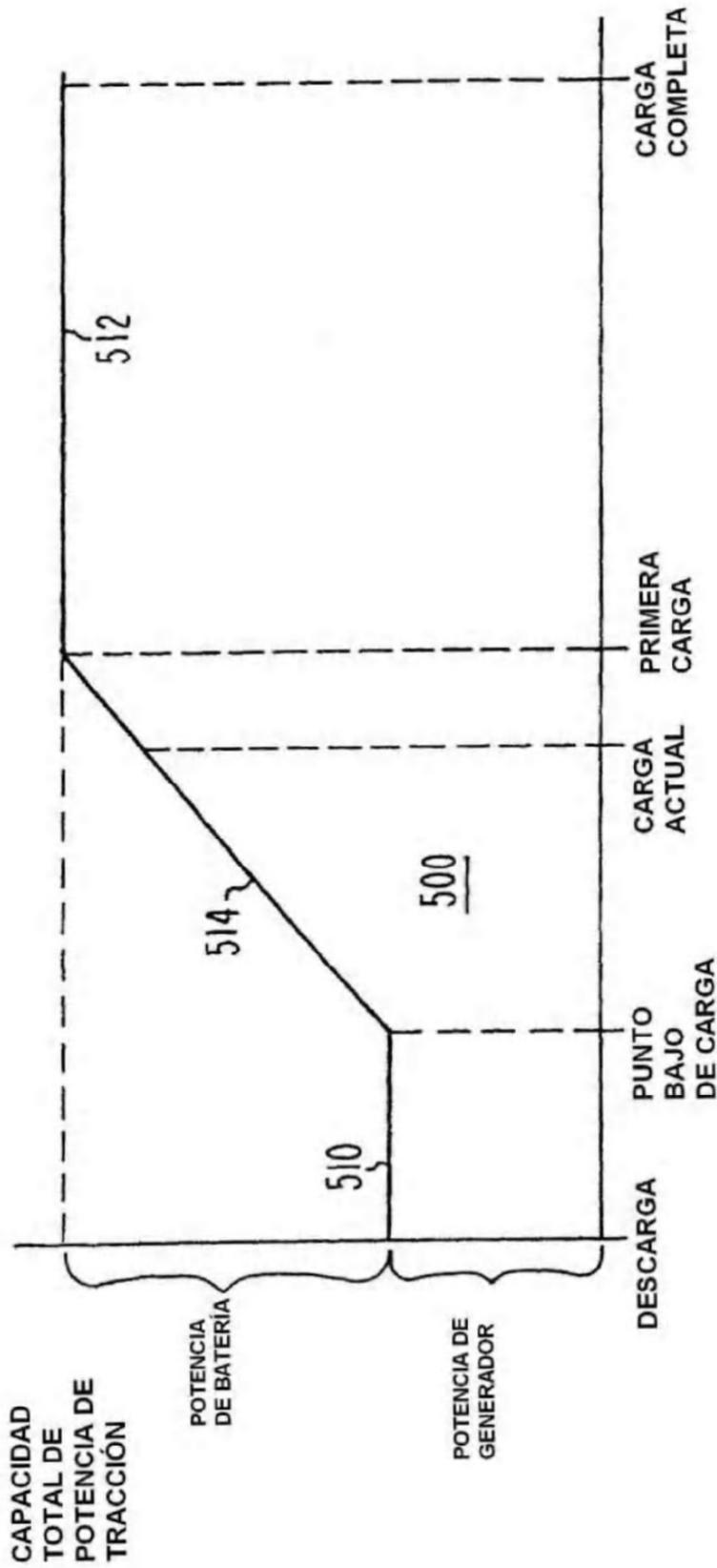


Fig.5

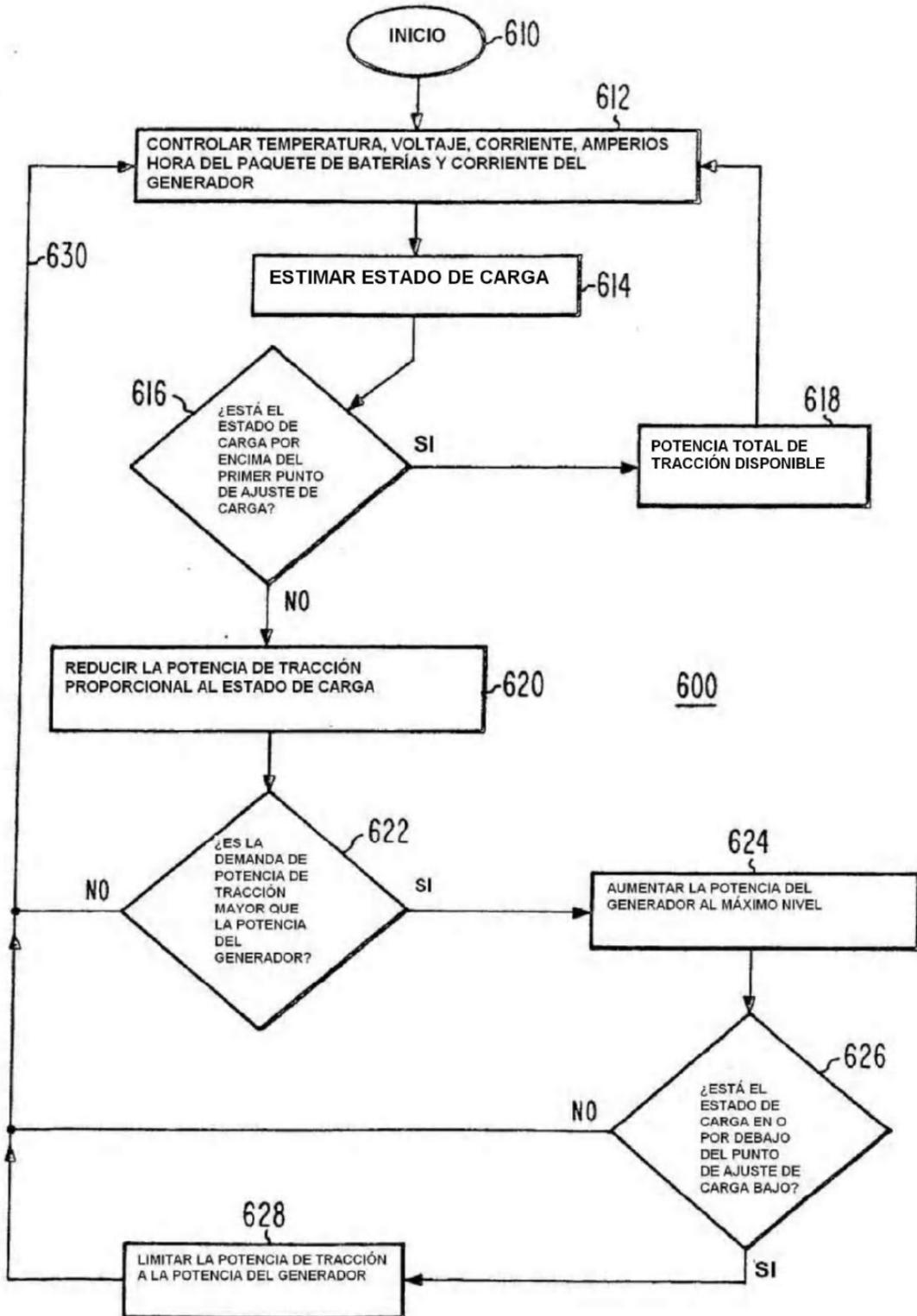


Fig. 6

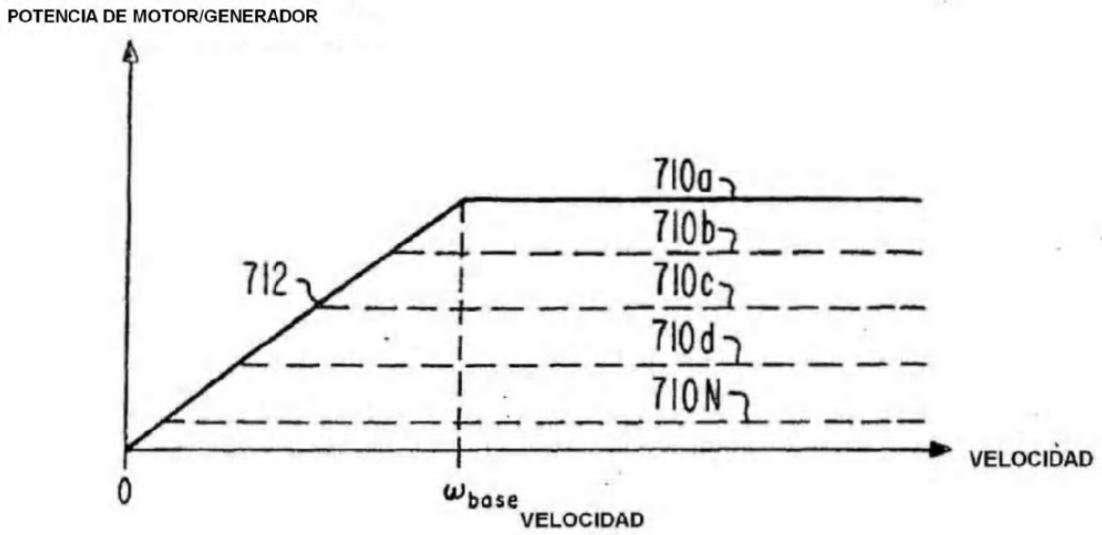


Fig. 7a

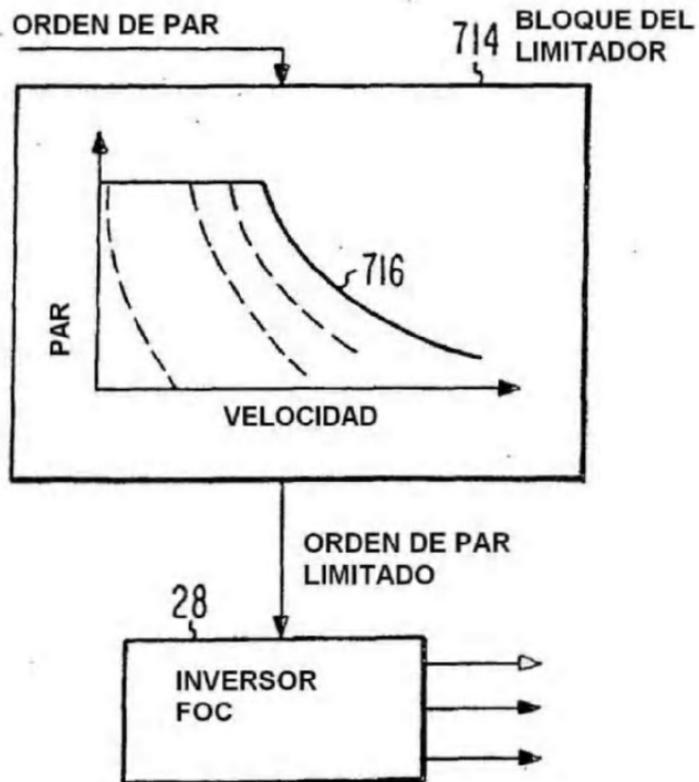


Fig. 7b

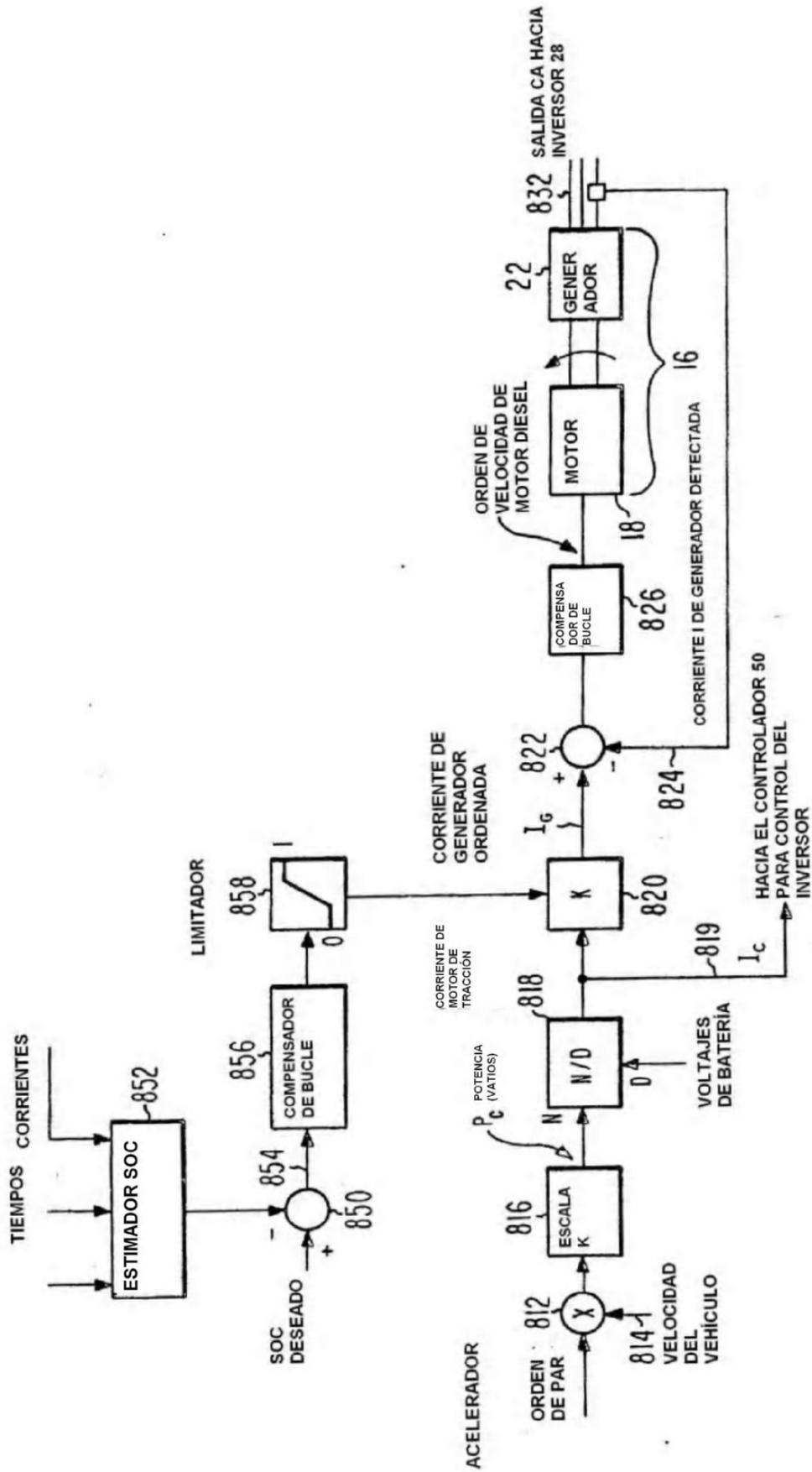


Fig. 8