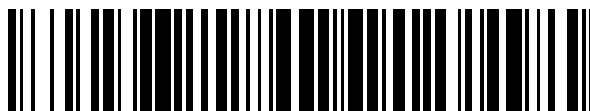


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 781 771**

51 Int. Cl.:

B60L 15/02 (2006.01)

B60L 15/20 (2006.01)

B60W 10/08 (2006.01)

B60W 20/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2006 E 06124939 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2020 EP 1790520**

54 Título: **Aparato y método de control para vehículos eléctricos**

30 Prioridad:

29.11.2005 JP 2005343750

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

07.09.2020

73 Titular/es:

**DENSO CORPORATION (100.0%)
1-1, Showa-cho
Kariya-city, Aichi-pref., 448-8661, JP**

72 Inventor/es:

**EGAMI, TSUNEYUKI y
KAWAKAMI, KEIICHI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 781 771 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

Aparato y método de control para vehículos eléctricos

5 La presente invención se refiere a aparato y método de control para un vehículo eléctrico, que incluye un sistema montado en éste como un sistema para convertir una tensión generada por un suministro de potencia DC en una tensión del sistema utilizando un convertidor de tensión y para accionar un motor AC aplicando la tensión del sistema al motor AC a través de un inversor.

10 Como se describe en documentos tales como U.S. 2006/0052915A1 (JP 2004-274945A), en un vehículo eléctrico que tiene motores AC montados en éste para servir como fuente de potencia motriz del vehículo, cada uno de los motores AC es capaz de servir como un motor para accionar ruedas del vehículo así como un motor accionado por la combustión interna para generar potencia. Como el sistema anterior, un aparato de control para el vehículo eléctrico incluye un convertidor amplificador de tensión para elevar una tensión generada por un suministro de potencia DC, que está implementado por una batería secundaria, hasta una alta tensión DC que aparece en la línea de suministro de potencia conectada a los motores AC a través de inversores. Los inversores son capaces de servir como un componente para convertir la tensión DC elevada que aparece en la línea de suministro de potencia en una tensión AC para accionar uno de los motores AC así como un componente para convertir la tensión AC en una tensión DC suministrada de retorno o restablecida a la batería secundaria a través del convertidor amplificador de tensión, que reduce el nivel de la tensión DC.

25 En el sistema anterior, para estabilizar la tensión que aparece en la línea de suministro de potencia, el convertidor amplificador de tensión controla la tensión que aparece en la línea de suministro de potencia hasta una tensión objetivo. Además, al mismo tiempo, un condensador nivelador conectado a la línea de suministro de potencia nivela la tensión que aparece en la línea de suministro de potencia.

30 Sin embargo, cuando una relación entre la potencia eléctrica que acciona uno de los motores AC y la potencia eléctrica generada por el otro motor AC varía considerablemente debido a un cambio en el estado de funcionamiento del vehículo u otra razón, las variaciones de la tensión causadas por un cambio en tal relación como variaciones de la tensión de la línea de suministro de potencia no pueden ser absorbidas por el convertidor amplificador de tensión y/o el condensador nivelador. Por lo tanto, la tensión que aparece en la línea de suministro de potencia se vuelve excesivamente alta. Como resultado, es probable que se dañe equipo electrónico conectado a la línea de suministro de potencia. Para solucionar este problema, se proporciona un método para mejorar el efecto de estabilización de la tensión que aparece en la línea de suministro de potencia utilizando un convertidor amplificador de tensión mejorado, con mejor actuación y un condensador nivelador con una capacitancia mayor. Sin embargo, por la adopción de este método, el convertidor amplificador de potencia con mejor actuación y el condensador nivelador con una capacitancia mayor, se elevará inevitablemente el coste del aparato de control para un vehículo eléctrico. De esta manera, no se pueden cumplir las demandas de un sistema que tiene un tamaño pequeño y un coste bajo. La relación anterior entre la potencia que acciona uno de los motores AC y la potencia generada por el otro motor AC se refiere también como un balance de potencia entre la potencia que acciona uno de los motores AC y la potencia generada por el otro motor AC.

45 Se propone para controlar el inversor hacer una suma de energías (o el balance de potencia eléctrica) de los dos motores AC igual a 0 en el momento en el que se conecta la conexión entre el suministro de potencia DC y el convertidor amplificador de tensión utilizando un relé, en el caso de que ocurra un fallo en el suministro de potencia DC. Sin embargo, este método se proporciona como una contramedida a un fallo que ocurre en el suministro de potencia DC y es capaz de mejorar el efecto de estabilización de la tensión que aparece en la línea de suministro de potencia en un estado normal del suministro de potencia. Además, incluso si se hace un intento por controlar el inversor para hacer la suma de energía (o el balance de potencia) de los dos motores AC igual 0 en un estado normal, es extremadamente difícil controlar el inversor para hacer la suma de energías (o el balance de potencia) de los dos motores AC igual a 0 en los casos siguientes.

55 En primer lugar, uno de los motores AC está acoplado a un árbol de accionamiento del vehículo eléctrico y el otro motor AC está acoplado a un árbol de salida del motor de combustión interna, es decir, que los dos motores AC están acoplados a miembros que tienen diferentes operaciones. En segundo lugar, el efecto de un retraso del procesamiento del control ejecutado en el invención se agranda, por ejemplo, durante un periodo transitorio, en el que cambia el estado de funcionamiento del vehículo eléctrico. El motor AC acoplado al motor de combustión interna no es capaz de eludir variaciones de potencia causadas por cambios de un par motor generador por el motor de combustión interna. Este hecho hace todavía más difícil controlar el inversor para hacer la suma de energías de los dos motores AC igual a 0.

60 El documento EP 1 536 548 A1 describe un motor propulsor que incluye un convertidor elevador de tensión 12, un inversor 14 y un motor AC M1.

El documento JP 2003 259 505 A describe un controlador de regeneración que equilibra una corriente generada y una corriente de retorno por el motor entre sí, absorbiendo de esta manera la energía eléctrica regenerativa con el propio motor.

5 Por lo tanto, un objeto de la presente invención es mejorar un aparato y método de control para vehículos eléctrico que sean capaces de estabilizar una tensión que aparece en una línea de suministro en tamaño pequeño y bajo coste.

10 Para conseguir tal objeto, de acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de control para un vehículo eléctrico, como se define en la reivindicación 1, Otros aspectos y características de la presente invención se describen en las reivindicaciones dependientes.

15 Los anteriores y otros objetos, características y ventajas de la presente invención serán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada realizada con referencia a los dibujos que se acompañan. En los dibujos:

La figura 1 es un diagrama de bloques que muestra un sistema de accionamiento para un vehículo eléctrico de acuerdo con una realización de la presente invención.

20 La figura 2 es un diagrama de bloques que muestra un sistema de control empleado en el sistema de accionamiento como un sistema de control para controlar motores AC del sistema de accionamiento de acuerdo con la realización.

La figura 3 es un gráfico que muestra una característica de un vector de corriente utilizado para calcular un vector de corriente de comando en la realización; y

La figura 4 es un diagrama de flujo que representa el procesamiento de cálculo de un vector de corriente de comando en la realización.

25 Con referencia primero a la figura 1, un vehículo eléctrico 11 tiene un motor de combustión interna 12 además de un primer motor AC 13 y un segundo motor AC 14. De esta manera, el vehículo eléctrico 11 es un vehículo híbrido de motor de combustión interna/motor eléctrico. El motor de combustión interna 12 y el segundo motor AC 14 se emplean como una fuente de potencia de accionamiento para accionar el vehículo eléctrico 11. La potencia generada por un eje de cigüeñal 15 del motor de combustión interna 12 se divide en dos trayectorias por un conjunto de engranajes planetarios 19. El engranaje solar 17 gira en el centro. El engranaje planetario 18 gira a lo largo de una circunferencia externa al engranaje solar 17, mientras gira alrededor del centro de sí mismo. El engranaje anular 19 gira a lo largo de una circunferencia externa al engranaje planetario 18. El engranaje planetario 18 está acoplado al eje de cigüeñal 15 del motor de combustión interna 12 a través de un soporte no mostrado en la figura. Por otra parte, el engranaje anular 19 está acoplado a un eje de rotación del segundo motor AC 14. El engranaje solar 17 está acoplado al primer motor AC 13.

40 Una batería secundaria, que sirve como un suministro de potencia DC 20, está conectada a un convertidor amplificador de tensión 21, que sirve como un medio de conversión de potencia. El convertidor amplificador de tensión 21 es un componente que tiene una función para incrementar una tensión DC suministrada por el suministro de potencia DC 20 para generar una tensión del sistema DC suministrada entre una línea de suministro de potencia 22 y una línea de toma de tierra 23 así como una función para reducir la tensión del sistema para retornar o restablecer potencia al suministro de potencia DC 20. Un condensador de amortiguación 24 para amortiguar la tensión del sistema y un sensor de tensión 25, que sirve como un medio de detección de la tensión, para detectar un valor de la tensión del sistema están conectados entre la línea de suministro de potencia 22 y una línea de toma de tierra 23. Un sensor de corriente 26, que sirve como un medio de detección de la corriente, está colocado en la línea de suministro de potencia 22 como un medio para detectar una corriente que fluye a través de la línea de suministro de potencia 22.

50 Además, un primer inversor trifásico 27 y un segundo inversor trifásico 28 están conectados también entre la línea de suministro de potencia 22 y la línea de toma de tierra 23. Cada uno del primer inversor trifásico 27 y del segundo inversor trifásico 28 son un inversor trifásico de un tipo de control de la tensión. El primer inversor trifásico 27 acciona el primer motor AC 13, mientras que el segundo inversor trifásico 28 acciona el segundo motor AC 14. El primer inversor trifásico 27 y el primer motor AC 13 forman una primera unidad de accionamiento del motor (primera unidad MG) 29. De manera similar, el segundo inversor trifásico 28 y el segundo motor AC 14 forman una segunda unidad de accionamiento del motor (segunda unidad MG) 30.

60 Una unidad de control principal 31 es un ordenador para ejecutar el control general sobre el vehículo eléctrico como un conjunto. La unidad de control principal 31 adquiere señales emitidas por una variedad de sensores y conmutadores para detectar un estado de funcionamiento del vehículo 11. Los sensores y los conmutadores incluyen un sensor de acelerador 32, un conmutador de cambio 33, un conmutador de freno 34 y un sensor de la velocidad del vehículo 35. El sensor de acelerador 32 es un sensor para detectar una cantidad de operación de aceleración, que representa una cantidad de operación de un pedal de aceleración. El conmutador de cambio 33 es un sensor para detectar la posición de una operación de cambio del vehículo eléctrico. La posición de la operación de cambio puede ser una posición de aparcamiento (P), una posición de accionamiento de marcha atrás (R), una posición neutral (N) o una posición de accionamiento hacia delante (D). El conmutador de freno 34 es un

commutador para detectar una operación de frenado del vehículo. El sensor de la velocidad del vehículo 35 es un sensor para detectar un valor de la velocidad del vehículo eléctrico. La unidad de control principal 31 intercambia señales de control y de datos con una unidad de control 36 del motor de combustión interna y una unidad de control 37 del motor, que acciona la unidad de control 36 del motor de combustión interna y la unidad de control 37 del motor para controlar el motor de combustión interna 12, el primer motor AC 13 y el segundo motor AC 14 de acuerdo con el estado de funcionamiento del vehículo eléctrico. La unidad de control 36 del motor de combustión interna es para controlar el funcionamiento del motor de combustión 12, mientras que la unidad de control 37 del motor es para controlar las operaciones del primer motor AC 13 y del segundo motor AC 14.

A continuación se describe el control del primer motor AC 13 y del segundo motor AC 14 por referencia a la figura 2. Cada uno del primer motor AC 13 y del segundo motor AC 14 son un motor trifásico síncrono de imán permanente, que tiene un imán permanente interior. El primer motor AC 13 y el segundo motor AC 14 tienen, respectivamente, sensores 39 y 40 de la posición rotatoria del rotor, siendo utilizado cada uno de ellos para detectar la posición rotatoria del rotor del motor. Sobre la base de señales de comando de la tensión trifásica UU1, UV1 y UW1 emitidas por la unidad de control del motor 37, el primer inversor 27 del tipo de control de tensión convierte la tensión DC, que aparece en la línea de suministro de potencia 22, en tensiones AC trifásicas U1, V1 y W1 para accionar el primer motor AC 13. La tensión DC que aparece en la línea de suministro de potencia 22 es una tensión del sistema generada por el convertidor amplificador de tensión 21. Un sensor de corriente de fase-U 41 es un sensor para detectar una corriente de fase-U i_{U1} del primer motor AC 13, mientras que un sensor de corriente de fase-W 42 es un sensor para detectar una corriente de fase-W i_{W1} del primer motor AC 13.

De manera similar, sobre la base de señales de comando de tensión trifásica UU2, UV2 y UW2 emitidas por la unidad de control del motor 37, el segundo inversor trifásico 28 del tipo de control de tensión convierte la tensión DC, que aparece en la línea de suministro de potencia 22, en tensiones AC trifásicas U2, V2 y W2 para accionar el segundo motor AC 14. Un sensor de corriente de fase-U 43 es un sensor para detectar una corriente de fase-U i_{U2} del segundo motor AC 14, mientras que un sensor de corriente de fase-W 44 es un sensor para detectar una corriente de fase-W i_{W2} del primer motor AC 13.

Hay que indicar que cada uno del primer motor AC 13 y del segundo motor AC 14 funcionan también como un generador, cuando el primer motor AC 13 y el segundo motor AC 14 son accionados por el primer inversor trifásico 27 y el segundo inversor trifásico 28, respectivamente, para generar un par motor negativo. Por ejemplo, cuando el vehículo eléctrico 11 está siendo desacelerado, la potencia AC generada por el segundo motor AC 14 como una energía de desaceleración se convierte en potencia DC por el segundo inversor trifásico 28 y la potencia DC es acumulada de retorno en el suministro de potencia DC 20. Normalmente, una porción de potencia del motor de combustión 12 es transferida al primer motor AC 13 por medio del engranaje planetario 18, causando que el primer motor AC 13 funcione como un generador para generar potencia eléctrica que corresponde a la porción de la potencia del motor de combustión interna 12. La potencia eléctrica generada por el primer motor AC 13 es suministrada al segundo motor AC 14, causando que el segundo motor AC 14 funcione como un motor. La potencia del motor de combustión interna 12 es dividida en dos trayectorias por el conjunto de engranajes planetarios 16. En un estado sobreexcitado, el primer motor AC 13 funciona como un motor, que extrae potencia para el motor de combustión interna 12. En este caso, el segundo motor AC 14 funciona como un generador que genera potencia a suministrar al primer motor AC 13. De esta manera, cada uno del primer motor AC 13 y del segundo motor AC 14 funcionan como un motor/generador.

En la ejecución del control del par motor en el primer motor AC 13, la unidad de control del motor 37 genera las señales de comando de tensión trifásica UU1, UV1 y UW1 por un método de control de la forma de la onda sinusoidal PWM sobre la base de un valor de comando del par motor $T1^*$ emitido por la unidad de control principal 31, la corriente de fase-U i_{U1} y la corriente de fase-W i_{W1} del primer motor AC 13 así como la posición rotatoria θ_1 del rotor del primer motor AC 13, como se describe más adelante. La corriente de fase-U i_{U1} y la corriente de fase-W i_{W1} son señales emitidas por los sensores de corriente 42 y 42, respectivamente, mientras que la posición rotatoria θ_1 del rotor es una señal emitida por el sensor de la posición rotatoria 39 del rotor.

La señal emitida por el sensor de la posición rotatoria 39 del rotor, como una señal que representa la posición rotatoria θ_1 del rotor del primer motor AC 13, es suministrada a una unidad de cálculo de la velocidad de rotación 45 para calcular una primera velocidad de rotación N_1 del primer motor AC 13. Entonces, para aplicar el control de retroalimentación de corriente a cada una de una corriente de eje-d i_{d1} y una corriente de eje-q i_{q1} independientemente entre sí en un sistema de coordenadas d-q establecido como un sistema de coordenadas rotatorio del rotor del primer motor AC 13, una unidad de cálculo de la corriente de control de par motor 46 calcula un vector de la corriente de control de par motor i_{t1}^* , que representa una corriente de control de par motor de eje-d i_{dt1}^* y una corriente de control de par motor de eje-q i_{qt1}^* , utilizando típicamente datos topográficos o una ecuación matemática como un vector de acuerdo con el valor de comando del par motor $T1^*$ y la velocidad de rotación N_1 del primer motor AC 13.

Posteriormente, una primera unidad de control del vector de corriente 47 calcula un vector de la corriente real i_1 , que representa la corriente de eje-d i_{d1} y la corriente de eje-q i_{q1} sobre la base de la corriente de fase-U i_{U1} y la corriente de fase-W i_{W1} del primer motor AC 13 así como la posición rotatoria θ_1 del rotor del primer motor AC 13,

como se describe a continuación. La corriente de fase-U i_{U1} y la corriente de fase-W i_{W1} son señales emitidas por los sensores de corriente 41 y 42, respectivamente, mientras que la posición rotatoria θ_1 del rotor es una señal emitida por el sensor de la posición rotatoria 39 del rotor. Entonces, la primera unidad de control del vector de corriente 47 calcula una tensión de comando de eje-d V_{d1}^* por la ejecución de control proporcional-e-integral (P-I) para reducir una diferencia Δi_{q1} entre una corriente de control de par motor de eje-d i_{dt1}^* y una corriente de eje-q real i_{q1} . Finalmente, la primera unidad de control del vector de corriente 47 convierte la tensión de comando de eje-d V_{d1}^* y la tensión de comando de eje-q V_{q1}^* en las señales de comando trifásicas PWM UU_1 , UV_1 y UW_1 , emitiendo las señales de comando trifásicas PWM UU_1 , UV_1 y UW_1 al primer inversor trifásico 27.

5
10
15
En la ejecución del control de par motor sobre el segundo motor AC 14, por otra parte, la unidad de control del motor 37 genera las señales de comando de tensión trifásica UU_2 , UV_2 y UW_2 por el método de control de la forma de la onda sinusoidal PWM sobre la base de un valor de comando de par motor T_2^* emitido por la unidad de control principal 31, la corriente de fase-U i_{U2} y la corriente de fase-W i_{W2} del segundo motor AC 14 así como la posición rotatoria θ_2 del rotor del segundo motor AC 14. La corriente de fase-U i_{U2} y la corriente de fase-W i_{W2} son señales emitidas por los sensores de corriente 43 y 44, respectivamente, mientras que la posición rotatoria θ_2 del rotor es una señal emitida por el sensor de la posición rotatoria 40 del rotor.

20
En este instante, se ejecuta el control de estabilización de la tensión del sistema para suprimir variaciones en la tensión del sistema, manteniendo al mismo tiempo el par motor generado por el segundo motor AC 14 en un valor constante (es decir, el valor de comando de par motor T_2^*) ajustando una potencia de entrada del segundo motor AC 14 a través del ajuste de un vector de la corriente para cambiar sólo la potencia de entrada (o potencia reactiva) diferente de la potencia requerida para la generación del par motor del segundo motor AC 14.

25
30
Específicamente, primero de todo, la señal emitida por el sensor de la posición rotatoria 40 del rotor como una señal que representa la posición rotatoria θ_2 del rotor del segundo motor AC 14 es suministrada a una segunda unidad de cálculo de la velocidad de rotación 48 para calcular una segunda velocidad de rotación N_2 del segundo motor AC 14. Entonces, para aplicar un control de retroalimentación de corriente a cada una de la corriente de eje-d i_{d2} y la corriente de eje-q i_{q2} independientemente una de la otra en el sistema de coordenadas d-q establecido como un sistema de coordenadas de rotación del rotor del segundo motor AC 14, una segunda unidad de cálculo de la corriente de control de par motor 49 calcula un vector de la corriente de control de par motor i_{t2}^* que representa una corriente de control de par motor de eje-d i_{dt2}^* y una corriente de control de par motor de eje-q i_{qt2}^* utilizando típicamente datos topográficos o una ecuación matemática como un vector de acuerdo con el valor de comando del par motor T_2^* y la velocidad de rotación N_2 del segundo motor AC 14.

35
40
45
Entonces, una unidad de cálculo 50 del valor objetivo de la tensión del sistema, que sirve como un medio de cálculo del valor objetivo, calcula un valor objetivo V_s^* de la tensión del sistema, mientras que el sensor de tensión 25 suministra un valor detectado V_s de la tensión del sistema a un filtro de paso bajo 51, que sirve como un primer medio de paso de componentes de baja frecuencia para realizar un proceso de filtrado de paso bajo para pasar sólo componentes incluidos en el valor detectado V_s de la tensión del sistema como componentes, cada uno de los cuales tiene una baja frecuencia. Posteriormente, un restador 52 calcula una diferencia ΔV_s entre el valor objetivo V_s^* de la tensión del sistema y un valor detectado V_{sf} emitido por el proceso de filtrado de paso bajo como el valor detectado de la tensión del sistema, suministrando la diferencia ΔV_s al controlador P-I 53, que sirve como un medio de cálculo de la cantidad de operación de potencia para calcular una cantidad de operación de la potencia de entrada P_m del segundo motor AC 14 como una cantidad que reduce la diferencia ΔV_s entre el valor objetivo V_s^* de la tensión del sistema y el valor detectado V_{sf} emitido por el proceso de filtrado de paso bajo como el valor detectado de la tensión del sistema por ejecución del control P-I.

50
55
60
Entonces, la cantidad de operación de la potencia de entrada P_m y el vector de corriente de control del par motor i_{t2}^* , que representa una corriente de control del par motor de eje-d i_{dt2}^* y una corriente de control del par motor de eje-q i_{qt2}^* , son suministrados a una unidad de cálculo de la corriente de comando 54 que sirve como un medio de control de la estabilización de la tensión del sistema. Esta unidad de cálculo 54 calcula un vector de la corriente de control de la potencia i_p^* , que representa una corriente de control de la potencia de eje-d i_{dp}^* y una corriente de control de la potencia de eje-q i_{qp}^* . La corriente de control de la potencia de eje-d i_{dp}^* y la corriente de control de la potencia de eje-q i_{qp}^* cambian la potencia reactiva sin contribuir nada a la generación del par motor del segundo motor AC 14 por la cantidad de operación de potencia de entrada P_m , como se muestra en la figura 3. Entonces, la unidad de cálculo de la corriente de comando 54 combina el vector de corriente de control del par motor i_{t2}^* , que representa una corriente de control del par motor de eje-d i_{dt2}^* , y una corriente de control del par motor de eje-q i_{qt2}^* , con el vector de la corriente de control de la potencia i_p^* , que representa una corriente de control de la potencia de eje-d i_{dp}^* y una corriente de control de la potencia de eje-q i_{qp}^* , para calcular un vector de la corriente de comando final i_2^* , que representa una corriente de comando de eje-d i_{d2}^* y una corriente de comando de eje-q i_{q2}^* , como se expresa por la siguiente ecuación:

$$i_2^* (i_{d2}^*, i_{q2}^*) = i_{t2}^* (i_{dt2}^*, i_{qt2}^*) + i_p^* (i_{dp}^*, i_{qp}^*)$$

El vector de la corriente de comando final $i2^*$ se calcula por la ejecución de un programa de cálculo del vector de corriente de comando mostrado en la figura 4. El diagrama de flujo de la figura 4, que representa el cálculo del vector de corriente de comando, comienza en la etapa 101, en la que el vector de corriente de control del par motor $it2^*$, que representa una corriente de control del par motor de eje-d $idt2^*$ y la corriente de control del par motor de eje-q $iq2^*$, se calcula utilizando típicamente datos topográficos o una ecuación matemática como un vector de acuerdo con el valor de comando del par motor $T2^*$ y la velocidad de rotación $N2$ del segundo motor AC 14.

Entonces, en la siguiente etapa 102, se calculan la corriente de control de potencia de eje-d idp^* , que corresponde a la cantidad de operación de potencia de entrada Pm , y el vector de corriente de control de par motor $it2^*$, que representa la corriente de control del par motor de eje-d $idt2^*$ y la corriente de control del par motor de eje-q $iq2^*$, utilizando típicamente datos topográficos o una ecuación matemática. Posteriormente, en la etapa siguiente 103, se calcula la corriente de control de potencia de eje-q iqp^* a partir de la corriente de control de potencia de eje-d idp^* de acuerdo con la ecuación siguiente.

$$iqp^* = (Ld - Lq) \times idp^* \times iqt2^* / \{ \phi + (Ld - Lq) \times (idp^* + idt2^*) \}$$

donde las notaciones ϕ , Ld y Lq denotan, respectivamente, un enlace de flujo, una inductancia de eje-d y una inductancia de eje-q, que son constantes de máquina del segundo motor AC 14.

De esta manera, los procesos de las etapas 102 y 103 se realizan para calcular el vector de corriente de control de potencia ip^* , que representa la corriente de control de potencia de eje-d idp^* y la corriente de control de potencia de eje-q iqp^* , que cambian la potencia reactiva por la cantidad de operación de potencia de entrada Pm , manteniendo al mismo tiempo el par motor generado por el segundo motor AC 14 en un valor constante (es decir, el valor de comando de par motor $T2^*$).

Entonces, en la etapa siguiente 104, se combinan o se suman el vector de corriente de control de par motor $it2^*$, que representa la corriente de control del par motor de eje-d $idt2^*$, y la corriente de control del par motor de eje-q $iq2^*$, con el vector de corriente de control de potencia ip^* , que representa la corriente de control de potencia de eje-d idp^* y la corriente de control de potencia de eje-q iqp^* , para calcular un vector de corriente de comando final $i2^*$, que representa la corriente de control de potencia de eje-d $id2^*$ y la corriente de comando de eje-q $iq2^*$ de acuerdo con la ecuación siguiente:

$$i2^* (id2^*, iq2^*) = it2^* (idt2^*, iqt2^*) + ip^* (idp^*, iqp^*)$$

Después de que se ha calculado el vector de corriente de comando final $i2^*$ como se ha descrito anteriormente, como se muestra en la figura 2, una segunda unidad de control del vector de corriente 55 calcula un vector de la corriente real $i2$ que representa una corriente de eje-d $id2$ y una corriente de eje-q $iq2$ sobre la base de señales emitidas por los sensores de corriente 43 y 44 como señales que representan, respectivamente, la corriente de fase-U $iU2$ y la corriente de fase-W $iW2$ del segundo motor AC 14 así como una señal emitida por el sensor de posición rotatoria 40 del rotor como una señal que representa la posición rotatoria $\theta2$ del rotor del segundo motor AC 14. Entonces, la segunda unidad de control del vector de corriente 55 calcula una tensión de comando de eje-d $Vd2^*$ por la ejecución del control P-I para reducir una diferencia $\Delta id2$ entre la corriente de comando de eje-d $idt2^*$ y la corriente de eje-d real $id2$. La unidad de control 55 calcula también una tensión de comando de eje-q $Vq2^*$ por la ejecución del control P-I para reducir una diferencia $\Delta iq2$ entre la corriente de comando de eje-d $iq2^*$ y la corriente de eje-q real $iq2$. Finalmente, la segunda unidad de control de vector de la corriente 55 convierte la tensión de comando de eje-d $Vd2^*$ y la tensión de comando de eje-q $Vq2^*$ en las señales de comando trifásicas PMW $UU2$, $UV2$ y $UW2$, emitiendo las señales de comando trifásicas PMW $UU2$, $UV2$ y $UW2$ al segundo inversor trifásico 28.

Como se ha descrito anteriormente, el control de estabilización de la tensión del sistema se ejecuta ajustando la potencia de entrada de la segunda unidad MG 30 (o el segundo motor AC 14) para reducir la diferencia ΔVs entre el valor objetivo Vs^* de la tensión del sistema y el valor Vsf detectado emitido por el proceso de filtrado de paso bajo como el valor detectado de la tensión del sistema, manteniendo al mismo tiempo el par motor generado por el segundo motor AC 14 en un valor constante (es decir, el valor de comando de par motor $T2^*$).

Además, para eludir interferencias mutuas entre el control de estabilización de la tensión del sistema para estabilizar la tensión del sistema ajustando la potencia de entrada a la segunda unidad MG 30 como se ha descrito anteriormente y el control ejecutado por el convertidor amplificador de tensión 21 para ajustar la tensión del sistema, la unidad de control del motor 37 ejecuta el control de una relación de régimen de la conducción Dc de un dispositivo de conmutación (no mostrado) empleado en el convertidor amplificador de tensión 21 para reducir la diferencia ΔPi entre un valor de comando Pi^* de una potencia de salida, que es emitida por el convertidor amplificador de tensión 21 como una potencia de conversión, y un valor Pi detectado de la potencia de conversión.

Específicamente, para calcular el valor de comando Pi^* de la potencia de conversión, primero de todo, se suministran el valor de comando de par $T1^*$ y la velocidad de rotación $N1$ del primer motor AC 13 a una primera unidad de cálculo de salida del árbol 56 para ser utilizados para calcular una salida del árbol PD1 del primer motor

AC 13. Al mismo tiempo, se suministran el valor de comando de par motor $T1^*$ y la velocidad de rotación $N1$ del primer motor AC 13 a una primera unidad de cálculo de la pérdida de salida del árbol 57 que debe utilizarse para calcular una primera pérdida de salida del árbol $PL1$ del primer motor AC 13. Entonces, un sumador 58 suma la salida $PD1$ del primer motor AC 13 a la pérdida de salida $PL1$ del primer motor AC 13 para calcular una potencia de entrada $Pi1$ del primer motor AC 13. En ese instante, si el primer motor AC 13 está funcionando como un generador, el resultado del cálculo de la potencia de entrada $Pi1$ del primer motor AC es un valor negativo.

Entre tanto, el valor de comando de par motor $T2^*$ y la velocidad de rotación $N2$ del segundo motor AC 14 son suministrados a una segunda unidad de cálculo de salida del árbol 59 para ser utilizados para calcular la salida del árbol $PD2$ del segundo motor AC 14. Al mismo tiempo, el valor de comando de par motor $T2^*$ y la velocidad de rotación $N2$ del segundo motor AC 14 son suministrados a una segunda unidad de cálculo de la pérdida de salida del árbol 60 para ser utilizados para calcular una pérdida de salida $PL2$ del segundo motor AC 14. Entonces, un sumador 61 suma la salida $PD2$ del segundo motor AC 14 a la pérdida de salida $PL2$ del segundo motor AC 14 para calcular una potencia de entrada $Pi2$ del segundo motor AC 14. En ese instante, si el segundo motor AC 14 está funcionando como un motor, el resultado del cálculo de la potencia de entrada $Pi2$ de la segunda unidad MG 30 es un valor positivo.

Entonces, un sumador 62 suma la potencia de entrada $Pi1$ del primer motor AC 13 a la potencia de entrada $Pi2$ del segundo motor AC 14 para calcular una potencia total Pi^* . Esta potencia total Pi^* es suministrada a un segundo filtro de paso bajo 63, que sirve como un segundo medio de paso de componentes de baja frecuencia, para realizar un proceso de filtrado de paso bajo para pasar sólo componentes incluidos en la potencia total Pix^* como componentes, cada uno de los cuales tiene una baja frecuencia. Una potencia total Pif^* obtenida por el proceso de filtrado de paso bajo se toma como un valor de comando Pif^* de la potencia de conversión. El sumador 62 y el segundo filtro de paso bajo 63 funcionan como un medio de cálculo del valor de comando de la potencia de conversión.

Para calcular un valor detectado Pi de la potencia de conversión, por otra parte, una señal emitida por el sensor de corriente 26 como una señal, que representa un valor detectado ic de la corriente de salida del convertidor amplificador de tensión 21, es suministrada a un tercer filtro de paso bajo 64 que sirve como un tercer medio de paso de componentes de baja frecuencia para realizar un proceso de filtrado de paso bajo para pasar sólo componentes incluidos en la corriente de salida del convertidor amplificador de tensión 21 como componentes, cada uno de los cuales tiene una baja frecuencia. El tercer filtro de paso bajo 64 suministra un valor detectado icf de la corriente de salida del convertidor amplificador de tensión 21 como un resultado obtenido a partir del proceso de filtrado de paso bajo hasta una unidad de detección de la potencia de conversión 65, que sirve como un medio de cálculo del valor de conversión. La unidad de detección de la potencia de conversión 65 multiplica el valor detectado icf por el valor objetivo Vs^* de la tensión del sistema para calcular el valor detectado Pi de la potencia de conversión. Hay que indicar que el valor detectado Pi de la potencia de conversión se puede calcular también multiplicando el valor detectado icf de la corriente de salida del convertidor amplificador de potencia 21 por el valor detectado Vsf de la tensión del sistema.

Entonces un restador 66 calcula una diferencia ΔPi entre el valor de comando Pif^* y el valor detectado Pi de la potencia de conversión. El restador 66 suministra la diferencia ΔPi a un controlador P-I 67 que sirve como un medio de cálculo de la cantidad de control de la potencia de conversión para calcular la relación de régimen de la conducción Dc de un dispositivo de conmutación (no mostrado) por ejecución del control P-I para reducir la diferencia ΔPi entre el valor de comando Pif^* y el valor detectado Pi de la potencia de conversión. La relación de régimen de la conducción Dc es suministrada a la unidad de cálculo de la señal de accionamiento de amplificación de la tensión 68 que sirve como un medio de control de la potencia de conversión. Posteriormente, la unidad de cálculo de la señal de accionamiento de amplificación de la tensión 68 calcula señales de accionamiento de amplificación de la tensión UCU y UCL sobre la base de la relación de régimen de la conducción Dc y suministra las señales de accionamiento de amplificación de la tensión UCU y UCL al convertidor amplificador de tensión 21.

Como se ha descrito anteriormente, el control de la potencia de conversión de ajuste de la potencia de conversión del convertidor amplificador de potencia 21 se ejecuta para reducir la diferencia ΔPi entre el valor de comando Pif^* y el valor detectado Pi de la potencia de conversión y, al mismo tiempo, eludir interferencias mutuas entre el control de estabilización de la tensión del sistema para estabilizar la tensión del sistema ajustando la potencia de entrada de la segunda unidad MG 30 (segundo motor AC 14) y el control ejecutado por el convertidor amplificador de tensión 21 para ajustar la tensión del sistema.

En la realización anterior, la potencia de entrada a la segunda unidad MG 30 (segundo motor AC 14) se ajusta para reducir la diferencia ΔVs entre el valor objetivo Vs^* y un valor detectado Vsf de la tensión del sistema para suprimir de esta manera variaciones de la tensión del sistema que aparecen en la línea de suministro de potencia 22. De esta manera, incluso si el balance de potencia entre el primero y segundo motores AC 13 y 14 cambia sustancialmente debido a un cambio de la condición de funcionamiento del vehículo eléctrico o para alguno, la tensión del sistema de puede estabilizar efectivamente. Además, es posible mejorar el efecto de estabilizar la tensión del sistema que aparece en la línea de suministro de potencia 22, cumpliendo al mismo tiempo las demandas de un sistema que tiene un tamaño pequeño y un coste bajo sin requerir que el convertidor amplificador de tensión 21 sea de mejor actuación y el condensador de amortiguación 24 tenga una mayor capacitancia.

Además, en la realización anterior, se ajusta una potencia de entrada (es decir, la potencia reactiva) diferente de una potencia requerida para el segundo motor AC 14 para generar par motor para controlar la tensión del sistema. De esta manera, la tensión del sistema se puede estabilizar efectivamente ajustando la potencia de entrada al segundo motor AC 14, manteniendo al mismo tiempo constante el par motor del segundo motor AC 14 (valor de comando de par motor T2*). Como resultado, se pueden suprimir variaciones en la tensión del sistema sin afectar adversamente a las condiciones operativas del vehículo.

Además, en la realización anterior, se ajusta el vector de la corriente del segundo motor AC 14 para controlar la potencia de entrada al segundo motor AC 14, manteniendo al mismo tiempo inalterado el par motor generado por el segundo motor AC 14. No obstante, hay que indicar que el vector de la tensión del segundo motor AC 14 puede ajustarse también para controlar la potencia de entrada del segundo motor AC 14, manteniendo constante al mismo tiempo el par motor generado por el segundo motor AC 14.

En la realización anterior, se calcula la cantidad de operación de potencia de entrada Pm del segundo motor AC 14 utilizando el valor de detección Vsf de la tensión del sistema, que ha sido sometido al filtrado de paso bajo. Por lo tanto, la cantidad de operación de potencia de entrada Pm se puede calcular utilizando el valor de detección Vsf de la tensión del sistema, cuyos componentes de ruido (componentes de alta frecuencia) han sido eliminados por el proceso de filtrado de paso bajo. Como resultado, se puede mejorar la exactitud del cálculo de la cantidad de operación de potencia de entrada.

Es probable que, si se ejecuta el control de estabilización de la tensión del sistema para estabilizar la tensión del sistema ajustando la potencia de entrada de la segunda unidad MG 30 (o el segundo motor AC 14), existan interferencias mutuas entre el control de estabilización de la tensión del sistema para estabilizar la tensión del sistema ajustando la potencia de entrada de la segunda unidad MG 30 (segundo motor AC 14) y el control ejecutado por el convertidor amplificador de tensión 21 para ajustar la tensión del sistema.

Por esta razón, en la realización anterior, se calcula el valor de comando Pif* a partir de la potencia total Pi* obtenida añadiendo la potencia de entrada Pi1 del primer motor AC 13 y la potencia de entrada Pi2 del segundo motor AC 14. Al mismo tiempo, se calcula el valor detectado Pi de la potencia de conversión multiplicando el valor detectado icf de la corriente de salida del convertidor amplificador de tensión 21 por el valor objetivo Vs* (o el valor detectado Vsf) de la tensión del sistema. Entonces, se ejecuta el control de la potencia de conversión ajustando la potencia de salida del convertidor amplificador de tensión 21 para reducir la diferencia ΔPi entre el valor de comando Pif* y el valor detectado Pi de la potencia de conversión. De esta manera, es posible eludir interferencias mutuas entre el control de estabilización de la tensión del sistema para estabilizar la tensión del sistema ajustando la potencia de entrada de la segunda unidad MG 30 (segundo motor AC 14) y el control ejecutado por el convertidor amplificador de tensión 21 para ajustar la tensión del sistema.

En la realización anterior, se ejecuta el control de la potencia de conversión de ajuste de la potencia de salida del convertidor amplificador de tensión 21 para reducir la diferencia ΔPi entre el valor de comando Pi* y el valor detectado Pi de la potencia de conversión. Sin embargo, en lugar de ajustar la potencia de salida del convertidor amplificador de tensión 21, se puede ejecutar el control de la potencia de conversión de ajuste de la potencia de entrada del convertidor amplificador de tensión 21 para reducir la diferencia ΔPi entre el valor de comando Pi* y el valor detectado Pi de la potencia de conversión.

En la realización anterior, la potencia total Pi* de la potencia de entrada Pi1 del primer motor AC 13 y la potencia de entrada Pi2 del segundo motor AC 14 se someten al proceso de filtrado de paso bajo a utilizar como el valor de comando Pif* de la potencia de conversión. Por lo tanto, la potencia total Pif*, que está libre de componentes de ruido (componentes de alta frecuencia) debido al proceso de filtrado de paso bajo, se puede utilizar como el valor de comando Pif* de la potencia de conversión. Como resultado, el valor de comando Pif* de la potencia de conversión se puede ajustar exactamente.

Todavía adicionalmente, en la realización anterior, se calcula el valor de detección Pi de la potencia de conversión utilizando el valor de detección icf de la corriente de salida del convertidor amplificador de la tensión 21 después de someterlo al proceso de filtrado de paso bajo. Por lo tanto, el valor de detección Pi de la potencia de conversión se puede calcular utilizando el valor de detección icf de la corriente de salida, del que se han eliminado componentes de ruido (componentes de alta frecuencia) incluidos en el valor de detección ic de la corriente de salida por el proceso de filtrado de paso bajo. Como resultado, se puede mejorar la exactitud del cálculo del valor de detección Pi de la potencia de conversión.

Además, en la realización anterior, en ejecución del control de estabilización de la tensión del sistema, se controla la potencia de entrada de la segunda unidad MG 30 (segundo motor AC 14) para suprimir variaciones en la tensión del sistema. Sin embargo, en lugar de controlar la potencia de entrada de la segunda unidad MG 30 (segundo motor AC 14), se puede controlar también la potencia de entrada de la primera unidad MG 29 (primer motor AC 13) para suprimir variaciones en la tensión del sistema. Como una alternativa, aunque no se muestra, en una configuración de accionamiento de todas las ruedas, que incluye una tercera unidad MG montada en las ruedas dependientes, por

ejemplo, se puede controlar también la potencia de entrada de la tercera unidad MG para suprimir variaciones en la tensión del sistema.

5 Además, la realización anterior se refiere a un vehículo híbrido que emplea tanto un motor AC como también un motor de combustión interna como una fuente de potencia motriz. Sin embargo, la realización puede modificarse para un vehículo que emplea sólo motores AC como una fuente de potencia motriz. Las realizaciones pueden emplear también tres o más unidades MG.

10 En el control de vehículos eléctricos, el control de la estabilización de la tensión del sistema se ejecuta para reducir la diferencia (ΔV_s) entre un valor objetivo (V_s^*) y el valor detectado (V_{sf}) de una tensión del sistema generada por un convertidor amplificador de tensión (21) para un motor AC (3, 14). Además, el control de la potencia de conversión se ejecuta para reducir la diferencia (ΔP_i) entre un valor de comando (P_{if}^*) y el valor detectado (P_i) de la potencia de conversión, que se define como la potencia de salida del convertidor amplificador de tensión (21). De esta manera,
15 se pueden reducir variaciones en una tensión del sistema causadas por un error o el control de la potencia de conversión.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de control para un vehículo eléctrico, que comprende:

5 un medio de conversión de potencia (21) configurado para convertir una tensión suministrada por un suministro de potencia DC (20) en una tensión del sistema que aparece en una línea de suministro de potencia (22); y
 una unidad MG (29, 30) que incluye un inversor (27, 28) conectado a la línea de suministro de potencia y un motor AC (13, 14) accionado por el inversor,
 10 un medio de fijación de la tensión objetivo (50) configurado para ajustar un valor objetivo de la tensión del sistema;
 un medio de detección de la tensión (25) configurado para detectar una tensión del sistema; y
caracterizado por
 un medio de control de la estabilización de la tensión del sistema (54) configurado para ejecutar el control de la estabilización de la tensión del sistema para suprimir variaciones en la tensión del sistema ajustando una potencia de entrada de la unidad MG para reducir una diferencia de la tensión entre un valor objetivo y un valor detectado de la tensión del sistema,
 un medio de cálculo de la cantidad de operación de potencia (53) configurado para calcular una cantidad de operación de una potencia de entrada de la unidad MG sobre la base de la diferencia de la tensión, en donde el medio de control de la estabilización de la tensión del sistema (54) incluye medios configurados para variar una corriente de comando de eje-d y una corriente de comando de eje-q sobre la base de la diferencia de la tensión para variar la potencia de entrada de la unidad MG, manteniendo al mismo tiempo un par motor generado por la unidad MG en un valor de comando de par motor,
 estando configurado el medio de control de la estabilización de la tensión del sistema (54) para controlar la tensión del sistema ajustando sólo una potencia de entrada del motor AC diferente de una potencia de entrada requerida por el motor AC para generar par motor del valor de comando de par motor, y
 el medio de control de la estabilización de la tensión del sistema (54) está configurado para controlar la tensión del sistema ajustando la potencia de entrada de la unidad MG sobre la base de la cantidad de operación de la potencia de entrada calculada por el medio de cálculo de la cantidad de operación de potencia,
 20 comprendiendo, además, el aparato de control
 un medio de control de la potencia de conversión (68) configurado para controlar una potencia de conversión, que es una potencia de entrada o una potencia de salida, del medio de conversión de potencia,
 una segunda unidad MG (29, 30), que incluye un segundo inversor (27, 28) conectado a la línea de suministro de potencia y un segundo motor AC (13, 14) accionado por el inversor,
 un medio de cálculo del valor de comando de la potencia de conversión (62) configurado para calcular un valor de comando de la potencia de conversión sobre la base de una potencia de entrada del primer motor AC y una potencia de entrada del segundo motor AC;
 un medio de detección de la potencia de conversión (65) configurado para detectar la potencia de conversión;
 25 y
 un medio de cálculo de la cantidad de control de la potencia de conversión (67) configurado para calcular una cantidad de control de la potencia de conversión sobre la base del valor de comando de la potencia de conversión y la potencia de conversión detectada por el medio de detección de la potencia de conversión para reducir la diferencia entre el valor de comando de la potencia de conversión y la potencia de conversión detectada por el medio de detección de la potencia de conversión,
 en donde el medio de control de la potencia de conversión (67) está configurado para controlar la potencia de conversión sobre la base de la cantidad de control de la potencia de conversión.

2. El aparato de control de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además:

50 un medio de paso de baja frecuencia (51) configurado para pasar sólo componentes de baja frecuencia de la tensión del sistema detectada por el medio de detección de la tensión, siendo los componentes de baja frecuencia inferiores a una frecuencia predeterminada,
 en donde el medio de cálculo de la cantidad de operación de potencia (53) está configurado para calcular la cantidad de operación de la potencia de entrada utilizando la tensión del sistema, que ha pasado el medio de paso de baja frecuencia.

3. El aparato de control de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende, además:

60 un medio de paso de baja frecuencia (63) configurado para pasar sólo componentes de baja frecuencia de una potencia que incluye al menos el total de potencias de entrada de todas las unidades MG, siendo los componentes de baja frecuencia inferiores a una frecuencia predeterminada,
 en donde el medio de cálculo del valor de comando de la potencia de conversión (62) está configurado para calcular el valor de comando de la potencia de conversión sobre la base de la potencia de baja frecuencia, que ha pasado el medio de paso de baja frecuencia.

4. El aparato de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende, además:

un medio de detección de la corriente (26) configurado para detectar una corriente de salida del medio de conversión de potencia,

5 en donde el medio de detección de la potencia de conversión (65) está configurado para calcular la potencia de conversión sobre la base de la corriente de salida del medio de conversión de potencia y cualquiera de los dos el valor objetivo de la tensión del sistema y el valor detectado de la tensión del sistema.

5. El aparato de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende, además:

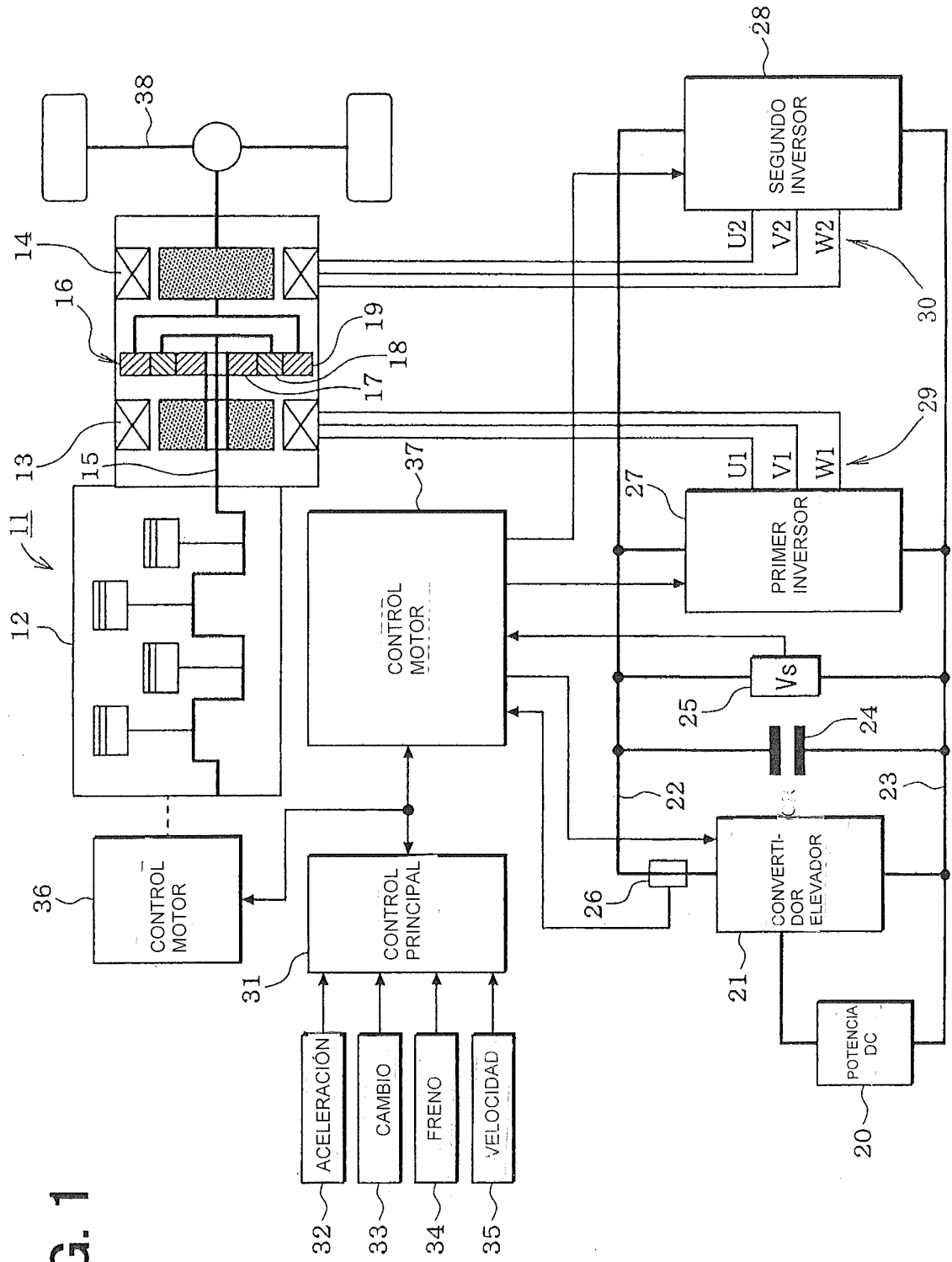
10 un medio de paso de baja frecuencia (64) configurado para pasar sólo componentes de baja frecuencia de la corriente de salida detectada por el medio de detección de corriente, siendo los componentes de baja frecuencia inferiores a una frecuencia predeterminada,

15 en donde el medio de detección de la potencia de conversión (65) está configurado para calcular la potencia de conversión sobre la base de la corriente de salida de baja frecuencia, que ha pasado el medio de paso de baja frecuencia.

6. El aparato de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde

20 el medio de control de la estabilización de la tensión del sistema (54) está configurado para controlar la potencia de entrada de la unidad MG ajustando un vector de una corriente que fluye hasta el motor AC o un vector de una tensión aplicada al motor AC.

FIG. 1



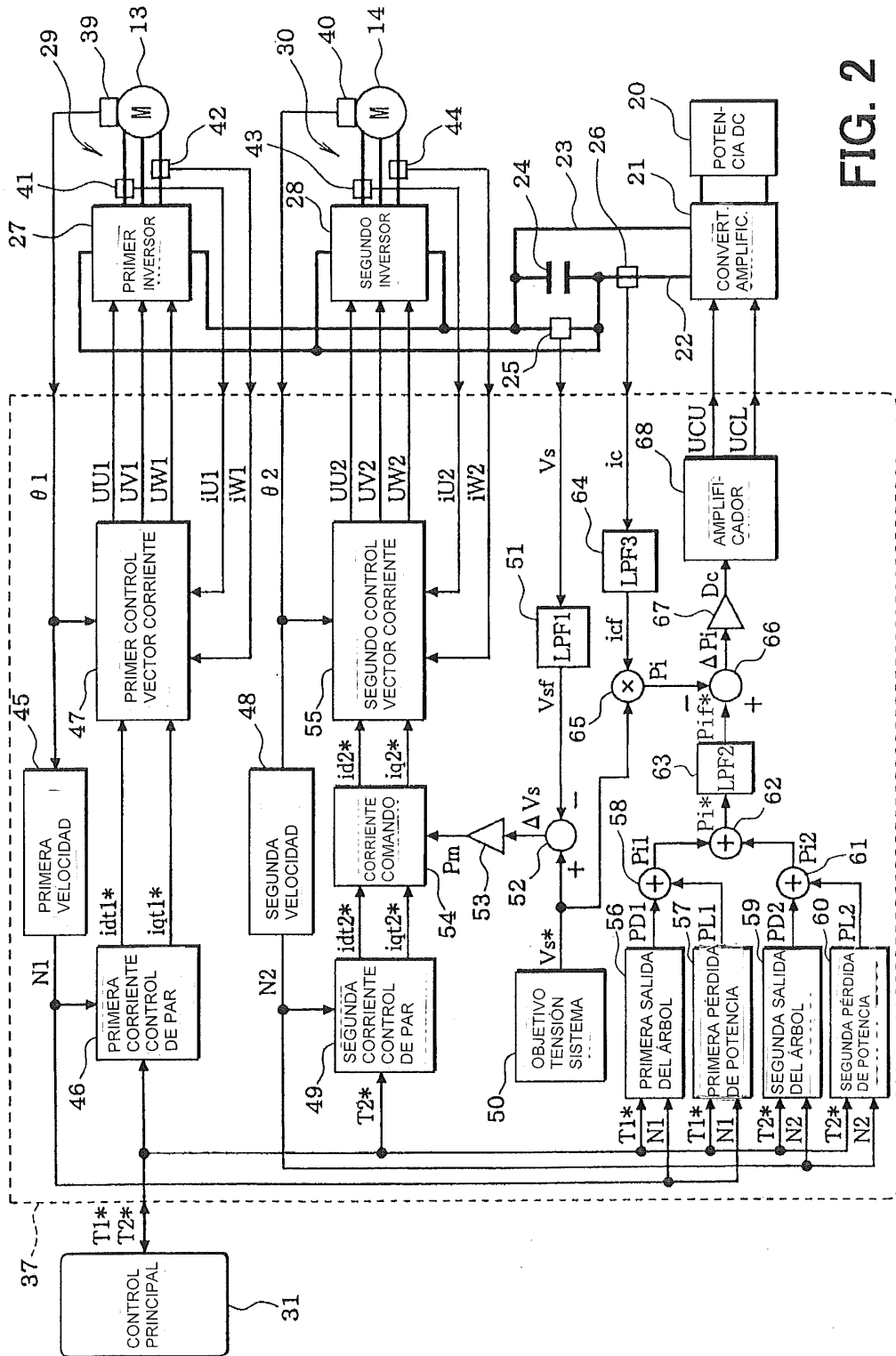


FIG. 2

FIG. 3

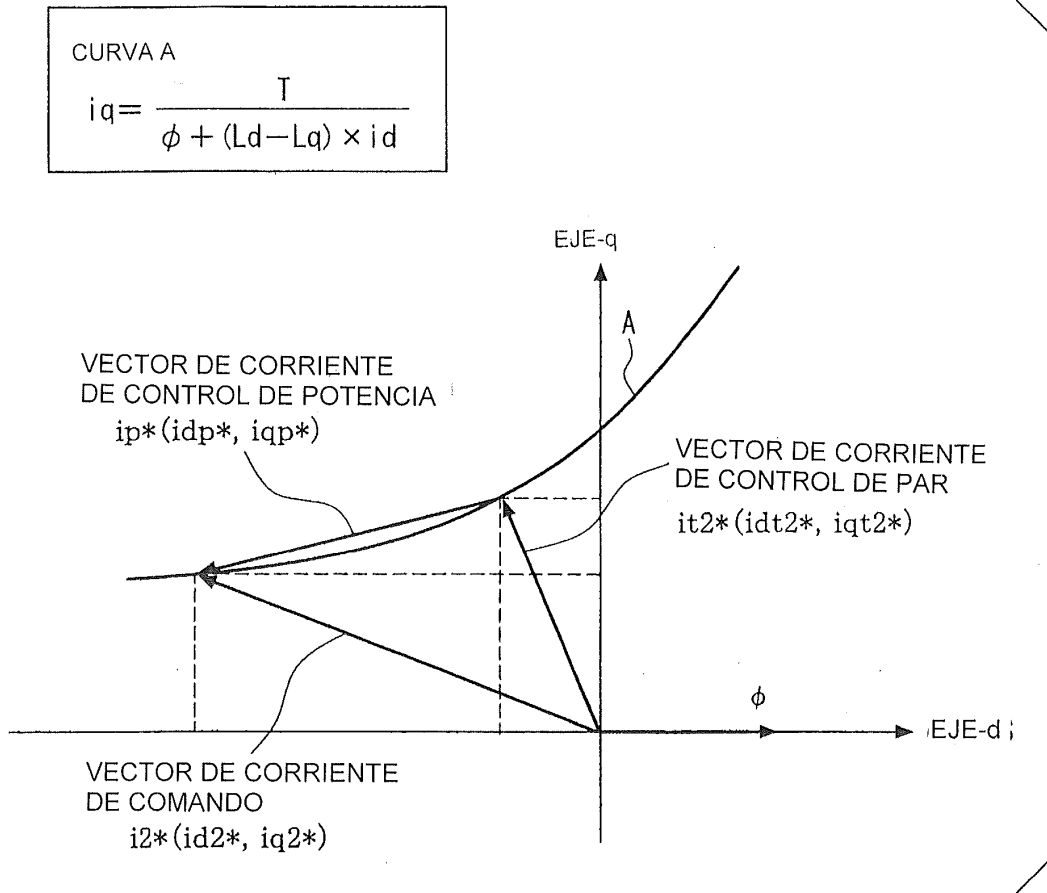


FIG. 4

