



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 338 861**

51 Int. Cl.:
G01K 7/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **01111347 .9**

96 Fecha de presentación : **09.05.2001**

97 Número de publicación de la solicitud: **1154251**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.11.2001**

54 Título: **Método para estimar la temperatura y dispositivo para llevar a cabo el mismo.**

30 Prioridad: **09.05.2000 JP 2000-136001**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
13.05.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
13.05.2010

73 Titular/es: **Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha
1, Toyota-cho
Toyota-shi, Aichi-ken 471-8571, JP**

72 Inventor/es: **Nada, Mitsuhiro**

74 Agente: **Arias Sanz, Juan**

ES 2 338 861 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

Método para estimar la temperatura y dispositivo para llevar a cabo el mismo.

5 Antecedentes de la invención**Campo de la invención**

10 La invención se refiere a una tecnología mediante la cual se estima una temperatura de una zona en la que no está instalado un sensor de temperatura.

Descripción de los antecedentes

15 En la medición de temperaturas, normalmente se usan sensores de temperatura. Sin embargo, existe un caso en el que es necesario comprobar la temperatura de una zona en la que no puede instalarse directamente un sensor de temperatura. Además, la probabilidad de fallo del sensor de temperatura es probable que se vuelva mayor a medida que aumenta el número de los sensores. Por consiguiente existen casos en los que se desea disminuir el número de los sensores de temperatura en la medida de lo posible. Para tales casos, se ha convertido en una práctica habitual medir un valor físico distinto de la temperatura y estimar la temperatura basándose en una dependencia a la temperatura del valor físico. Por ejemplo, la publicación de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º 7-2344162 da a conocer una tecnología en la que se miden una corriente directa y una tensión directa de un IGBT (transistor bipolar de tipo puerta aislada), y la temperatura del IGBT se estima a partir de la dependencia a la temperatura de las características corriente-tensión del mismo.

25 Además, existen casos en los que, a pesar de que hay instalado un sensor de temperatura, la temperatura en una zona en la que está instalado el sensor de temperatura se estima mediante otros medios, para detectar su mal funcionamiento. Por ejemplo, la publicación de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º 10-62266 da a conocer una tecnología en la que, para detectar un mal funcionamiento de un termistor para medir una temperatura de bobina de un motor, la temperatura de la bobina se estima mediante otros medios. En esta tecnología, se obtiene una resistencia de la bobina a partir de la inductancia y el valor de corriente de la bobina, y la temperatura de la bobina se estima a partir de la dependencia a la temperatura de la resistencia.

30 En la tecnología de estimación de temperatura anteriormente descrita, se mide una característica física específica relativa a una zona cuya temperatura va a estimarse y entonces se estima la temperatura basándose en la dependencia a la temperatura de la característica física. En cuanto a una característica física de este tipo, se usa una que muestre una marcada dependencia a la temperatura.

35 Sin embargo, dependiendo del tipo de zona que va a estimarse, puede darse el caso de que no pueda medirse una característica física que muestre una marcada dependencia a la temperatura. O puede darse el caso de que, aunque la medición de una característica física de este tipo sea factible, su medición no se desee debido a la necesidad de reducir el número de sensores. Debido a diversas circunstancias tales como éstas, se desea una tecnología mediante la cual pueda estimarse la temperatura mediante medios distintos a un método en el que se use directamente la dependencia a la temperatura de una característica física de la zona cuya temperatura va a estimarse.

45 El documento EP-A-0 826 951 da a conocer un sistema sensor con un dispositivo de medición PT1. En particular, una unidad de análisis de valores medidos está conectada detrás del elemento de medición y añade un valor de corrección al valor medido. Este valor de corrección se determina basándose en una constante temporal del elemento de medición y el valor de cambio promedio deslizante de un valor medido enviado de manera sucesiva.

50 El documento FR-A-2 096 444 da a conocer un monitor de temperatura de una unión de tiristor. El circuito mide la temperatura de un punto de referencia y sintetiza una respuesta térmica de la configuración física entre la unión de tiristor y este punto de referencia. Es decir, el monitor de temperatura funciona midiendo la temperatura de un punto de referencia designado, en particular, una aleta de sumidero de calor del conjunto de tiristor, y, con el fin de obtener la temperatura en la unión, se añade una diferencia de temperatura entre la unión de tiristor y el punto de referencia. La diferencia de temperatura se determina basándose en una señal que se genera desde un generador de función no lineal que indica la cantidad de potencia disipada en la unión de tiristor para un valor dado de corriente que fluye al interior de la unión. El generador de función no lineal lleva a cabo una simulación de la disipación de potencia, en el que la simulación simula la dependencia a la temperatura de la característica física del objeto.

60 Sumario de la invención

65 Un objetivo de la invención es proporcionar la tecnología mediante la cual pueda estimarse la temperatura mediante un método distinto al de usar directamente la dependencia a la temperatura de una característica física de la zona cuya temperatura va a estimarse.

Este objetivo se soluciona mediante un método para estimar una temperatura según se expone en la reivindicación 1, y alternativamente mediante un dispositivo de estimación de temperatura según se expone en la reivindicación 8.

ES 2 338 861 T3

En particular, en el método para estimar una temperatura según se expone en la reivindicación 1, se especifican un primer objeto y un segundo objeto energizable que genera calor tras una energización del mismo cuando se le suministra potencia eléctrica, en el que el segundo objeto muestra un cambio de temperatura relativamente rápido en respuesta a la presencia o ausencia de su propia generación de calor provocada por la energización, y que está situado en la proximidad del primer objeto para intercambiar calor entre los mismos, y que asume una temperatura aproximadamente igual a la del primer objeto en ausencia de generación de calor. El método comprende las etapas de (a) determinar la temperatura de uno de los objetos primero y segundo; y (b) estimar la temperatura del otro de los objetos primero y segundo basándose en la temperatura determinada en la etapa (a) y un valor específico que indica sustancialmente la cantidad de la energización, de manera que la temperatura se estima sin usar directamente la dependencia a la temperatura de una característica física del objeto. A este respecto, la determinación de la temperatura del objeto en la etapa (a) puede realizarse con un sensor de temperatura o mediante otro método de estimación.

Según el aspecto anteriormente mencionado, puesto que la temperatura del otro de los objetos primero y segundo se estima basándose en la temperatura del objeto determinada mediante algún medio, y el valor específico que indica sustancialmente la cantidad de energización que provoca la generación de calor del segundo objeto, la temperatura puede estimarse mediante un medio distinto a los métodos de usar directamente la dependencia a la temperatura de una característica física relativa a estos objetos.

Desarrollos ventajosos adicionales se exponen en las reivindicaciones dependientes.

A este respecto, cuando se supone que la temperatura del primer objeto es T_1 , la temperatura del segundo objeto es T_2 y la cantidad de incremento de temperatura del segundo objeto que está relacionada con el valor específico que indica sustancialmente la cantidad de la energización es ΔT , se establece de manera preliminar una relación entre la cantidad de incremento de temperatura ΔT y el valor específico que indica sustancialmente la cantidad de la energización, y la estimación en la etapa (b) se ejecuta según la ecuación de $T_2 = T_1 + \Delta T$.

Con esta modificación, es posible determinar la cantidad de incremento de temperatura ΔT a partir del valor específico que indica sustancialmente la cantidad de energización y estimar fácilmente la temperatura de cualquiera del primer o el segundo objeto usando esto.

En cuanto a una combinación de los objetos primero y segundo, se considera una variedad de combinaciones.

Por ejemplo, el segundo objeto puede ser un semiconductor de potencia, y el primer objeto puede ser un refrigerante para refrigerar el elemento semiconductor de potencia. La etapa (b) incluye un proceso para determinar la cantidad de incremento de temperatura ΔT según un valor específico que indica sustancialmente la cantidad de energización del elemento semiconductor de potencia a partir de la relación entre la cantidad de incremento de temperatura ΔT predeterminada y el valor específico que indica sustancialmente la cantidad de energización del elemento semiconductor.

Normalmente, el elemento semiconductor de potencia tiene una capacidad térmica muy pequeña y muestra un cambio de temperatura rápido. Por tanto, es posible estimar fácilmente la temperatura de cualquiera del elemento semiconductor de potencia o el refrigerante a partir del valor específico que indica sustancialmente la cantidad de energización del elemento semiconductor de potencia y la temperatura del refrigerante.

O bien el primer objeto puede ser un núcleo de hierro de estator de un motor eléctrico, y el segundo objeto puede ser una bobina de estator del motor eléctrico. La etapa (b) incluye un proceso para determinar la cantidad de incremento de temperatura ΔT según un valor específico que indica sustancialmente la cantidad de energización del motor eléctrico a partir de la relación entre la cantidad de incremento de temperatura ΔT predeterminada y el valor específico que indica sustancialmente la cantidad de energización del motor eléctrico.

En esta configuración, es posible que la temperatura de cualquiera del núcleo de hierro de estator o la bobina de estator, y el valor específico que indica sustancialmente la cantidad de energización del motor, se usen para estimar la temperatura del otro.

En esta configuración, la etapa (a) puede incluir un proceso para determinar la temperatura del núcleo de hierro de estator basándose en la temperatura de un refrigerante para refrigerar el estator del motor eléctrico y el valor específico que indica sustancialmente la cantidad de energización del motor eléctrico.

En esta configuración, la temperatura del núcleo de hierro de estator puede determinarse a partir de la temperatura del refrigerante, y además la temperatura de la bobina de estator puede estimarse a partir de esto.

En otra configuración, el segundo objeto puede ser un núcleo de hierro de estator de un motor eléctrico, y el primer objeto es un refrigerante para refrigerar el estator del motor eléctrico. La etapa (b) puede incluir un proceso para determinar la temperatura del núcleo de hierro de estator basándose en la temperatura del refrigerante y un valor específico que indica sustancialmente la cantidad de energización del motor eléctrico.

En esta configuración, es posible que la temperatura de cualquiera del núcleo de hierro de estator o el refrigerante y el valor específico que indica sustancialmente la cantidad de energización del motor puedan usarse para estimar la temperatura del otro.

ES 2 338 861 T3

O bien el segundo objeto puede ser un elemento semiconductor de potencia, y el primer objeto puede ser un refrigerante para refrigerar el elemento semiconductor de potencia. La etapa (a) puede incluir un proceso para medir la temperatura del elemento semiconductor de potencia con un sensor de temperatura instalado sobre el elemento semiconductor de potencia, y la etapa (b) puede incluir un proceso para determinar la temperatura del refrigerante a partir del cambio de temperatura del elemento semiconductor de potencia en un estado en el que el elemento semiconductor de potencia no está energizado.

En el estado en el que no hay energización en el dispositivo semiconductor de potencia, la temperatura del dispositivo semiconductor de potencia se equilibra rápidamente a una temperatura aproximadamente igual a la temperatura del refrigerante. Por tanto, la temperatura del refrigerante puede determinarse a partir del cambio de temperatura del elemento semiconductor de potencia en el estado sin energización.

Obsérvese que la invención puede realizarse de diversas formas; por ejemplo, es posible realizarla de forma que comprenda: un método y un dispositivo para estimar la temperatura; un vehículo equipado con el dispositivo; un programa informático mediante el cual se consigue el método o una función del dispositivo; un medio de grabación que graba el programa informático; señales de datos que incluyen el programa informático que se materializan en una onda portadora, etc.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un dibujo explicativo que muestra una configuración general de un vehículo híbrido como una primera realización de la invención;

la figura 2 es un dibujo explicativo que muestra una estructura interna del circuito de accionamiento;

la figura 3 es un dibujo explicativo que muestra la configuración de un sistema de refrigeración para refrigerar el transistor del circuito de accionamiento;

la figura 4 es un gráfico que muestra un ejemplo de variaciones de una temperatura del transistor y de una temperatura del agua refrigerante;

la figura 5 es un gráfico que muestra un ejemplo de un mapa de una desviación de temperatura $\Delta T(\text{Ptr})$ que se usa cuando se obtiene la temperatura del transistor;

la figura 6 es un dibujo explicativo que muestra la configuración del sistema de refrigeración para refrigerar el primer motor;

la figura 7 es un gráfico que muestra un ejemplo de variaciones de la temperatura del núcleo de hierro del primer motor y de la temperatura del agua refrigerante;

la figura 8 es un dibujo explicativo que muestra el método para refrigerar el segundo motor;

la figura 9 es un gráfico que muestra un ejemplo de variaciones de la temperatura de la bobina del segundo motor y de la temperatura del núcleo de hierro;

la figura 10 es un dibujo explicativo que muestra otra configuración de un sistema de refrigeración para refrigerar los transistores de potencia;

la figura 11 es un gráfico que muestra variaciones de la temperatura del transistor T_{tr} y la temperatura del agua refrigerante T_W cuando el transistor está sometido a estados de funcionamiento y detención que se repiten de manera alternante;

la figura 12 es un dibujo explicativo que muestra la configuración de un sistema de refrigeración común para refrigerar el transistor de potencia y el primer motor; y

la figura 13 es un diagrama de flujo que representa el procedimiento mediante el cual se estiman la temperatura del agua refrigerante y la temperatura ambiente exterior.

Descripción detallada de realizaciones preferidas

A continuación se describirá una realización de la invención en el siguiente orden.

- A. Configuración general de un vehículo híbrido
- B. Funcionamiento básico de vehículo híbrido
- C. Estimación de temperatura del transistor de potencia

ES 2 338 861 T3

- D. Estimación de temperatura del primer motor MG1
- E. Estimación de temperatura del segundo motor MG2
- 5 F. Estimación de temperatura del agua refrigerante (parte 1)
- G. Estimación de temperatura del agua refrigerante (parte 2)
- 10 H. Ejemplos modificados

A. Configuración general de un vehículo híbrido

La figura 1 es un dibujo explicativo que muestra una configuración general de un vehículo híbrido como una realización de la invención. Este vehículo híbrido está equipado con tres fuentes de energía primaria que consisten en un motor 150 y dos motores/generadores MG1, MG2. En el presente documento, un “motor/generador” significa un motor electrónico que puede funcionar como un motor y también como un generador. Obsérvese que en lo sucesivo, cada uno del motor 150 y los motores/generadores MG1, MG2 se denominarán simplemente como “motor” para mayor simplicidad. El vehículo se controla mediante un sistema de control 200.

El sistema de control 200 tiene una ECU (unidad de control electrónica) principal 210, una ECU de freno 220, una ECU de batería 230 y una ECU de motor 240. Cada ECU incluye una pluralidad de elementos de circuito, tales como un microordenador, una interfaz de entrada y una interfaz de salida dispuestas sobre una única placa de circuito formando una unidad. La ECU principal 210 tiene una parte de control de motor 260 y una parte de control maestra 270. La parte de control maestra 270 tiene una función de determinar variables controladas tales como distribución de la salida de las tres fuentes de energía primaria 150, MG1 y MG2.

El motor 150 es un motor de gasolina normal que hace girar un cigüeñal 156. El funcionamiento del motor 150 se controla por la ECU de motor 240. La ECU de motor 240 ejecuta el control de la cantidad de inyección del motor 150 y otros según una instrucción desde la parte de control maestra 270.

Cada uno de los motores MG1, MG2 está configurado como un motor síncrono que comprende un rotor 132 (142) con una pluralidad de imanes permanentes alrededor de su cara periférica, un estator 133 (143) alrededor del cual están bobinadas bobinas trifásicas 131 (141) para formar un campo magnético rotacional. Los estatores 133, 143 están fijados a una caja 119. Cada una de las bobinas trifásicas 131, 141 que están bobinadas alrededor del estator 133 (143) está conectada a una segunda batería 194 a través de un circuito de accionamiento 191 (192), respectivamente. Cada uno de los circuitos de accionamiento 191, 192 es un inversor transistor dotado de pares de transistores, siendo cada par un elemento de conmutación para cada fase. Los circuitos de accionamiento 191, 192 se controlan por la parte de control de motor 260. Cuando los transistores del circuito de accionamiento 191 (192) se encienden mediante una señal de control desde la parte de control de motor 260, una corriente fluye entre la batería 194 y el motor MG1 (MG2). Los motores MG1, MG2 pueden funcionar como motores eléctricos que giran para accionar otros elementos mientras reciben electricidad desde la batería 194 (en lo sucesivo este estado de funcionamiento se denominará como “modo de marcha”) y también puede funcionar como los generadores eléctricos que generan fuerzas electromotrices en ambos extremos de las bobinas trifásicas 131, 141 para cargar la batería 194 cuando los rotores 132, 142 se hacen girar por una fuerza externa (en lo sucesivo este estado de funcionamiento se denominará “modo regenerativo”).

Los ejes de rotación del motor 150 y de los motores MG1, MG2 están conectados mecánicamente entre si a través de un engranaje planetario 120. El engranaje planetario 120 está compuesto por un engranaje central 121, un engranaje anular 122 y un soporte planetario 124 con un engranaje de piñón planetario 123. En el vehículo híbrido de esta realización, el cigüeñal 156 del motor 150 está conectado a un eje de soporte planetario 127 a través de un amortiguador 130. El amortiguador 130 está previsto para absorber vibraciones de torsión que se producen en el cigüeñal 156. El rotor 132 del motor MG1 está conectado a un eje del engranaje central 125. El rotor 142 del motor MG2 está conectado a un eje del engranaje anular 126. La rotación del engranaje anular 122 se transmite a un semieje 112 y a las ruedas 116R, 116L a través de una correa de cadena 129 y un engranaje diferencial 114.

El sistema de control 200 utiliza diversos sensores para lograr el control de todo el vehículo. Por ejemplo, un sensor de acelerador 165 detecta la cantidad de depresión de un pedal acelerador por el conductor, un sensor de posición de cambio de marcha 167 detecta una posición de una palanca de cambio, un sensor de freno 163 detecta una presión de depresión sobre un pedal de freno, un sensor de batería 196 detecta un estado de carga de la batería 194, un sensor de velocidad de revolución 144 mide la velocidad de revolución (el número de revoluciones por unidad de tiempo) del motor MG2, etc. Puesto que el eje del engranaje anular 126 y el semieje 112 están conectados mecánicamente con la correa de cadena 129, una relación de las velocidades de revolución del engranaje satélite 126 y del semieje 112 es constante. Por consiguiente, con el sensor de velocidad de revolución 144 instalado sobre el eje del engranaje anular 126, no sólo puede detectarse la velocidad de revolución del motor MG2 sino también la velocidad de revolución del semieje 112.

La figura 2 es un dibujo explicativo que muestra una configuración interna de los circuitos de accionamiento 191, 192. Cada uno de los circuitos de accionamiento 191, 192 es un inversor transistor trifásico compuesto por seis transistores de potencia Tr1-Tr6 (Tr1-Tr16), respectivamente. En cuanto a los transistores Tr1-Tr6 y Tr1-Tr16, por

ejemplo, pueden usarse diversos elementos semiconductores de potencia tales como un IGBT. El primer circuito de accionamiento 191 tiene una configuración en la que los seis transistores Tr1-Tr6 en el mismo están dispuestos de tal manera que tres conjuntos de transistores, cada uno de los cuales consiste en dos transistores conectados en serie, están conectados en paralelo a líneas de suministro de potencia L1, L2. A cada punto de unión de los tres conjuntos de transistores emparejados está conectada una parte de bobina de la bobina trifásica del primer motor MG1. La parte de control de motor 260 (figura 1) forma ondas pseudosinusoidales a partir de las corrientes que fluyen a través de las respectivas partes de bobina de la bobina trifásica 134 controlando mediante PMW las razones de tiempos de encendido de los transistores Tr1—Tr6. El segundo circuito de accionamiento 192 está configurado del mismo modo que el primer circuito de accionamiento 191.

Obsérvese que dos sensores de corriente 197u, 197v para detectar corrientes Iu1, Iv1 están instalados en hilos de fase U y fase V de los hilos de salida trifásica del primer circuito de accionamiento 191. De forma similar, dos sensores de corriente 198u, 198v para detectar corrientes Iu2, Iv2 están instalados en hilos de fase U y fase V de los hilos de salida trifásica del segundo circuito de accionamiento 192. Los valores medidos de estas corrientes se introducen en la parte de control de motor 260 (figura 1). A este respecto, puesto que la suma de los valores de corriente de las tres fases es cero, una corriente de la fase W se determina a partir de las corrientes de la fase U y la fase V.

B. Funcionamiento básico del vehículo híbrido

En primer lugar, para explicar la acción básica del vehículo híbrido, a continuación se describirá el funcionamiento del engranaje planetario 120. El engranaje planetario 120 tiene la característica de que cuando se determinan las velocidades de revolución de dos de los tres ejes de rotación, la velocidad de revolución del eje de rotación restante también se determina. Una relación de las velocidades de revolución de los ejes de rotación es tal como se muestra en la siguiente ecuación (1):

$$N_c = N_s \cdot \rho / (1 + \rho) + N_r \cdot 1 / (1 + \rho), \quad (1)$$

donde N_c es la velocidad de revolución del eje del soporte planetario 127, N_s la velocidad de revolución del eje del engranaje central 125 y N_r la velocidad de revolución del eje del engranaje anular 126. Además, ρ es una relación de transmisión del engranaje central 121 y el engranaje anular 122, expresada en la siguiente ecuación:

$$\rho = [\text{número de dientes del engranaje central 121}] / [\text{número de dientes del engranaje anular 122}].$$

Además, los pares motores de los tres ejes de rotación tienen relaciones fijas que vienen dadas por las siguientes ecuaciones (2), (3) independientemente de las velocidades de revolución:

$$T_s = T_c \cdot \rho / (1 + \rho), \quad (2)$$

$$T_r = T_c \cdot \rho / (1 + \rho) = T_s / \rho, \quad (3)$$

donde T_c es un par motor del eje del soporte planetario 127, T_s es un par motor del eje del engranaje central 125 y T_r es un par motor del eje del engranaje anular 126.

Gracias a una función de un engranaje planetario 120 de este tipo, el vehículo híbrido de esta realización puede desplazarse en diversos estados. Por ejemplo, en un estado de velocidad relativamente baja cuando el vehículo híbrido empieza a desplazarse, el motor MG2 se hace funcionar en un modo de marcha, mientras que el motor 150 está deteniéndose y por tanto la potencia se envía al semieje 112 para propulsar el vehículo. Puede haber un caso en el que el vehículo también se haga funcionar en modo de marcha mientras que el motor 150 está en un estado inactivo.

Cuando el vehículo híbrido alcanza una velocidad predeterminada después de empezar a desplazarse, el sistema de control 200 pone el motor 150 en el estado de marcha por batería con un par motor desde el motor MG1 para el modo de marcha y realiza su arranque. En este momento, un par de fuerza de reacción del motor MG1 también se transmite al engranaje anular 122 a través del engranaje planetario 120.

Cuando el motor 150 se hace funcionar y el eje del soporte planetario 127 se hace girar, el eje del engranaje central 125 y el eje del engranaje anular 126 giran de modo que cumplen las anteriores ecuaciones (1) a (3). La potencia provocada por la rotación del eje del engranaje anular 126 se transmite, como tal, a las ruedas 116R, 116L. La potencia derivada de la rotación del eje del engranaje central 125 puede recuperarse de manera regenerativa por el primer motor MG1 como potencia eléctrica. Por otra parte, si el segundo motor MG2 se hace que funcione en modo de marcha, la potencia puede enviarse a las ruedas 116R, 116L a través del eje del engranaje anular 126.

ES 2 338 861 T3

En un funcionamiento en régimen permanente, la salida del motor 150 se fija a un valor aproximadamente igual a la potencia requerida del semieje 112 (concretamente, [velocidad de revolución del semieje 112] x [par motor]). En este momento, una parte de la salida del motor 150 se transmite directamente al semieje 112 a través del eje del engranaje anular 126, y la salida restante se recupera de manera regenerativa por el primer motor MG1 como potencia eléctrica. La potencia eléctrica así recuperada se usa para generar un par motor con el que el segundo motor MG2 hace girar el eje del engranaje anular 126. Como resultado, el semieje 112 puede accionarse a una velocidad de revolución deseada y con un par motor deseado.

En el caso de que el par motor que va a transmitirse al semieje 112 sea insuficiente, el segundo motor MG2 sirve para asistir al par motor. En cuanto a la potencia eléctrica requerida para esta asistencia, se usan la potencia eléctrica que se recupera de manera regenerativa por el primer motor MG1 y la potencia eléctrica que se ha acumulado en la batería 149. Por tanto, el sistema de control 200 controla el funcionamiento de los dos motores MG1, MG2 en respuesta a la potencia requerida que ha de salir desde el semieje 112.

El vehículo híbrido de esta realización puede moverse marcha atrás mientras que el motor 150 está en funcionamiento. Cuando se hace funcionar el motor 150, el eje del soporte planetario 127 gira en la misma dirección que cuando el vehículo se mueve hacia delante. En este momento, si el eje del engranaje central 125 se hace girar a una velocidad de revolución superior a la velocidad de revolución del eje del soporte planetario 127 controlando el primer motor MG1, el eje del engranaje anular 126 gira en una dirección hacia atrás, como resulta evidente a partir de la anterior ecuación (1). El sistema de control 200 puede hacer que el vehículo híbrido se mueva hacia atrás controlando el par motor de entrada del segundo motor MG2 mientras que el segundo motor MG2 se hace girar en una dirección hacia atrás.

El engranaje planetario 120 puede hacer que el soporte planetario 124 y el engranaje central 121 giren mientras que el engranaje anular 122 se detiene. Por tanto, incluso cuando el vehículo está detenido, el motor 150 puede hacerse funcionar. Por ejemplo, cuando disminuye la capacidad restante de la batería 194, la batería 194 puede cargarse haciendo funcionar el motor 150 y también haciendo que el primer motor MG1 funcione en modo regenerativo. Si el primer motor MG1 se hace funcionar en modo de marcha cuando el vehículo está detenido, el motor 150 puede ponerse en el estado de marcha por batería mediante su par motor y arrancarse.

C. Estimación de temperatura de los transistores de potencia

La figura 3 es un dibujo explicativo que muestra la configuración de un sistema de refrigeración para refrigerar transistores de potencia de los circuitos de accionamiento 191, 192. Doce transistores 300 que constituyen los circuitos de accionamiento 191, 192 (Tr1-Tr6 y Tr11-Tr16 de la figura 2) se sueldan sobre un sustrato 302. A este respecto, en la figura 3, sólo se dibuja un transistor para mayor comodidad. El sustrato 302 se fija sobre una placa de refrigeración 306 hecha de aluminio mediante la soldadura 304. Esta soldadura 304 sirve para aumentar la conductividad térmica entre el sustrato y la placa de refrigeración 306. Un espacio por encima del transistor 300 está cubierto con una tapa 308 hecha de aluminio. Además, se forma un conducto de refrigeración 310 dentro de la placa de refrigeración 306 justo por debajo del transistor 300.

El agua refrigerante CLW para refrigerar el transistor 300 pasa a través del conducto de refrigeración 310 al interior de la placa de refrigeración 306, a continuación se somete a presión mediante una bomba 402 y enfriándose mediante un radiador 404, y después vuelve al conducto de refrigeración 310 de nuevo a través de un conducto de circulación 406. En un canal aguas arriba de donde está instalada la placa de refrigeración 306 hay un sensor de temperatura 408 para medir la temperatura del agua refrigerante CLW. Obsérvese que el radiador 404 está previsto de manera independiente de un radiador para el motor.

El sustrato 302, la soldadura 304 y la placa de refrigeración 306 están realizados todos ellos de materiales que presentan una excelente conductividad térmica. Por tanto, el calor generado por el transistor 300 se conduce rápidamente al agua refrigerante CLW a través de estos elementos.

A este respecto, el primer motor MG1 se usa principalmente como un generador como se describió anteriormente, mientras que el segundo motor MG2 se usa principalmente como un motor. Como resultado, normalmente el segundo motor MG2 tiene un mayor valor de corriente. Puesto que, en general, cuanto mayor es el valor de corriente de un transistor, mayor será la generación de calor del mismo, los transistores Tr11-Tr16 (figura 2) para el segundo motor MG2 muestran una tendencia a alcanzar una mayor temperatura que los transistores Tr1-Tr6 para el primer motor MG1. Entonces, en esta realización, los transistores de fase V Tr13, Tr14 dispuestos en el centro entre los seis transistores, y que tienen una tendencia a alcanzar la temperatura más alta, se eligen como los objetos cuya temperatura va a estimarse.

La figura 4 es un gráfico que muestra un ejemplo de variaciones de las temperaturas del transistor y del agua refrigerante. Cuando el transistor 300 no está en funcionamiento, el transistor 300 no genera el calor, y por consiguiente la temperatura del transistor T_{tr} y la temperatura del agua T_w se mantienen constantes y aproximadamente iguales. Además, la temperatura del flujo de aire T_{air} que refrigera el radiador 404 se mantiene a un valor constante ligeramente inferior a estas temperaturas.

ES 2 338 861 T3

5 Cuando el transistor 300 se enciende brevemente en el instante t_i , la temperatura del transistor T_{tr} aumenta ligeramente debido a la generación de calor. Sin embargo, puesto que la capacidad calorífica del transistor 300 es muy pequeña en comparación con las capacidades caloríficas de la placa de refrigeración 306, etc., y el calor se conduce rápidamente al agua refrigerante CLW, y la temperatura del transistor T_{tr} cae hasta aproximadamente el mismo valor que la temperatura del agua refrigerante T_w .

10 Desde el instante t_2 hasta el instante t_3 , el transistor 300 se enciende de manera continua con una salida constante. En este caso, puesto que el valor calorífico es grande, la temperatura del transistor T_{tr} se eleva gradualmente y, por consiguiente, la temperatura del agua refrigerante T_w también se eleva. Entonces, cuando se detiene el funcionamiento del transistor 300 en el instante t_3 , la temperatura del transistor T_{tr} cae rápidamente (en unos pocos o en unas pocas decenas de segundos) hasta bajar a la misma temperatura que la temperatura del agua refrigerante T_w . A este respecto, se supone que la temperatura del flujo de aire T_{air} es constante.

15 Por tanto, la temperatura del transistor T_{tr} se eleva más que la temperatura del agua refrigerante durante el funcionamiento del transistor 300 y, cuando se detiene el funcionamiento, ésta cae hasta bajar a aproximadamente la misma temperatura que la temperatura del agua refrigerante T_w . Además, durante el funcionamiento del transistor 30, la diferencia $\Delta T_{tr/w}$ entre la temperatura del transistor T_{tr} y la temperatura del agua refrigerante T_w se mantiene casi constante.

20 La temperatura del transistor $T_{tr}(i)$ en un instante arbitrario i puede expresarse mediante la siguiente ecuación (4):

$$25 \quad T_{tr}(i) = T_{tr}(i-1) + K_{11} \cdot P_{Ltr}(i) - K_{12}[T_{tr}(i-1) - T_w(i-1)], \quad (4)$$

donde $P_{Ltr}(i)$ es el valor calorífico de todos los transistores (pérdida de potencia) desde el instante $(i-1)$ hasta el instante i , y K_{11} y K_{12} son coeficientes predeterminados, respectivamente.

30 El primer término en el lado derecho de la ecuación (4) es la temperatura del transistor en el instante $(i-1)$. El segundo término en el lado derecho representa la cantidad de incremento de temperatura debida a la generación de calor de los transistores y el tercer término en el lado derecho representa una cantidad de disminución de temperatura debida a la conducción térmica del mismo hacia el agua refrigerante CLW. A este respecto, el segundo y tercer términos en el lado derecho son las cantidades de cambio de temperatura por unidad de tiempo. En este caso, "unidad de tiempo" significa un periodo de tiempo desde el instante $(i-1)$ hasta el instante i .

40 Estrictamente hablando, deberían considerarse otros elementos tales como una disminución de temperatura debida a la radiación térmica desde el transistor 300 y una disminución de temperatura debida a la conducción térmica hacia el sustrato 302 en la ecuación anterior (4). Sin embargo, resulta que las contribuciones de estos otros componentes son lo bastante pequeñas y pueden ignorarse.

45 A este respecto, resulta que el segundo término en el lado derecho de la ecuación anterior (4) se mantiene a un valor constante mientras que el transistor esté funcionando con una salida constante. En otras palabras, el segundo término en el lado derecho viene dado como una función de la salida del transistor. Además, como puede entenderse a partir del ejemplo de la figura 4, mientras la salida del transistor sea constante,

50 la diferencia $\Delta T_{tr/w}$ entre la temperatura del transistor T_{tr} y la temperatura del agua refrigerante T_w es casi constante. Esto significa que el tercer término en el lado derecho de la ecuación (4) es un valor casi constante. Por tanto, el tercer término en el lado derecho también viene dado como una función de la salida del transistor. Es decir, se ha descubierto que el segundo término y el tercer término en el lado derecho son ambas funciones de la salida del transistor. Considerando estos hechos, la ecuación anterior (4) puede reescribirse como la siguiente ecuación (5):

$$55 \quad T_{tr}(i) = T_{tr}(i-1) + \Delta T_{tr}(P_{tr}), \quad (5)$$

60 donde $\Delta T_{tr}(P_{tr})$ es una variación de la temperatura del transistor por unidad de tiempo cuando la salida del transistor es P_{tr} .

La variación de la temperatura del transistor $\Delta T_{tr}(P_{tr})$ corresponde a una tasa de aumento de temperatura cuando la temperatura del transistor T_{tr} aumenta de manera casi lineal en un periodo posterior al instante t_2 en la figura 4.

65 A este respecto, la temperatura del transistor $T_{tr}(i-1)$ en el instante $(i-1)$ se expresa mediante la suma de la temperatura del agua refrigerante $T_w(i-1)$ y la diferencia de temperatura transistor/agua refrigerante $\Delta T_{tr/w}$.

ES 2 338 861 T3

Por tanto, el tipo de ecuación anterior (5) puede reescribirse como la siguiente ecuación (6):

$$T_{tr}(i) = T_w(i-1) + \Delta T_{tr}/W(P_{tr}) + \Delta T_{tr}(P_{tr}), \quad (6)$$

Combinando el segundo término y el tercer término en el lado derecho en un término, se obtiene la siguiente ecuación (7):

$$T_{tr}(i) = T_w(i-1) + \Delta T(P_{tr}), \quad (7)$$

donde

$$\Delta T_{tr}/w(P_{tr}) + \Delta T(P_{tr}) = \Delta T_{tr}(P_{tr}).$$

Es decir, la temperatura del transistor $T_{tr}(i)$ en el instante i cuando la salida del transistor es P_{tr} viene dada por la suma de la temperatura del agua refrigerante $T_w(i-1)$ en el instante $(i-1)$ y la desviación de temperatura $\Delta T(P_{tr})$ que depende de la salida del transistor.

En este caso, el tercer término en el lado derecho de la ecuación (6) es la tasa de aumento de la temperatura del transistor y es aproximadamente igual a una tasa de aumento de la temperatura del agua refrigerante, lo que puede entenderse a partir de la figura 4. Por tanto, la suma del primer término y el tercer término en el lado derecho de ecuación (6) es aproximadamente igual a la temperatura del agua $T_w(i)$ en el instante i . Entonces, también es posible reescribir la ecuación anterior (6) como la siguiente ecuación (8):

$$T_{tr}(i) = T_w(i) + \Delta T'(P_{tr}), \quad (8)$$

donde

$$\Delta T'(P_{tr}) = \Delta T_{tr}/w(P_{tr}).$$

La temperatura del agua refrigerante $T_w(i-1)$, $T_w(i)$ se mide mediante el sensor de temperatura 408 (figura 3) instalado en el conducto de circulación 406. Además, las desviaciones de temperatura $\Delta T(P_{tr})$, $\Delta T'(P_{tr})$ se determinan, por ejemplo, mediante un mapa para indicar un valor de la desviación de temperatura según los valores de la corriente de los motores MG1, MG2 y una frecuencia de corriente alterna trifásica. Este mapa se realiza de antemano de manera experimental. Obsérvese que puesto que el primer motor MG1 se usa principalmente como el generador, el valor de la corriente del mismo es relativamente pequeño, y por tanto la generación de calor por los transistores para el primer motor MG1 puede ignorarse. Por tanto, en esta realización, las desviaciones de temperatura $\Delta T(P_{tr})$, $\Delta T'(P_{tr})$ se determinan basándose en los valores de la corriente y la frecuencia de corriente alterna trifásica del segundo motor MG2 usado principalmente como el motor.

La figura 5 muestra un ejemplo del mapa de la desviación de temperatura $\Delta T(P_{tr})$. En este mapa, se muestra la relación entre el valor de corriente del motor y la desviación de temperatura ΔT del transistor para diferentes valores de la frecuencia de corriente alterna trifásica.

Por tanto, la temperatura del transistor T_{tr} puede estimarse fácilmente como la suma del valor medido de la temperatura del agua refrigerante T_w y la desviación de temperatura ΔT que depende de la salida P_{tr} del transistor. Por tanto, la temperatura del transistor puede estimarse sin usar directamente la dependencia a la temperatura de una característica física del transistor tal como la dependencia a la temperatura del valor de corriente del transistor.

Las desviaciones de temperatura ΔT , $\Delta T'$ pueden determinarse basándose en otro valor específico que indica sustancialmente la cantidad de energización del transistor, y no está limitado a una combinación del valor de corriente y la frecuencia de corriente alterna trifásica. Por ejemplo, las desviaciones de temperatura ΔT , $\Delta T'$ pueden determinarse basándose en un valor de instrucción del par motor que se le da a la parte de control de motor 260 desde la parte de control maestra 270 y una frecuencia portadora de una señal de accionamiento (frecuencia de un impulso de señal de accionamiento en control PWM) que se le da a los circuitos de accionamiento 191, 192 desde la parte de control de motor 260.

ES 2 338 861 T3

A este respecto, el valor calorífico del transistor depende también de si la corriente suministrada al motor es una onda sinusoidal o una onda rectangular. Por tanto, pueden prepararse diferentes mapas de las desviaciones de temperatura ΔT , $\Delta T'$ para cada forma de onda.

5 D. Estimación de temperatura del primer motor MG1

La figura 6 es un dibujo explicativo que muestra la configuración del sistema de refrigeración para refrigerar el primer motor MG1. El primer motor MG1 tiene un rotor 320, una bobina de estator 322 y un núcleo de hierro de estator 324, que están todos alojados en una caja de motor 326. Una periferia de la caja de motor 326 está rodeada por una camisa 328 y el conducto del agua refrigerante CLW está formado entre estos elementos.

La configuración del sistema de refrigeración de la figura 6 es aproximadamente igual que la del sistema de refrigeración para el transistor mostrado en la figura 3. A este respecto, el sistema de refrigeración para el transistor y el del motor pueden construirse como un único sistema de uso común, pero en este caso la descripción se hará suponiendo que son independientes entre si.

Como factores de la generación de calor en el primer motor MG1, se enumeran pérdida en el cobre (pérdida en la bobina 322) y pérdida en el hierro (pérdida en el núcleo de hierro 324). Puesto que el primer motor MG1 se usa principalmente como el generador y la densidad de la corriente es relativamente pequeña, la pérdida en el cobre es pequeña y puede ignorarse. Por tanto, sólo debe considerarse como factor de calentamiento en el primer motor MG1 la pérdida en el hierro, y de ahí que el elemento cuya temperatura se eleva más sea el núcleo de hierro de estator 324.

La figura 7 es un gráfico que muestra un ejemplo de variaciones de la temperatura del núcleo de hierro y la temperatura del agua refrigerante del primer motor MG1. Cuando el motor MG1 no está en funcionamiento, no hay generación de calor en el núcleo de hierro, y por tanto la temperatura del núcleo de hierro Tgf y la temperatura del agua TW se mantienen constantes y a aproximadamente la misma temperatura.

Desde el instante t11 hasta el instante t12, el motor MG1 se hace funcionar de manera continua con una salida constante. En este tiempo, la temperatura del núcleo de hierro Tgf se eleva gradualmente y la temperatura del agua refrigerante Tw también se eleva. Entonces, cuando el suministro de la potencia eléctrica hacia el motor MG1 se detiene en el instante t12, la temperatura del núcleo de hierro Tgf se aproxima lentamente a la temperatura del agua refrigerante Tw, y finalmente ambas temperaturas caen hasta aproximadamente la misma temperatura.

Por tanto, la temperatura del núcleo de hierro Ttr del primer motor MG1 tiene la característica de que cuando se suministra potencia eléctrica al MG1, es mayor que la temperatura del agua refrigerante Tw, pero una vez detenido el suministro de la potencia eléctrica, cae lentamente hasta bajar a aproximadamente la misma temperatura que la temperatura del agua refrigerante.

La temperatura del núcleo de hierro Tgf(i) en un instante arbitrario i puede expresarse como la siguiente ecuación (9):

$$\mathbf{Tgf(i) = Tgf(i-1) + K21 \cdot PLgf(i) - K22[Tgf(i-1) - Tw(i-1)]}, \quad (9)$$

donde PLgf(i) es un valor calorífico del núcleo de hierro desde el instante (i-1) hasta el instante i, y K21 y K22 son coeficientes predeterminados, respectivamente.

El segundo término en el lado derecho de la ecuación (9) representa la cantidad de incremento de temperatura debida a la generación de calor y el tercer término en el lado derecho representa la cantidad de disminución de temperatura debida a la refrigeración.

Como puede entenderse al comparar la figura 7 y la figura 4, la variación de la temperatura del núcleo de hierro es relativamente baja y la desviación de temperatura $\Delta T_{gf/w}$ entre la temperatura del núcleo de hierro Tgf y la temperatura del agua refrigerante Tw también varía lentamente a lo largo del tiempo. El motivo de esto es que el núcleo de hierro 324 tiene una gran capacidad calorífica.

La temperatura del núcleo de hierro Tgf del primer motor MG1 se determina usando la ecuación (9). Las incógnitas en el lado derecho de la ecuación (9) son la temperatura del agua Tw(i-1) y el valor calorífico del núcleo de hierro PLgf. La temperatura del agua Tw(i-1) se mide mediante el sensor de temperatura 408 instalado en el conducto de circulación 406. Además, el valor calorífico PLgf se determina a partir de un mapa que se ha realizado de antemano de tal manera que cada dato en el mismo corresponde a un valor que indica sustancialmente la salida del motor, tal como el par motor y la velocidad de revolución del motor. Este mapa es similar al de la figura 5 anteriormente descrito y su ilustración se omite en este caso.

A este respecto, un valor inicial de la temperatura del núcleo de hierro Tgf se determina midiendo la temperatura del agua Tw cuando no se ha suministrado potencia eléctrica al motor MG1 durante un tiempo suficientemente largo y

ES 2 338 861 T3

entonces se añade una desviación de temperatura ΔT_{0w} predeterminada a esta temperatura del agua T_w . Esta desviación de temperatura ΔT_{0w} se obtiene de manera experimental de antemano para diferentes niveles de la temperatura del agua T_w . Alternativamente, puede ser posible almacenar la temperatura del agua T_w y la temperatura del núcleo de hierro T_{gf} cuando se detiene la energización y estimar la desviación de temperatura ΔT_{0w} usando la ecuación (9) según un tiempo inactivo de par motor cero.

Tal como se mencionó anteriormente, la temperatura del núcleo de hierro T_{gf} del primer motor MG1 puede estimarse basándose en la temperatura del agua refrigerante T_w y el valor calorífico $PL_{gf}(i)$ que depende de la salida del motor MG1 (o la cantidad de energización del motor). La temperatura del núcleo de hierro puede estimarse sin usar directamente la dependencia a la temperatura de una característica física del motor.

E. Estimación de temperatura del segundo motor MG2

La figura 8 es un dibujo explicativo que muestra un método para refrigerar el segundo motor MG2. El segundo motor MG2 tiene un rotor 340, una bobina de estator 342 y un núcleo de hierro de estator 344, que están alojados todos ellos en una caja de motor 346. La caja de motor 326 se refrigera mediante flujo de aire. A este respecto, el núcleo de hierro 344 está dotado de un sensor de temperatura 350. Además, enfrente del motor MG2 está instalado un sensor de temperatura 352 para medir la temperatura ambiente exterior. El segundo motor MG2 se usa principalmente como un motor y, puesto que la densidad de la corriente eléctrica es relativamente grande, la pérdida en el cobre no puede ignorarse. Entonces, tanto la pérdida en el cobre como la pérdida en el hierro se consideran factores de calentamiento en el segundo motor MG2. A este respecto, es en la bobina de estator 342 donde la temperatura se eleva más.

La figura 9 es un gráfico que muestra un ejemplo de variaciones de la temperatura de la bobina T_{mc} del segundo motor MG2 y de la temperatura del núcleo de hierro T_{mf} . Cuando el motor MG2 no está en funcionamiento, no hay generación de calor y por tanto las temperaturas T_{mc} , T_{mf} se mantienen constantes y aproximadamente iguales.

Cuando se suministra potencia eléctrica al motor MG2 en el instante t_{21} , la temperatura de la bobina T_{mc} también aumenta ligeramente debido a la generación de calor y, según esto, la temperatura del núcleo de hierro T_{mf} también aumenta un poco. Sin embargo, puesto que la capacidad calorífica de la bobina 342 es muy pequeña en comparación con la capacidad calorífica del núcleo de hierro 344 y la conductividad térmica entre los dos elementos es alta, la temperatura de la bobina T_{mc} cae hasta bajar a aproximadamente el mismo valor que la temperatura del núcleo de hierro T_{mf} en un tiempo relativamente corto.

Desde el instante t_{22} hasta el instante t_{23} , el motor MG2 se hace funcionar de manera continua con una salida constante. En este tiempo, la temperatura de la bobina T_{mc} y la temperatura del núcleo de hierro T_{mf} se elevan gradualmente. Entonces, cuando se detiene el suministro de la potencia eléctrica al motor MG2 en el instante t_{23} , la temperatura de la bobina T_{mc} se aproxima a la temperatura del núcleo de hierro T_{mf} en un tiempo relativamente corto. Además, la temperatura del núcleo de hierro se aproxima lentamente a la temperatura ambiente exterior T_{air} y finalmente cae hasta bajar a aproximadamente la misma temperatura que la temperatura ambiente exterior T_{air} .

De este modo, la temperatura de la bobina T_{mc} del segundo motor MG2 varía de una manera relativamente rápida, mientras que la temperatura del núcleo de hierro T_{mf} varía de una manera relativamente lenta. Además, la temperatura de la bobina T_{mc} tiene la característica de que cuando se suministra potencia eléctrica al motor MG1, la temperatura de la bobina T_{mc} se eleva más que la temperatura del núcleo de hierro T_{mf} , pero cuando se detiene el suministro de la potencia eléctrica, la temperatura de la bobina cae hasta bajar a aproximadamente la misma temperatura que la temperatura del núcleo de hierro T_{mf} .

La temperatura de la bobina $T_{mc}(i)$ en un instante arbitrario i puede expresarse mediante las siguientes ecuaciones (10):

$$T_{mc}(i) = T_{mc}(i-1) + K31 \cdot PL_m(i) - K32[T_{mc}(i-1) - T_{mf}(i-1)], \quad (10)$$

donde $PL_m(i)$ es el valor calorífico del motor MG2 desde el instante $(i-1)$ hasta el instante i , y $K31$ y $K32$ son coeficientes predeterminados, respectivamente.

Obsérvese que una proporción del calor generado en la bobina 342 de la generación de calor por el motor MG2 se considera en el término del valor calorífico del motor, $K31 \cdot PL_m(i)$. Es decir, el segundo término en el lado derecho de la ecuación (10) representa la cantidad de incremento de temperatura debida a la generación de calor de la bobina 342. Además, el tercer término en el lado derecho representa la cantidad de disminución de temperatura debida a la conducción térmica desde la bobina 342 hasta el núcleo de hierro 344.

La relación entre la temperatura de la bobina T_{mc} y la temperatura del núcleo de hierro T_{mf} en la figura 9 es similar a la relación entre la temperatura del transistor T_{tr} y la temperatura del agua refrigerante T_w mostrada en la figura 4. Entonces, en esta realización, como una ecuación que da la temperatura de la bobina T_{mc} , se usa la siguiente ecuación (11) que es análoga a la ecuación anterior (7) en lugar de la ecuación (10):

$$T_{mc}(i) = T_{mf}(i-1) + \Delta T(P_m), \quad (11)$$

5 donde P_m es una salida del motor MG2.

Es decir, la temperatura de la bobina $T_{mc}(i)$ en el instante i cuando el motor MG2 se hace funcionar con la salida P_m viene dada por la suma de la temperatura del núcleo de hierro $T_{mf}(i-1)$ en el instante $(i-1)$ y la desviación de temperatura $\Delta T(P_m)$ según la salida del motor MG2.

10 Alternativamente, también es posible usar la siguiente ecuación (12) que es análoga a la ecuación anterior (8) en lugar de la ecuación (11):

$$T_{mc}(i) = T_{mf}(i) + \Delta T'(P_m), \quad (12).$$

15 Las temperaturas del núcleo de hierro $T_{mf}(i-1)$, $T_{mf}(i)$ se miden por el sensor de temperatura 350 (figura 8) instalado en el núcleo de hierro 344. Además, las desviaciones de temperatura $\Delta T(P_m)$, $\Delta T'(P_m)$ se determinan a partir de un mapa que indica las desviaciones de temperatura, correspondiendo cada una a un valor (o valores) que indica sustancialmente la salida del motor, tal como el par motor y la velocidad de revolución del motor. Este mapa es similar a la figura 5 anteriormente descrita y su ilustración se omite en este caso.

20 Por tanto, si puede medirse la temperatura del núcleo de hierro T_{mf} , la temperatura del núcleo de hierro T_{mc} puede estimarse fácilmente como la suma del valor medido de la temperatura del núcleo de hierro y la desviación de temperatura ΔT que depende de la salida del motor MG2. Por tanto, la temperatura de la bobina puede estimarse sin usar directamente la dependencia a la temperatura de una característica física de la bobina, como la dependencia a la temperatura de la resistencia de la bobina.

25 A este respecto, si no puede medirse la temperatura del núcleo de hierro T_m del primer término en el lado derecho de la ecuación anterior (11) o (12), es posible estimar la temperatura del núcleo de hierro T_{mf} a partir de la temperatura ambiente exterior T_{air} . En este momento, la temperatura del núcleo de hierro $T_{mf}(i)$ en un instante arbitrario i puede expresarse mediante la siguiente ecuación (13):

$$35 \quad T_{mf}(i) = T_{mf}(i-1) + K_{41} \cdot P_{Lm}(i) - K_{42}[T_m(i-1) - T_{air}(i-1)], \quad (13)$$

donde K_{41} y K_{42} son coeficientes predeterminados, respectivamente.

40 Obsérvese que el calor conducido desde la bobina 342 hasta el núcleo de hierro 344 se considera en el término del valor calorífico del motor, $K_{41} \cdot P_{Lm}(i)$. La temperatura ambiente exterior $T_{air}(i-1)$ incluida en el tercer término en el lado derecho se mide por el sensor de temperatura 352 (figura 8) instalado en el lado aguas arriba del motor MG2. A este respecto, la influencia de la velocidad del flujo de aire de refrigeración sobre la refrigeración puede ignorarse y no se considera en el tercer término en el lado derecho.

45 El valor inicial de la temperatura del núcleo de hierro T_{mf} en la ecuación anterior (13) se determina añadiendo una desviación de temperatura ΔT_{0air} predeterminada a la temperatura ambiente exterior T_{air} medida cuando no se suministra potencia eléctrica al motor MG1 durante un periodo suficientemente largo. Esta desviación de temperatura ΔT_{0air} se obtiene de manera experimental de antemano para cada uno de los diversos niveles de la temperatura ambiente exterior T_{air} .

50 Tal como se mencionó anteriormente, la temperatura del núcleo de hierro T_{mf} del segundo motor MG2 puede estimarse basándose en la temperatura T_{air} del aire exterior que sirve como refrigerante y el valor calorífico $P_{Lm}(i)$ que depende de la salida del motor MG2 (o la cantidad de energización del motor). La temperatura del núcleo de hierro puede estimarse sin usar directamente la dependencia a la temperatura de una característica física del motor.

Además, usando la temperatura del núcleo de hierro T_{mf} así estimada, también puede estimarse la temperatura de la bobina T_{mc} con la ecuación anterior (11) o (12).

60 F. Estimación de temperatura del agua refrigerante (parte 1)

La figura 10 es un dibujo explicativo que muestra otra configuración de un sistema de refrigeración para refrigerar los transistores de potencia. Una diferencia de esta configuración respecto a la mostrada en la figura 3 es el uso de un sensor de temperatura 312 para medir la temperatura T_{tr} del transistor 300 en lugar del sensor de temperatura 408 para el agua refrigerante. Con tal configuración, la temperatura del agua refrigerante T_w puede estimarse a partir del valor medido de la temperatura del transistor T_{tr} .

ES 2 338 861 T3

La temperatura del agua refrigerante $T_w(i)$ en un instante arbitrario i puede expresarse mediante las siguientes ecuaciones (14).

$$5 \quad T_w(i) = T_w(i-1) + K51 [T_{tr}(i-1) - T_w(i-1)] - K52 [T_w(i-1) - T_{air}(i-1)], \quad (14)$$

donde $K51$ y $K52$ son coeficientes predeterminados, respectivamente.

10 El segundo término en el lado derecho de la ecuación (14) representa la cantidad de incremento de temperatura debida a la conducción térmica desde el transistor, y el tercer término en el lado derecho representa la cantidad de disminución de temperatura debida a la refrigeración con el radiador 404.

15 Cuando la temperatura del agua refrigerante T_w se estima usando esta ecuación (14), normalmente la temperatura ambiente exterior T_{air} se mide con el sensor de temperatura. Sin embargo, también es posible estimar la temperatura del agua refrigerante T_w mediante la ecuación (14) usando la temperatura ambiente exterior T_{air} estimada mediante otros métodos, tal como se describirá más adelante.

20 A este respecto, en lugar de la ecuación (14) anteriormente descrita, es posible usar la siguiente ecuación (15) que se obtiene modificando la ecuación (8) anteriormente descrita:

$$T_w(i) = T_{tr}(i) - \Delta T' (P_{tr}), \quad (15)$$

25 donde $\Delta T' (P_{tr})$ es la desviación de temperatura que depende de la salida P_{tr} del transistor.

Es decir, la temperatura del agua refrigerante $T_w(i)$ puede estimarse como una diferencia del valor medido de la temperatura del transistor T_{tr} y la desviación de temperatura ΔT que depende de la salida P_{tr} del transistor.

30 Cuando la salida del transistor es cero, el segundo término en el lado derecho de la ecuación (15) también es cero. Por tanto, cuando se repiten de manera alternativa el estado de funcionamiento y el estado detenido del transistor, la temperatura del transistor T_{tr} y la temperatura del agua refrigerante T_w muestran variaciones, por ejemplo, como se muestra en la figura 11. Es decir, la temperatura del agua T_w cuando la salida del transistor es cero es aproximadamente igual a la temperatura del agua refrigerante T_w .

Considerando este fenómeno, la temperatura del agua refrigerante T_w cuando la salida del transistor es cero puede estimarse usando la siguiente ecuación (16):

$$40 \quad T_w(i) = T_{tr}(i) - \delta, \quad (16)$$

45 donde $T_{tr}(i)$ es un valor medido de la temperatura del transistor y δ indica una diferencia de temperatura predeterminada.

Esta diferencia de temperatura Δ es un valor que debe determinarse de manera experimental, aunque puede suponerse que $\delta = 0$.

50 En diversos métodos para estimar una temperatura, usando la temperatura de uno del primer objeto (por ejemplo, el agua refrigerante o el núcleo de hierro de estator) que muestra un cambio de temperatura relativamente pequeño y el segundo objeto (por ejemplo, el transistor o la bobina de estator) que muestra un cambio de temperatura relativamente rápido, se estima la temperatura del otro. Como segundo objeto, se selecciona un objeto que tiene una propiedad tal que genera calor a partir de su energización y cuya temperatura cae hasta bajar a una temperatura aproximadamente igual a la del primer objeto cuando la generación de calor está ausente. Además, los objetos primero y segundo se sitúan uno cerca del otro y con intercambio conductivo de calor. En este caso, una relación de que “el primer y segundo objeto están situados uno cerca del otro” no requiere que ambos elementos estén en contacto directo entre sí, sino que sólo requiere que ambos elementos estén en posiciones tales que se produzca un intercambio de calor sustancial.

60 G. Estimación de temperatura del agua refrigerante (parte 2)

La figura 12 es un dibujo explicativo que muestra la configuración de un sistema de refrigeración común para refrigerar los transistores de potencia y el primer motor MG1. Este sistema de refrigeración es diferente del sistema mostrado en la figura 10 únicamente en cuanto a que un conducto de refrigeración para el primer motor MG1 está insertado entre los circuitos de accionamiento 191, 192 y la bomba 402 y la configuración es por lo demás igual al sistema mostrado en la figura 10. Con una configuración de este tipo, la temperatura del agua refrigerante T_w puede estimarse también a partir del valor medido de la temperatura del transistor T_{tr} .

ES 2 338 861 T3

La temperatura del agua refrigerante $T_w(i)$ en un instante arbitrario i puede expresarse mediante la siguiente ecuación (17):

$$T_w(i) = T_w(i-1) + K61 \cdot PLg(i) + K62 \cdot PLm(i) - K63[T_w(i-1) - T_{air}(i-1)], \quad (17)$$

donde $K61$, $K62$, y $K63$ son coeficientes predeterminados, respectivamente.

Un segundo término en el lado derecho en la ecuación (17) representa la suma de la cantidad de incremento de temperatura debida a la pérdida en el hierro del primer motor $MG1$ y la cantidad de incremento de temperatura debida a la generación de calor del transistor 300 para accionar el primer motor $MG1$. Un tercer término en el lado derecho representa la cantidad de incremento de temperatura debida a la generación de calor del transistor 300 para accionar el segundo motor $MG2$. Además, un cuarto término en el lado derecho representa la cantidad de disminución de temperatura debida a la refrigeración.

El segundo término en el lado derecho de la ecuación (17) se determina a partir de un mapa que se ha realizado de antemano de tal manera que cada dato en el mismo corresponde al valor(es) que indica sustancialmente la cantidad de energización del primer motor $MG1$ (el valor de la corriente y la frecuencia de corriente alterna trifásica, o el par motor y la frecuencia portadora). Además, el tercer término en el lado derecho se determina de manera similar a partir de un mapa que se ha realizado de antemano de tal manera que cada dato en el mismo corresponde al valor que indica sustancialmente la cantidad de energización del segundo motor $MG2$. Obsérvese que los parámetros en estos mapas pueden simplificarse en parte. Por ejemplo, puesto que la frecuencia portadora del par motor y la frecuencia portadora tienen una influencia relativamente pequeña, en su lugar puede usarse un mapa en el que para un parámetro sólo se elige el par motor.

Si la temperatura ambiente exterior T_{air} del cuarto término en el lado derecho de la ecuación (17) se mide por el sensor de temperatura, puede estimarse la temperatura del agua T_w en un instante arbitrario i . Sin embargo, en esta realización, tanto la temperatura del agua refrigerante T_w como la temperatura ambiente exterior T_w se estiman usando el sensor de temperatura 312 instalado en el transistor 300 de la siguiente manera, sin usar el sensor de temperatura para la temperatura ambiente exterior T_{air} .

La figura 13 es un diagrama de flujo que representa el procedimiento mediante el cual se estiman la temperatura del agua refrigerante y la temperatura ambiente exterior. Este procesamiento se consigue mediante una CPU que está en la parte de control maestra 270 (no mostrada en las figuras) que ejecuta un programa predeterminado.

En la etapa $S1$, se establece un valor inicial para la temperatura ambiente exterior T_{air} . Para este valor inicial, se usa una temperatura arbitraria (por ejemplo, 10°EC). En la etapa $S2$, se mide la temperatura del transistor T_{tr} cuando los pares motores de los dos motores $MG1$, $MG2$ son cero, con el sensor de temperatura 312.

En la etapa $S3$, se estima la temperatura del agua T_w a partir de una curva envolvente de la temperatura del transistor T_{tr} cuando el par motor es cero, de la siguiente manera. Cuando los pares motores de los dos motores son cero, como se muestra en la figura 11 anteriormente descrita, la temperatura del transistor T_{tr} cae hasta bajar casi a la temperatura del agua T_w . Por tanto, la temperatura del agua T_w en este momento puede estimarse usando la ecuación anterior (16).

En la etapa $S4$, la variación de la temperatura del agua T_w' cuando los pares motores de los dos motores son cero se estima usando el valor inicial de la temperatura ambiente exterior T_{air} . La variación de la temperatura del agua T_w' cuando los pares motores de los dos motores son cero viene dada por la siguiente ecuación (18) que se obtiene sustituyendo por ceros el segundo y el tercer término en el lado derecho de la ecuación anterior (17):

$$T_w'(i) = T_w'(i-1) - K63[T_w(i-1) - T_{air}(i-1)], \quad (18).$$

Como puede entenderse a partir de esta ecuación, el agua refrigerante CLW se refrigera por el aire exterior, y su temperatura disminuye gradualmente como se muestra en el extremo derecho de la figura 11. Si la temperatura ambiente exterior T_{air} real coincide con el valor inicial establecido en la etapa $S1$, la temperatura del agua T_w estimada usando la ecuación (16) supuestamente coincidirá con la temperatura del agua T_w' estimada usando la ecuación (18). Entonces, en la etapa $S5$, la temperatura ambiente exterior T_{air} se modifica de modo que coincidan estos dos valores estimados de las temperaturas del agua T_w , T_w' .

En la etapa $S6$, se examina si la temperatura del aire exterior modificada está en un intervalo predeterminado que se considera normal. Por ejemplo, se establece como un intervalo normal de la temperatura ambiente exterior, un intervalo de -40 a $+60^{\circ}\text{EC}$.

Por una parte, si la temperatura ambiente exterior T_{air} modificada no está dentro del intervalo normal, el conductor recibe un aviso de que la temperatura ambiente exterior es anormal en la etapa $S8$.

A este respecto, como causas de mal funcionamiento, pueden considerarse diversas causas tales como la bomba 402 del sistema de refrigeración y el sensor de temperatura 312 del transistor 300. Por otra parte, si la temperatura ambiente exterior T_{air} modificada está dentro del intervalo normal, el flujo avanza a la etapa S7 en la que, usando esta temperatura ambiente exterior T_{air} modificada, puede estimarse la temperatura del agua T_w en un instante arbitrario según la ecuación (17). A este respecto, esta temperatura ambiente exterior modificada puede usarse como el valor inicial en el siguiente viaje. En este caso, “viaje” significa una operación de desplazamiento del vehículo (desde que se pone en marcha hasta que se apaga).

Una vez estimada la temperatura ambiente exterior, por tanto, puede estimarse la temperatura del agua T_w usando la ecuación anterior (17) incluso en el caso de que los pares motores de los dos motores MG1, MG2 no sean cero. Además, usando la ecuación anterior (7) o (8), la temperatura del transistor T_{tr} puede estimarse de manera inversa a partir de esta temperatura del agua T_w . Si la temperatura del transistor así estimada de manera inversa es considerablemente diferente de la temperatura medida por el sensor de temperatura 312, existe la posibilidad de que el sensor de temperatura 312 esté funcionando mal. Es decir, es posible detectar si el sensor de temperatura 312 funciona o no mal usando la temperatura del agua T_w estimada.

A este respecto, si el vehículo híbrido está dotado de un sensor de temperatura para medir la temperatura ambiente exterior, el valor medido del sensor de temperatura puede usarse como la temperatura ambiente exterior en la ecuación anterior (17). Además, es posible detectar si el sensor de temperatura ambiente exterior o el sistema de refrigeración funcionan mal o no al conocer si este valor medido de la temperatura ambiente exterior coincide o no con un valor estimado de la temperatura ambiente exterior obtenido en la etapa S5 de la figura 13.

Generalizando la estimación de la temperatura del agua refrigerante descrita en el presente documento, es posible que: en primer lugar la temperatura del primer objeto (la temperatura del agua refrigerante) se estime usando la temperatura del segundo objeto (temperatura del transistor o temperatura ambiente exterior) medida por el sensor de temperatura; y entonces que la temperatura del segundo objeto se estime de manera inversa basándose en la temperatura del primer objeto, la componente de aumento de temperatura y la componente de disminución de temperatura en el segundo objeto. Entonces, es posible detectar si el sensor de temperatura funciona mal o no comprobando la diferencia entre la temperatura del segundo objeto que se estimó de manera inversa y la temperatura medida por el sensor de temperatura.

A este respecto, uno de los motivos de mal funcionamiento es el sensor de temperatura del segundo objeto, y el otro es al menos uno de los sistemas de refrigeración para el primer objeto y para el segundo objeto. Por tanto, es posible detectar que al menos uno de estos dos constituyentes está funcionando mal. A este respecto, una variedad de estimaciones de temperatura descritas en las realizaciones se consiguen mediante una CPU que está en la parte de control maestra 270 (aunque no se muestra en las figuras) que ejecuta un programa predeterminado para estimar una temperatura. Este programa informático está almacenado en una ROM que está en la parte de control maestra 270 (aunque no se muestra en los dibujos). Por tanto, la parte de control maestra 240 corresponde a la parte de estimación en la invención. A este respecto, la parte de determinación de temperatura en la invención se realiza con diversos sensores de temperatura. Sin embargo, en el caso de que se determine la temperatura de una zona en la que no está instalado ningún sensor de temperatura, la parte de control maestra 270 también funciona como la parte de determinación de temperatura.

H. Ejemplos modificados

Obsérvese que la invención no está limitada a las realizaciones, sino que puede ponerse en práctica de una diversidad de formas dentro del alcance sin apartarse de sus puntos esenciales; por ejemplo, es posible una variante como sigue.

H1. Ejemplo modificado 1

En las realizaciones, el vehículo híbrido es del tipo denominado de distribución mecánica en el que la potencia del motor se distribuye tanto al semieje como al primer motor MG1 con el uso del engranaje planetario. Sin embargo, la invención puede aplicarse al vehículo híbrido del tipo denominado de distribución eléctrica en el que la potencia del motor se distribuye eléctricamente usando el motor/generador, sin usar un engranaje planetario. El vehículo híbrido del tipo de distribución eléctrica se da a conocer, por ejemplo, por la publicación de patente japonesa abierta a consulta por el público n.º H9-46965 solicitada por los presentes inventores. Por consiguiente su explicación se omitirá.

Además, la invención puede aplicarse a otros vehículos aparte de vehículo híbridos. Además, la invención puede aplicarse a la estimación de temperatura y detección de mal funcionamiento en una diversidad de máquinas y aparatos aparte de vehículos.

Según la presencia o ausencia de calor, el transistor (300) muestra un cambio relativamente rápido, mientras que el agua refrigerante CLW muestra un cambio relativamente lento. Las temperaturas de ambos elementos se equilibran hasta temperaturas aproximadamente iguales cuando no se genera calor en el transistor (300). En este momento, la temperatura de uno del transistor o el agua refrigerante y la cantidad de energización del transistor (300) se usan para estimar la temperatura del otro elemento. Este método se aplica a otras estimaciones de temperatura, tales como estimación de la temperatura entre una bobina de estator y un núcleo de hierro de estator de un motor, etc.

REIVINDICACIONES

5 1. Método para estimar una temperatura, en el que se especifican un primer objeto y un segundo objeto energizable (300, MG1, MG2) que genera calor tras una energización del mismo cuando se le suministra potencia eléctrica, en el que dicho segundo objeto muestra un cambio de temperatura en respuesta al calor que es más rápido que un cambio de temperatura del primer objeto en respuesta al calor, y en el que dicho segundo objeto está situado en la proximidad del primer objeto para intercambiar calor entre los mismos de manera que dicho segundo objeto asume una temperatura aproximadamente igual a la del primer objeto en ausencia de generación de calor en el mismo; comprendiendo el método las etapas de

10 determinar la temperatura de uno de los objetos primero y segundo; y

15 estimar la temperatura del otro de los objetos primero y segundo basándose en la temperatura determinada en la etapa de determinación y un valor específico que indica sustancialmente la corriente suministrada al segundo objeto, de manera que la temperatura se estima sin usar directamente la dependencia a la temperatura de una característica física del objeto.

20 2. Método para estimar una temperatura según la reivindicación 1, **caracterizado** porque, cuando se supone que la temperatura del primer objeto es T_1 , la temperatura del segundo objeto es T_2 y una cantidad de incremento de temperatura del segundo objeto que está relacionada con el valor específico que indica sustancialmente la cantidad de la energización es ΔT , se establece de manera preliminar una relación entre la cantidad de incremento de temperatura ΔT y el valor específico que indica sustancialmente la cantidad de la energización, y la estimación a la hora de estimar la temperatura del otro de los objetos primero y segundo se ejecuta según la siguiente ecuación: $T_2 = T_1 + \Delta T$.

25 3. Método para estimar una temperatura según la reivindicación 2, **caracterizado** porque el segundo objeto es un semiconductor de potencia (300),

30 en donde el primer objeto es un refrigerante para refrigerar el elemento semiconductor de potencia, y

35 porque la etapa de estimar la temperatura del otro de los objetos primero y segundo incluye un proceso para determinar la cantidad de incremento de temperatura ΔT según un valor específico que indica sustancialmente la cantidad de energización del elemento semiconductor de potencia a partir de la relación entre la cantidad de incremento de temperatura ΔT predeterminada y el valor específico que indica sustancialmente la cantidad de energización del elemento semiconductor.

40 4. Método para estimar una temperatura según la reivindicación 2, **caracterizado** porque el primer objeto es un núcleo de hierro de estator (344) de un motor eléctrico, porque el segundo objeto es una bobina de estator (342) del motor eléctrico, y

45 porque la etapa de estimar la temperatura del otro de los objetos primero y segundo incluye un proceso para determinar la cantidad de incremento de temperatura ΔT según un valor específico que indica sustancialmente la cantidad de energización del motor eléctrico a partir de la relación entre la cantidad de incremento de temperatura ΔT predeterminada y el valor específico que indica sustancialmente la cantidad de energización del motor eléctrico.

50 5. Método para estimar una temperatura según la reivindicación 4, **caracterizado** porque la etapa de determinar la temperatura de uno de los objetos primero y segundo incluye un proceso para determinar la temperatura del núcleo de hierro de estator basándose en la temperatura de un refrigerante para refrigerar el estator del motor eléctrico y el valor específico que indica sustancialmente la cantidad de energización del motor eléctrico.

55 6. Método para estimar una temperatura según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el segundo objeto es un núcleo de hierro de estator de un motor eléctrico, porque el primer objeto es un refrigerante para refrigerar el estator del motor eléctrico, y porque la etapa de estimar la temperatura del otro de los objetos primero y segundo incluye un proceso para determinar la temperatura del núcleo de hierro de estator basándose en la temperatura del refrigerante y un valor específico que indica sustancialmente la cantidad de energización del motor eléctrico.

60 7. Método para estimar una temperatura según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el segundo objeto es un elemento semiconductor de potencia (300), porque el primer objeto es un refrigerante para refrigerar el elemento semiconductor de potencia,

65 porque la etapa de determinación incluye un proceso para medir la temperatura del elemento semiconductor de potencia con un sensor de temperatura instalado sobre el elemento semiconductor de potencia, y

porque la etapa de estimación incluye un proceso para determinar la temperatura del refrigerante a partir del cambio de temperatura del elemento semiconductor de potencia en un estado en el que el elemento semiconductor de potencia no está energizado.

ES 2 338 861 T3

8. Dispositivo de estimación de temperatura para estimar una temperatura de uno de los objetos primero y segundo a partir de la temperatura del otro objeto, **caracterizado** porque comprende:

5 una parte de determinación de temperatura para determinar la temperatura de uno de los objetos primero y segundo; y

una parte de estimación para estimar la temperatura del otro de los objetos primero y segundo basándose en la temperatura determinada por la parte de determinación de temperatura y un valor específico que indica
10 sustancialmente la corriente suministrada al segundo objeto,

en el que el segundo objeto (300, MG1, MG2) es un objeto energizable que genera calor tras una energización del mismo cuando se le suministra potencia eléctrica, en el que dicho segundo objeto muestra un cambio de temperatura en respuesta al calor que es más rápido que un cambio de temperatura del primer objeto en respuesta al calor, y en el
15 que dicho segundo objeto está situado en la proximidad del primer objeto para intercambiar calor entre los mismos de manera que dicho segundo objeto asume una temperatura aproximadamente igual a la del primer objeto en ausencia de generación de calor en el mismo.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

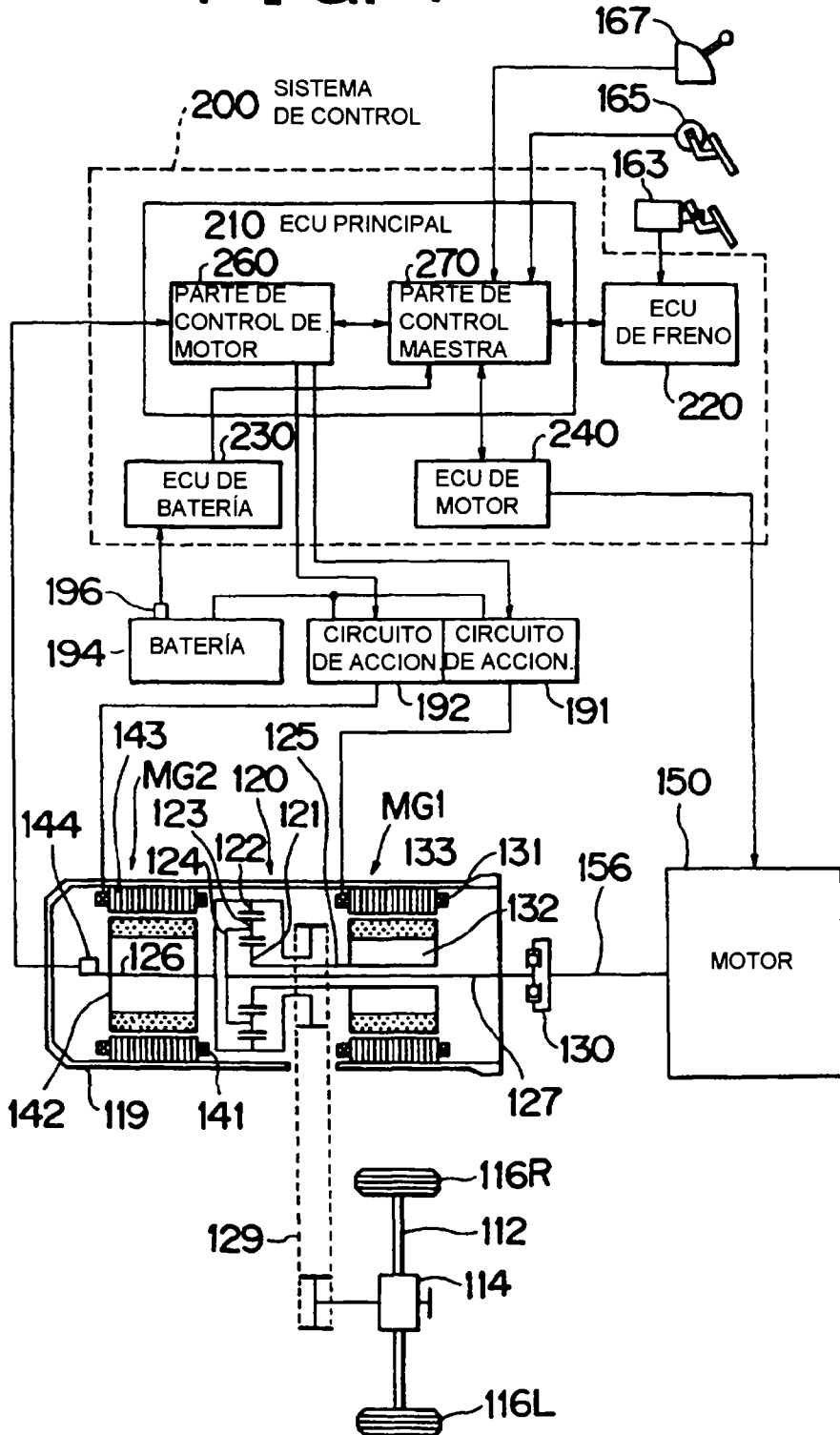


FIG. 2

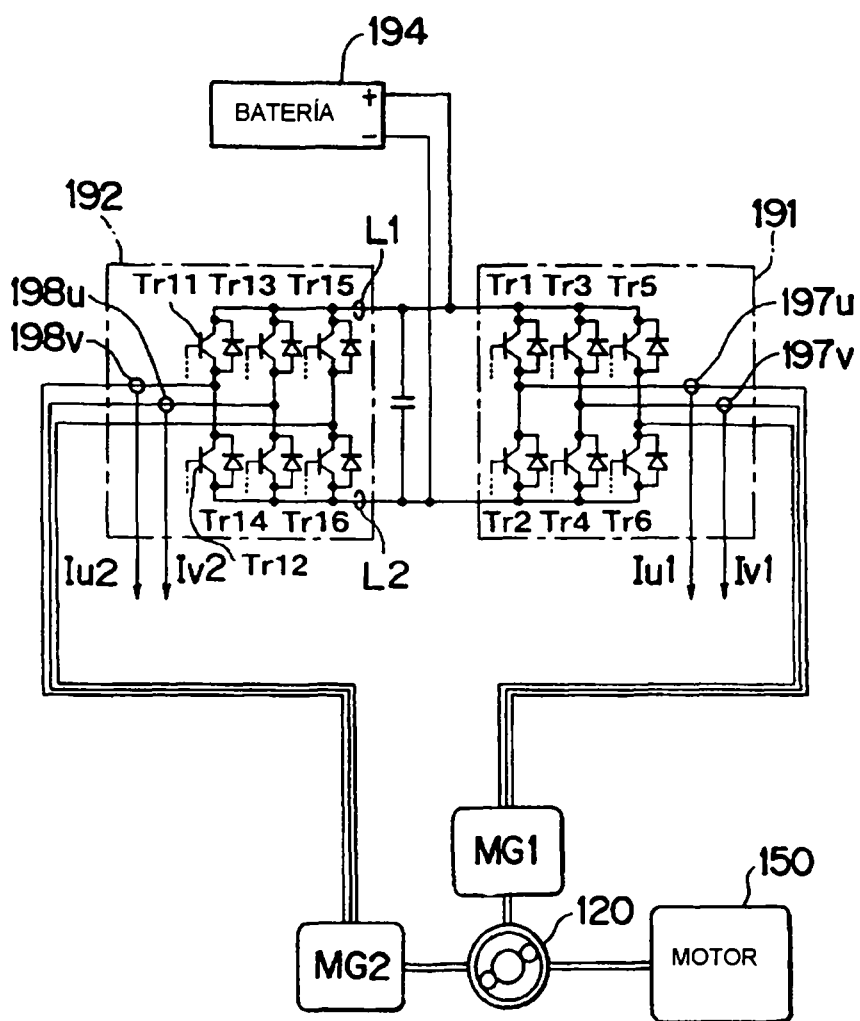


FIG. 3

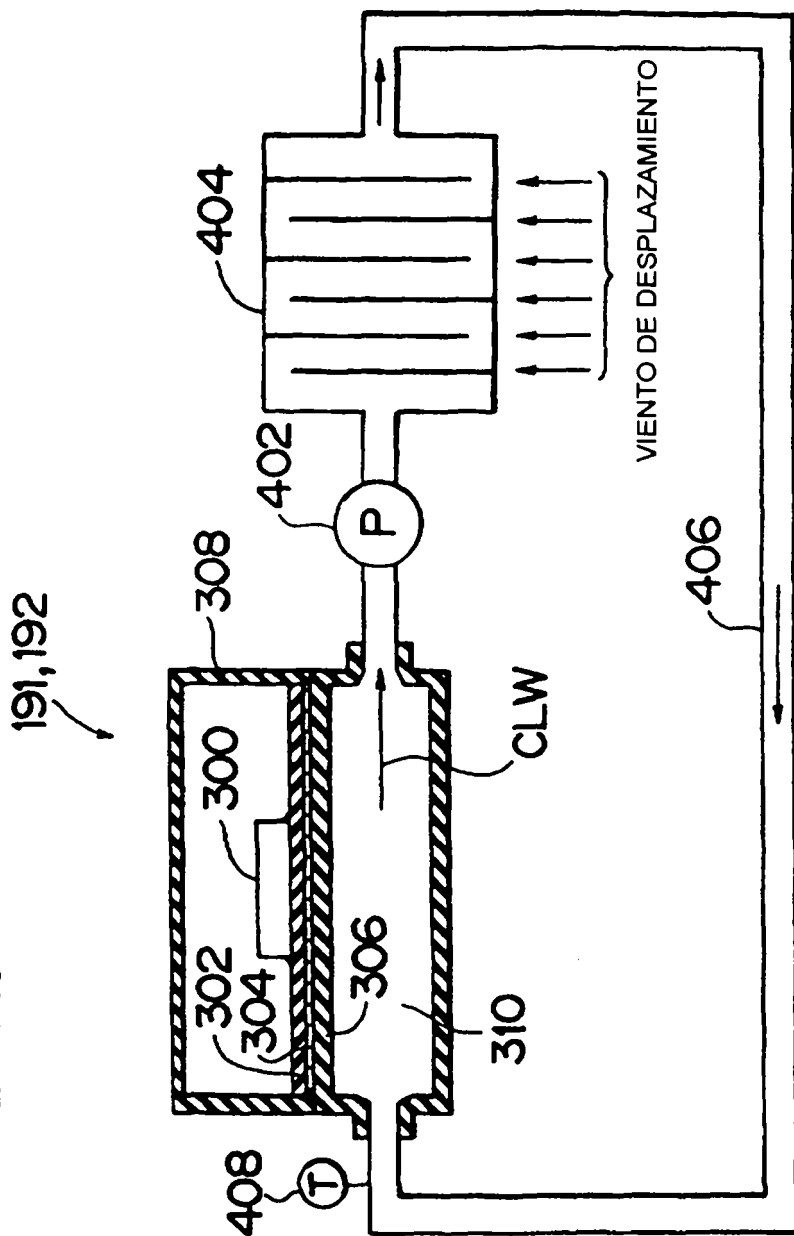


FIG. 4

VARIACIONES DE TEMPERATURA DEL TRANSISTOR Y EL AGUA REFRIGERANTE

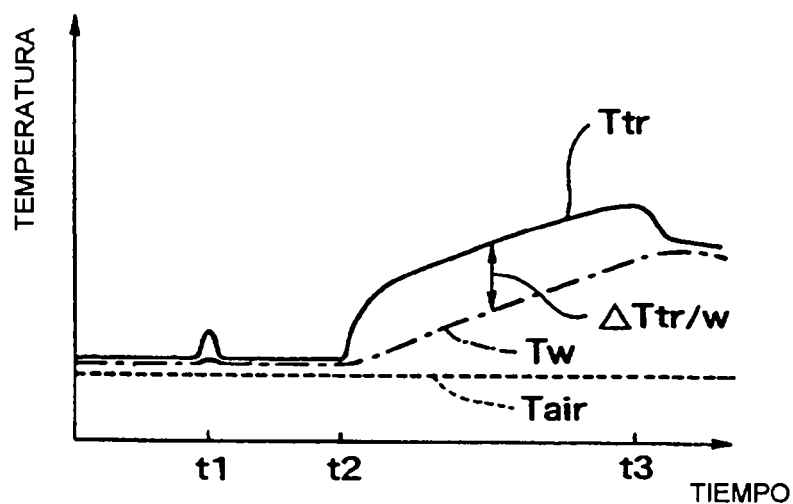


FIG. 5

RELACIÓN ENTRE DESVIACIÓN DE TEMPERATURA ΔT Y VALOR DE CORRIENTE

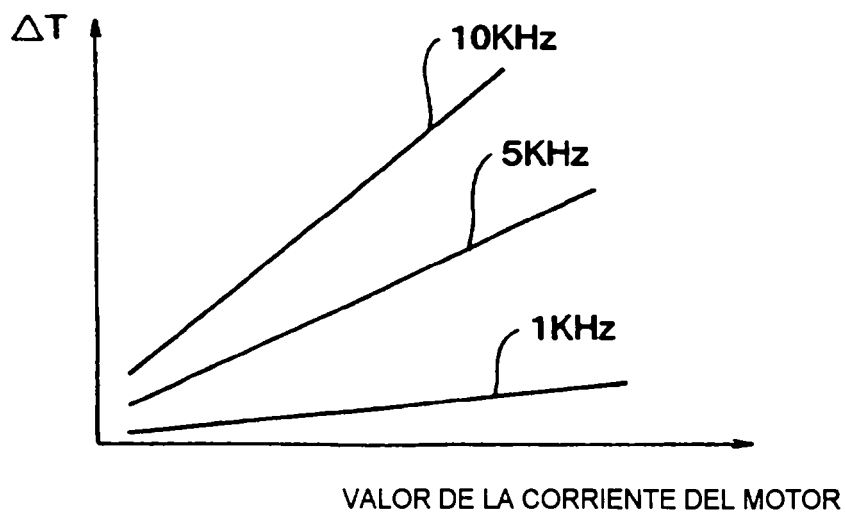


FIG. 6

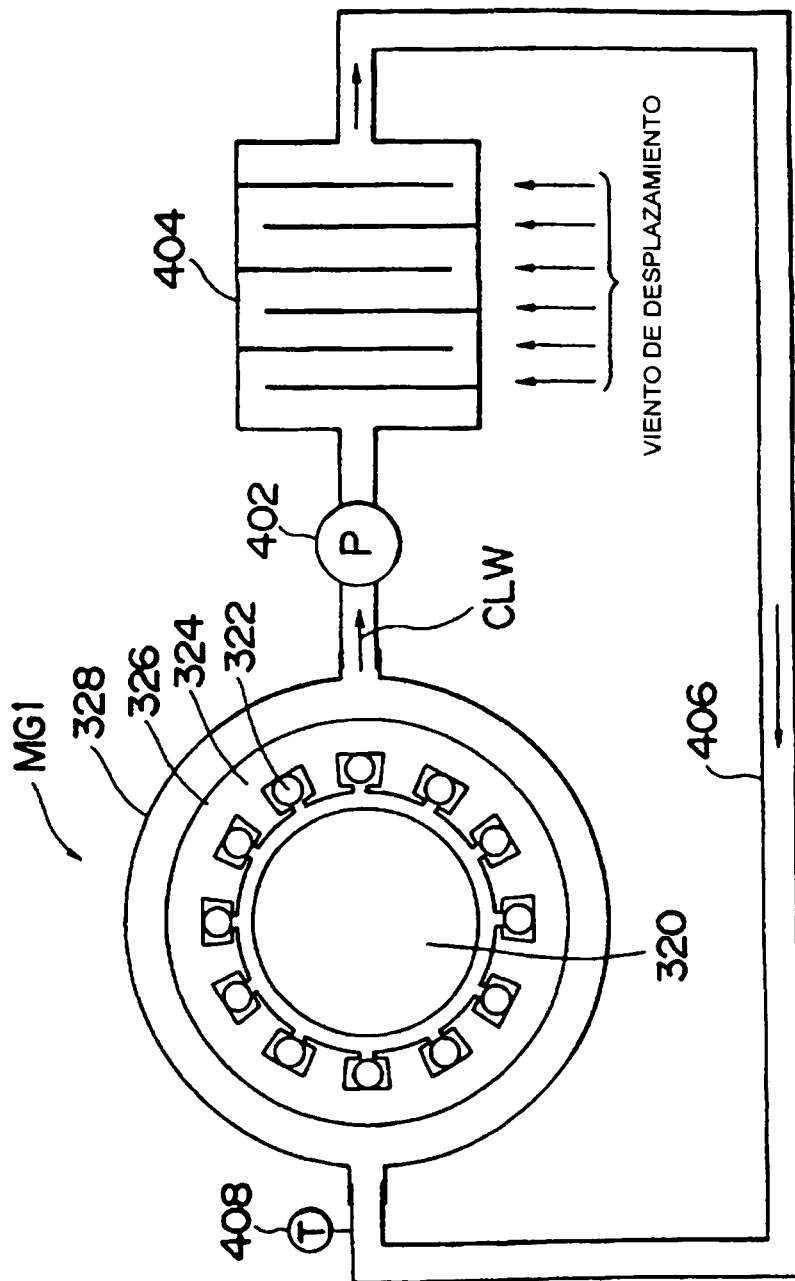


FIG. 7

VARIACIONES DE TEMPERATURA DEL ESTATOR DEL PRIMER MOTOR MG1 Y EL AGUA REFRIGERANTE

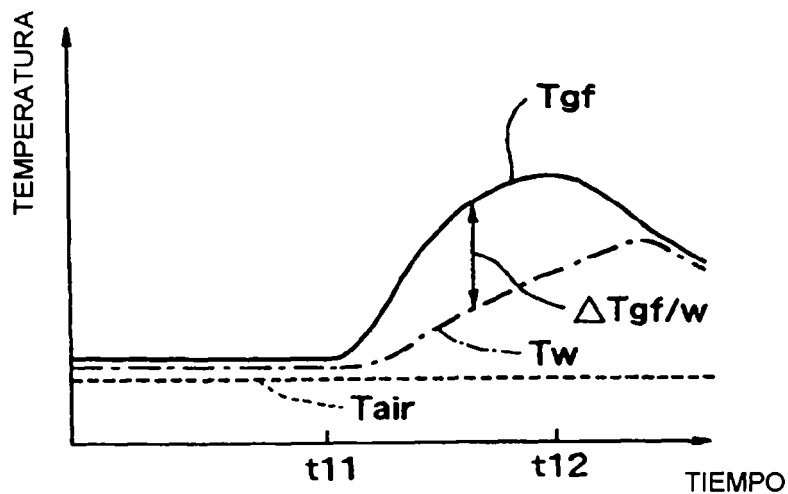


FIG. 8

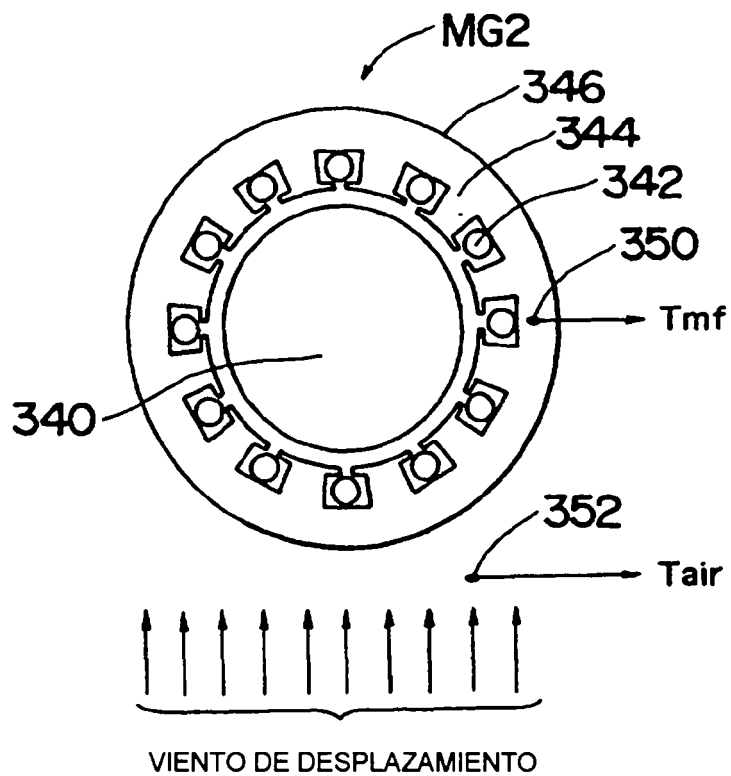


FIG. 9

VARIACIONES DE TEMPERATURA DEL ESTATOR DEL SEGUNDO MOTOR MG2 Y EL AGUA REFRIGERANTE

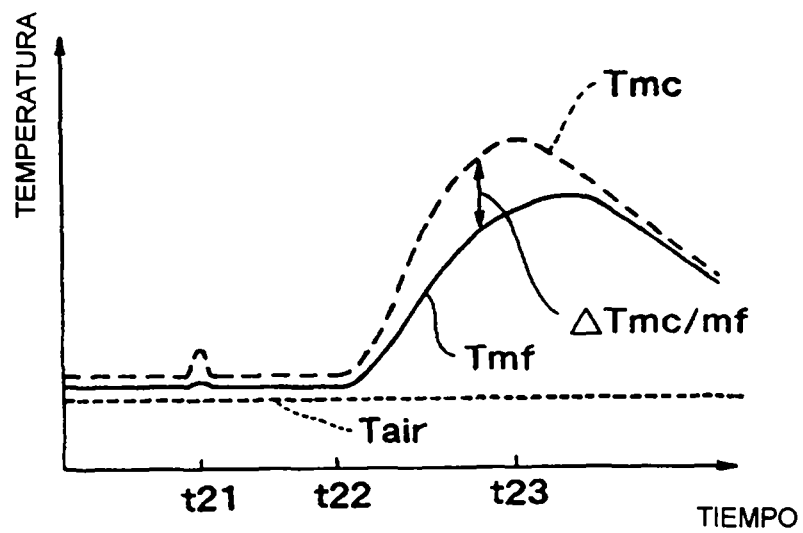
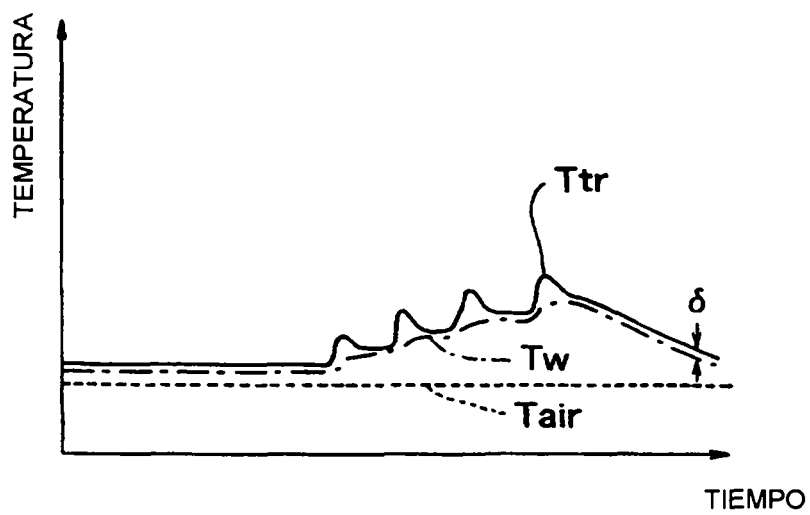


FIG. 11

VARIACIONES DE TEMPERATURA DEL
TRANSISTOR Y EL AGUA REFRIGERANTE



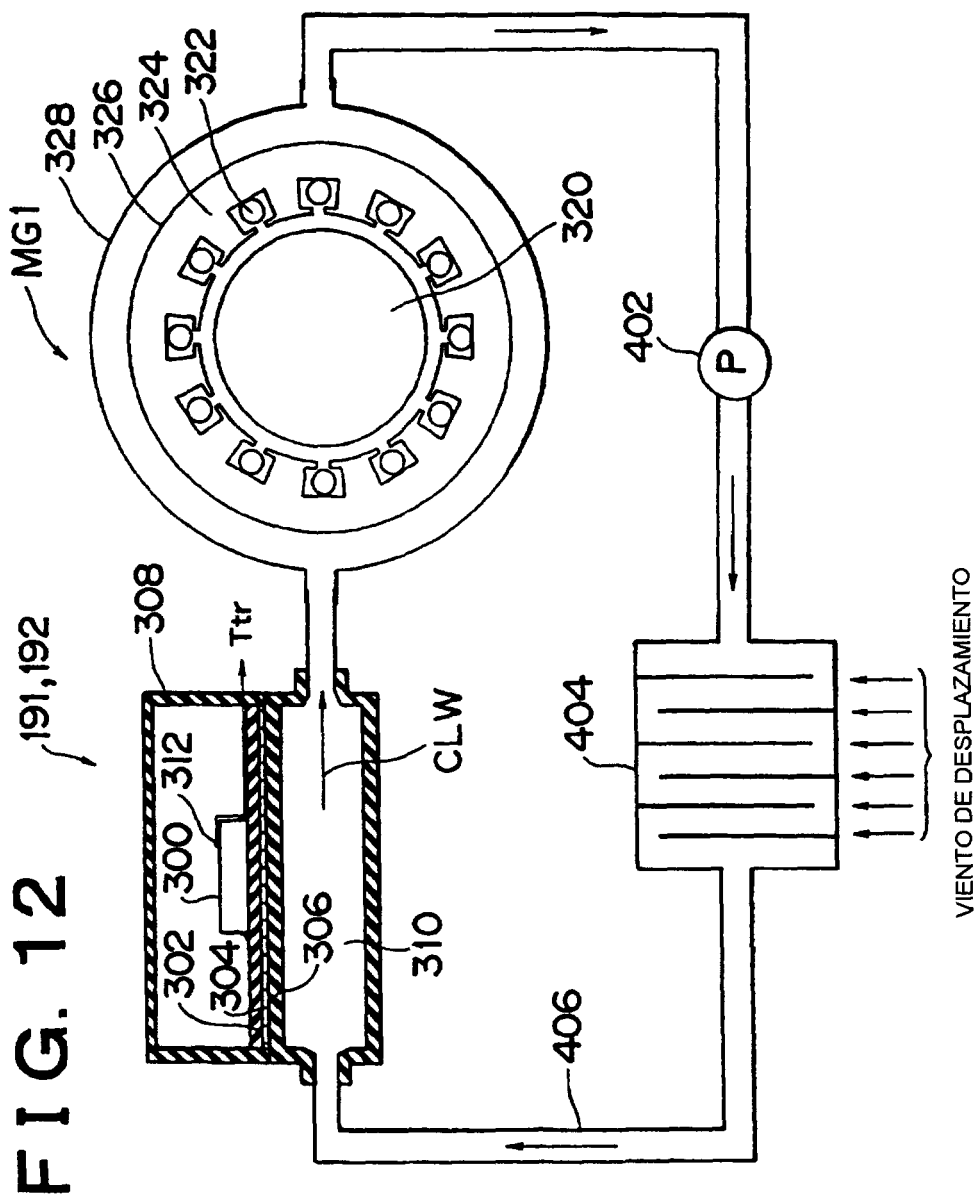


FIG. 12

FIG. 13

