(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 649 088**

(51) Int. Cl.:

F04B 49/06	(2006.01)
F04B 49/10	(2006.01)
F25B 1/04	(2006.01)
F25B 13/00	(2006.01)
F25B 49/00	(2006.01)
F25B 49/02	(2006.01)
H02P 29/02	(2006.01)
H02P 21/13	(2006.01)
H02P 29/40	(2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.07.2003** **E 10015637 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.08.2017** **EP 2312159**

(54) Título: **Unidad de control para compresor y refrigerador**

(30) Prioridad:

25.07.2002 JP 2002216025
19.12.2002 JP 2002367841

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.01.2018

(73) Titular/es:

DAIKIN INDUSTRIES, LTD. (100.0%)
Umeda Center Bldg., 4-12, Nakazaka-Nishi 2-chome, Kita-ku
Osaka-shi, Osaka 530-8323, JP

(72) Inventor/es:

HIKAWA, TAKESHI;
MAEDA, TOSHIYUKI;
KASAHARA, SHINICHI;
YAMAGUCHI, TAKAHIRO;
IZUMI, SHIGENOBU;
KOIZUMI, KIYOSHI y
KITA, MASANOBU

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 649 088 T3

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

DESCRIPCIÓN

Unidad de control para compresor y refrigerador

Campo técnico

La presente invención se refiere a una unidad de control para un compresor y un refrigerador.

Antecedentes del Estado de la técnica

En general, los circuitos de refrigerante para el uso en un acondicionador de aire están constituidos por un compresor, un intercambiador de calor exterior, una válvula de expansión y un intercambiador de calor interior que están todos conectados en serie para realizar el funcionamiento en un ciclo de refrigeración de vapor-compresión. En dichos circuitos de refrigerante, el funcionamiento se realiza algunas veces en condiciones no adecuadas debido a la aceleración/deceleración del compresor, fluctuaciones bruscas y un funcionamiento deficiente de otros aparatos distintos al compresor. Si esto sucede, el compresor recibe un daño interno, lo que resulta en un fallo en el compresor.

Para hacer frente a esto, los circuitos de refrigerante convencionales de este tipo están diseñados para evitar la compresión del líquido y la dilución del aceite lubricante, por ejemplo, controlando el grado de sobrecalentamiento de un refrigerante de succión (de aquí en adelante referido como “el grado de sobre calentamiento de succión) en la tubería de succión del compresor.

Los circuitos de refrigerante anteriores controlan la temperatura de la tubería de descarga del compresor de manera que llega a ser igual a una temperatura que es determinada haciendo una compresión entre la temperatura de saturación de refrigerante a baja presión y la temperatura del gas de descarga del compresor, con lo que se evita la degradación del aceite dentro del compresor, así como la degradación de los imanes.

De forma concreta, la publicación abierta al público de patente japonesa No. 7-180933 divulga un refrigerador de acuerdo al cual, la temperatura del aceite del compresor y la presión del refrigerante de succión del compresor son detectadas y, de acuerdo con el resultado de detección, se calcula la solubilidad del refrigerante disuelto en el aceite. Y, basándose en la solubilidad del refrigerante, se controla la frecuencia de funcionamiento del compresor, por lo tanto, evitando la dilución del aceite.

También, la publicación abierta al público de patente japonesa No. 2001-99070 da a conocer un compresor que tiene sondas ultrasónicas en puntos de lubricación del mismo. Basándose en intensidades ultrasónicas detectadas por las sondas ultrasónicas, se determina si ocurre o no una lubricación débil.

Antecedentes del estado de la técnica adicionales se pueden encontrar en el documento WO 96/28700 A1 el cual es considerado como el estado de la técnica anterior más próximo y los documentos JP 11 324934 A, EP 0 621 681 A1, JP 2001 333589 A, JP 2002 136172 A, JP 2001 280258 A y JP 2001 1868800 A.

Problemas a resolver

El refrigerador de la publicación abierta al público de patente japonesa No. 7-180933, sin embargo, no detecta directamente fenómenos que aparecen dentro del compresor, de manera que se incluyen en el control un retardo de tiempo, errores de detección, etc. cuando se diseña un refrigerador, se toma en consideración la seguridad que a menudo lleva a una protección excesiva del compresor y otros. Como resultado, no se puede lograr un rendimiento satisfactorio del ciclo de refrigeración.

Tal y como se indicó anteriormente, el refrigerador de la publicación abierta al público de patente japonesa No. 2001-99070 necesita la provisión de sondas ultrasónicas, lo cual provoca el inconveniente de que aumenta el número de partes y el compresor se hace complejo en estructura.

La invención está dirigida a superar los defectos del estado de la técnica anterior y un objeto principal de la invención es, por lo tanto, permitir una predicción precisa de la condición interna de un compresor, para evitar accidentes provocados por un funcionamiento anormal del compresor, y para evitar una protección excesiva del compresor, etc., por lo tanto, manteniendo una condición de funcionamiento de alta eficiencia.

Divulgación de la invención

La invención es definida por la materia de la reivindicación 1. Por consiguiente, la intensidad y/o la tensión del motor 6 son detectadas en un circuito de control de motor (por ejemplo, un circuito inversor). Basándose en esta información eléctrica, se predice la condición interna del compresor 1. Gracias a esta disposición, se pueden detectar la intensidad y/o la tensión mediante un proceso en tiempo real sin retardo de tiempo, de manera que se predice la condición interna del compresor 1 con una alta precisión dentro de un periodo corto y se realiza la refrigeración.

Además, la condición interna predicha por los medios 28 de predicción es una existencia de una carga de impacto dentro del compresor 1.

Por consiguiente, es predecible que se haya producido una carga de impacto tal como anormalidades de eje o una compresión de líquido. Esto permite hacer un cambio en una condición de servicio más relajada, por ejemplo, reduciendo la frecuencia de funcionamiento del compresor 1, por lo tanto, evitando un daño severo.

Además, el valor de detección obtenido por los medios 16 de detección es la intensidad del motor 6, y los medios 28 de predicción predicen la existencia de una carga de impacto de un componente armónico más alto de la intensidad de detección obtenida por los medios 16 de detección.

Por consiguiente, el componente armónico más alto de la intensidad de detección es analizado y si sucede una anormalidad en este componente armónico más alto (el componente de onda fundamental de una forma de onda de intensidad) se predice entonces que se haya producido una carga de impacto tal como anormalidades en el eje o una compresión de líquido.

En un modo de realización, se proporciona un refrigerador de acuerdo con la presente invención, en donde los medios 28 de predicción predicen la existencia de una carga de impacto a partir de la cantidad de distorsión en la onda de seno del componente armónico más alto de la intensidad de detección.

Por consiguiente, dado que el componente harmónico más alto de la intensidad de detección es analizado y se predice la carga de impacto producido en el compresor 1 a partir de la cantidad de distorsión de la onda de seno, se puede predecir de forma estable la condición interna (tal como una lubricación débil o una compresión de líquido) del compresor 1.

En otro modo de realización, se proporciona un refrigerador de acuerdo con la presente invención, en donde los medios 28 de predicción predicen la existencia de una carga de impacto cuando el componente armónico más alto de la intensidad de detección es mayor que un valor de referencia preestablecido.

Por consiguiente, dado que la condición interna del compresor 1 es predicha haciendo una comparación entre el componente armónico más alto de la intensidad de detección y su valor de referencia, se puede predecir de forma fácil la condición interna (tal como una lubricación débil o una compresión del líquido) del compresor 1.

En otro modo de realización, está previsto un refrigerador de acuerdo con el segundo modo de realización preferido de la invención, en donde el valor de referencia para los medios 28 de predicción se establece de acuerdo con la temperatura del refrigerante y/o la presión de refrigerante del circuito de refrigerante.

Por consiguiente, dado que el valor de referencia especificado es establecido de acuerdo con la temperatura del refrigerante o similar del circuito de refrigerante, aumenta la fiabilidad de la condición interna predicha.

Efecto de la invención

De acuerdo con la invención, la condición interna del compresor 1 se puede predecir con una alta precisión, de manera que se puede evitar un diseño superfluo y el circuito de refrigerante puede ejercer un rendimiento satisfactorio.

Además, es predecible que se haya producido una carga de impacto tal como anormalidades en el eje o una compresión de líquido. Por lo tanto, si se predice dicha carga de impacto, se reducirá, por ejemplo, la frecuencia de funcionamiento del compresor 1. Como resultado, el funcionamiento es cambiado a una condición de servicio más relajada, por tanto, evitando un daño severo.

Por otro lado, las anormalidades del eje y la compresión de líquido pueden predecirse de forma continua a partir del componente de alta frecuencia de la intensidad. Esto hace posible evitar el funcionamiento en una condición de carga de impacto impuesta, por lo tanto, evitando un fallo en el compresor 1, etc.

De acuerdo con un modo de realización, las anormalidades de eje y la compresión de líquido pueden predecirse de forma continua a partir de una cantidad de distorsión del componente de alta frecuencia de la intensidad. Esto hace posible evitar un funcionamiento normal y, por lo tanto, un fallo del compresor 1, etc. sin fallo.

De acuerdo con otro modo de realización, dado que la existencia de una carga de impacto es predicha a partir de un aumento en el componente de alta frecuencia de la intensidad, se hace posible una predicción fácil y precisa de la condición interna del compresor 1. Con esta disposición, se puede evitar un funcionamiento normal y por lo tanto un fallo del compresor 1, etc. sin fallo.

De acuerdo con otro modo de realización, dado que se establece un valor de referencia de acuerdo con el estado del refrigerante, se puede aumentar la fiabilidad de la condición interna predicha. Esto hace posible evitar un fallo en el compresor 1 etc. sin fallo.

Para propósitos de calibración:

De acuerdo con un ejemplo, la temperatura actual utilizada para la calibración es la temperatura de la tubería de descarga del compresor 1. Esta temperatura de tubería de descarga es utilizada cuando se realiza el control de temperatura de tubería de descarga del circuito de refrigerante, y el circuito de refrigerante está equipado con un

sensor de temperatura para detectar la temperatura de la tubería de descarga. Por lo tanto, no es necesario el uso adicional de un sensor de temperatura para la calibración, lo cual lleva a una reducción del coste.

Breve explicación de los dibujos

La figura 1 es un diagrama esquemático de una unidad de control para un compresor de acuerdo con un modo de realización.

La figura 2 es un diagrama esquemático de un acondicionador de aire provisto de una unidad de control para un compresor.

La figura 3 muestra una relación entre el par de torsión y la temperatura alta del acondicionador de aire.

La figura 4 muestra una relación entre el par de torsión y el grado de sobrecalentamiento del acondicionador de aire.

La figura 5 muestra la relación entre el grado de dilución de aceite y la intensidad del acondicionador de aire.

La figura 6 muestra la relación entre el par de torsión, etc. de la condición de aire y el tiempo.

La figura 7 muestra la relación entre el par de torsión y el grado de dilución de aceite del acondicionador de aire.

La figura 8 es un diagrama esquemático que muestra una modificación de la unidad de control de un modo de realización.

La figura 9 es un diagrama de forma de onda que muestra el componente armónico más alto de una intensidad instantánea de la unidad de control mostrada en la figura 8.

La figura 10 es un diagrama esquemático que muestra otra modificación de la unidad de control para un compresor.

La figura 11 es un diagrama esquemático de una unidad de control para un compresor de acuerdo con un primer ejemplo.

La figura 12 es un diagrama esquemático de un acondicionador de aire provisto de una unidad de control del primer ejemplo.

La figura 13 es una vista en perspectiva parcialmente seccionada del compresor de acuerdo con el primer ejemplo.

La figura 14 es una vista en planta esquemática de un motor de CC sin escobillas.

La figura 15 muestra un modelo de sistema de coordenadas giratorio para el motor de CC sin escobillas.

La figura 16 es un diagrama utilizado para obtener un valor característico de flujo magnético a partir de una ecuación de tensión de motor, estando asociado el valor característico del flujo magnético con una conexión de flujo de armadura generada por imanes.

La figura 17 muestra la relación entre el valor característico de flujo magnético y la temperatura.

Mejor modo de llevar a cabo la invención

Con referencia ahora a los dibujos que acompañan, se describirán de aquí en adelante en detalle modos de realización preferidos de la invención.

La figura 1 ilustra de forma esquemática una unidad 40 de control para un compresor 1, que tiene un sistema 28 de predicción (medios de predicción) para predecir la condición interna del compresor 1. La unidad 40 de control para el compresor 1, la cual incluye el sistema 28 de predicción, es utilizada para el acondicionador de aire (por ejemplo, un refrigerador) mostrado en la figura 2.

Este acondicionador de aire tiene un circuito de circulación de refrigerante (sistema de refrigerante) que es un circuito de refrigerante en donde el compresor 1, un intercambiador 2 de calor exterior, una válvula 3 de expansión (válvula de expansión eléctrica) y un intercambiador 4 de calor interior están todos conectados en serie. La operación de enfriamiento y la operación de calentamiento son posibles para el circuito de circulación de refrigerante conmutando una válvula 5 de conmutación de cuatro vías. El intercambiador 2 de calor exterior y el intercambiador 4 de calor interior están provistos de medios 22 y 23 de detección de temperatura, respectivamente, para detectar la temperatura del refrigerante de los intercambiadores 2 y 4 de calor. Los medios 22 y 23 de detección de temperatura cada uno consta de un sensor de temperatura tal como un termistor de temperatura.

Tal y como se muestra en la figura 1, el compresor 1 incluye una bobina 10 de tres fases que tiene una fase 7 U, una fase 8 V y una fase 9 W, y un motor 6 de CC sin escobillas equipado con un inversor 11. El inversor 11 emplea un método de control de onda de seno PWM. En este inversor 11, una potencia de c.a. de entrada es convertida en una potencia de c.c. mediante una sección 12 de circuito de conversión CA-CC, y esta potencia de c.c. es suavizada

mediante una sección 13 de circuito de suavizado y después convertida en una potencia de c.a. que tiene una frecuencia deseada mediante una sección 14 inversora la cual es una sección de circuito de conversión CC-CA. El inversor 11 es controlado mediante una señal de inversor liberada desde unos medios de control del inversor (no mostrados), y, en correspondencia, controla la frecuencia y en la atención cambiando el patrón ENCENDIDO-APAGADO para el transistor de la sección 14 inversora.

Una intensidad instantánea que fluye en la bobina 10 de tres fases del motor 6 es detectada mediante un detector 16 de intensidad (sensor de intensidad), y una tensión instantánea aplicada a la bobina 10 de tres fases del motor 6 es detectada mediante un detector 17 de tensión (sensor de tensión). En este caso, el detector 16 de intensidad y el detector 17 de tensión constituyen los medios de detección están formadas entre la sección 12 de circuito de conversión CA-CC y la sección 13 de circuito de suavizado. La tensión es obtenida calculando la relación de ENCENDIDO/APAGADO y la tensión de CC del transistor, mientras que la intensidad es obtenida a partir del patrón de conmutación y la intensidad de CC del transistor.

En el acondicionador de aire descrito anteriormente, cuando se realiza una operación de enfriamiento, la válvula 5 de conmutación de cuatro vías es cambiada al estado indicado por la línea sólida en la figura 2, por lo tanto, accionando el motor 6 del compresor 1. Esto provoca que el refrigerante descargado del compresor 1, sea expandido mediante la válvula 3 de expansión en vacío después de pasar a través del intercambiador 2 de calor exterior, y para volver al compresor 1 por medio del intercambiador 4 de calor exterior. En ese momento, el intercambiador 2 de calor exterior funciona como un condensador, mientras que el intercambiador 4 interior funciona como un evaporador, de manera que se realiza la operación de enfriamiento.

Cuando se realiza la operación de calentamiento, la válvula 5 de conmutación de cuatro vías se cambia al estado indicado por la línea discontinua en la figura 2, por lo tanto, accionando el motor 6 del compresor 1. Esto provoca que el refrigerante descargado del compresor 1 se expanda mediante la válvula 3 de expansión en vacío después de pasar a través del intercambiador 4 de calor interior, y para volver al compresor 1 por medio del intercambiador 2 de calor exterior. En ese momento, el intercambiador 4 de calor interior funciona como un condensador, mientras que el intercambiador 2 de calor exterior funciona como un evaporador, de manera que se realiza la operación de calentamiento.

En ambas operaciones de enfriamiento y de calentamiento, a veces ocurre un fallo debido al daño en el interior del compresor 1 bajo condiciones de funcionamiento no adecuadas tal como una aceleración/deceleración del compresor 1, y un cambio brusco en la carga, y fallos de funcionamiento en otros aparatos distintos del compresor 1. Para hacer frente a esto, el sistema 28 de predicción está diseñado para predecir la condición interna del compresor1, por tanto, informando de la existencia de un fallo por adelantado, determinando la situación de un fallo, o prediciendo la causa del fallo.

De forma más específica, el sistema 28 de predicción mostrado la figura 1 predice la condición interna del compresor a partir de valores de detección de la intensidad instantánea y/o de la tensión instantánea de la bobina 10. El sistema 28 de predicción está equipado con medios 20 de computación, es decir, una unidad de operación aritmética y unos medios 21 de memoria, es decir, una unidad de almacenamiento. Los medios 20 de computación, los medios 21 de memoria y otros constituyen un microordenador.

Los medios 30 de computación constituyen unos medios de identificación para identificar un parámetro de un modelo de motor a partir de valores de detección obtenidos por el detector 16 de intensidad y el detector 17 de tensión. De forma concreta, los medios 20 de computación identifican un par de torsión de accionamiento del motor del modelo de motor.

Los medios 21 de memoria están constituidos de tal manera que derivan la condición interna basándose en el parámetro identificado por los medios 20 de computación. De forma concreta, los medios 21 de memoria derivan la temperatura del refrigerante o la presión de refrigerante.

La operación aritmética para identificar el par de torsión de accionamiento el motor del motor 6 de CC sin escobillas puede utilizar una expresión aritmética constituida por valores de inductancias e intensidad o una expresión asimétrica constituida por valores de flujo magnético y de intensidad.

La expresión aritmética constituida por valores de inductancia y de intensidad es expresada por la ecuación (5) que utiliza las siguientes ecuaciones (1) a (4). Es decir, una tensión V instantánea es representada por la ecuación (1), un flujo φ magnético es representado por la ecuación (2), y la dirección del vector del flujo magnético es representada por las ecuaciones (3) y (4).

$$V = L \times dI/dt + d\varphi/dt \qquad \ldots(1)$$

donde

L: inductancia

φ: flujo magnético

$$\varphi = \int V dt + L \times I \qquad ...(2)$$

$$\varphi \cos\theta = \int V\alpha dt + L \times I\alpha \qquad ...(3)$$

$$\varphi \mathrm{sen}\theta = \int V\beta dt + L \times I\beta \qquad ...(4)$$

Basándose en las ecuaciones (1) a (4), se puede predecir θ. En otras palabras, se puede predecir una posición de motor (es decir la posición del rotor) a partir de la intensidad I instantánea y la tensión V instantánea que han sido detectadas. Los valores de detección y las constantes, que son utilizados en la predicción anterior, son utilizados sin que valores id e iq de cambio de intensidad se hayan obtenido a partir de una conversión de coordenadas de valores iu, iv y iw de intensidad de entrada del compresor 1. Estos valores son entonces sustituidos en la ecuación (5), por lo tanto, determinando el par Tm de torsión de accionamiento del motor.

$$Tm = P \times \{\varphi a + (Ld - Lq) \times id\} \times iq \qquad ...(5)$$

donde

P: logaritmo polar
Id, iq: valores de intensidad obtenidos a partir de la conversión de coordenadas de intensidad de entrada del compresor
Φa: conexión de flujo generada por imanes permanentes
Ld: inductancia en el eje d
Lq: inductancia en el eje q

La ecuación aritmética constituida por el flujo magnético y los valores de intensidad es para obtener un par de torsión que es el producto exterior de un flujo magnético principal y una intensidad y funciona en un estator. El par de torsión de rotor del motor 6 sirve como una fuerza de reacción contra el par de torsión del estator. Por lo tanto, el par de torsión de accionamiento del motor puede ser dado por la ecuación (6).

$$Tm = P \times (\lambda\alpha \times i\beta - \lambda\beta \times i\alpha) \qquad ...(6)$$

donde

P: logaritmo polar
λα, λβ: flujo magnético principal (una caída en la tensión terminal del motor basándose en el producto de tiempo-resistencia)
iβ, iα: intensidad principal (intensidad de línea de motor)

En la ecuación (6) α y β son las coordenadas de un sistema de coordenadas fijo y tres fases u, v, w son transformadas en dos fases. λα es calculada por la siguiente ecuación (7) y λβ por la ecuación (8).

$$\lambda\alpha = \int V\alpha dt \qquad ...(7)$$

$$\lambda\beta = \int V\beta dt \qquad ...(8)$$

La información de temperatura en el sistema de refrigerante (temperatura de evaporación y temperatura de condensación detectadas por los medios 22 y 23 de detección de temperatura), indicativa del estado de refrigerante del circuito de circulación de refrigerante, es introducida en los medios 21 de memoria. Tal y como se muestra en la figura 3, un par de torsión (gráfico de alta presión) es decir, gráfico de par de torsión-temperatura de condensación) para una pluralidad de temperaturas Te de evaporación es preparada de antemano para cada velocidad de revolución del compresor 1 y almacenada en los medios 21 de memoria. Por lo tanto, el sistema 28 de predicción puede estimar, basándose en estos gráficos, una temperatura Tc de condensación a partir del par Tm de accionamiento de motor calculado y una temperatura Te de evaporación y estimar una presión Pc de condensación (presión de refrigerante alta) a partir de esta temperatura Tc de condensación basándose en las propiedades del refrigerante.

Por ejemplo, si el par Tm de torsión de accionamiento del motor es10Nm en un caso en el que la velocidad de revolución del compresor 1 es 60rps y la temperatura Te de evaporación es de 10 ℃, la temperatura Tc de condensación se estima que es de aproximadamente 50 ℃.

Un gráfico de barras de rotación-presión baja (es decir un gráfico de par de torsión-temperatura de evaporación) correspondiente una pluralidad de temperaturas Tc de condensación es preparado de antemano para cada velocidad de revolución del compresor 1. Basándose en estos gráficos, se puede estimar una temperatura Te de evaporación a partir del par Tm de torsión de accionamiento del motor y la temperatura Tc de condensación, y una presión Pe de evaporación (presión de refrigerante baja) también se puede estimar a partir de esta temperatura Te de evaporación.

Por tanto, se pueden estimar una temperatura Tc de condensación y una temperatura Te de evaporación, y este control proporciona las siguientes ventajas. Cuando se mide una temperatura Tc de condensación o una temperatura Te de elaboración como en los sistemas convencionales, sucede un considerable retardo de tiempo cuando la temperatura de la parte de medida alcanza una temperatura estacionaria de manera que no se puede alcanzar el valor de medida correcto. En contraste con esto, dicho retardo de tiempo no sucede cuando se estima la presión de refrigerante alta o la presión de refrigerante constante a partir de un par de torsión de accionamiento del motor. Por lo tanto, el control protector para evitar anormalidades en presiones altas y bajas se puede llevar a cabo sin retardo. Como resultado, se puede evitar un daño severo.

La temperatura Tc de condensación y la temperatura Te de evaporación, que son obtenidas por el control anterior, se puede utilizar para la determinación de si existen anormalidades en los sensores para medir una temperatura Tc de condensación y una temperatura Te de evaporación.

Adicionalmente, la relación entre el par de torsión de accionamiento del motor y el grado de sobrecalentamiento de succión se puede alcanzar para cada condición de temperatura especificada y/o una condición de presión del sistema de refrigerante. En este caso, el grado de sobrecalentamiento de succión del compresor 1 en funcionamiento puede estimarse basándose en el par de torsión de accionamiento del motor detectado y en la información de la temperatura y/presión obtenida en ese momento. De forma más concreta, la relación entre el par Tm de torsión de accionamiento del motor y el grado de sobrecalentamiento SH de succión es obtenido para cada presión Pc de condensación y presión Pe de evaporación específicas para preparar gráficos de par de torsión/grado de sobrecalentamiento de antemano. Entonces, el gráfico de relación tal como el mostrado en la figura 4, que corresponde a una presión Pc de condensación y a una presión Pe de evaporación detectadas, se selecciona de ellos, y el grado de sobrecalentamiento de succión en ese momento es estimado a partir del par Tm de torsión de accionamiento del motor que ha sido obtenido (calculado).

En el gráfico de par de torsión-grado de sobrecalentamiento mostrado en la figura 4, el grado de sobrecalentamiento de succión es dibujado en la abscisa mientras que el par de torsión de accionamiento del motor es dibujado en la ordenada. Por lo tanto, si el par de torsión calculado es Tmot en la figura 4 por ejemplo, el grado de sobrecalentamiento de succión se puede estimar a partir del valor del punto correspondiente a Tmot en el eje (abscisa) que representa el grado de sobrecalentamiento de succión. Por lo tanto, si el grado de sobrecalentamiento de succión estimado no es adecuado, se puede ajustar a un valor adecuado por lo tanto evitando un sobrecalentamiento excesivo y un funcionamiento húmedo.

Debería indicarse que el sistema 28 de predicción puede detectar un estado continuo (es decir, un par de torsión instantánea de estado continuo o una intensidad instantánea de estado continuo) de antemano a partir del par de torsión de accionamiento del motor o de la intensidad de accionamiento del motor y la información de temperatura y/o presión en el sistema de refrigerante. Y los datos del estado continuo pueden ser almacenados en los medios 21 de memoria, y la condición interna tal como una lubricación débil o una compresión de líquido puede predecirse comparando un par de torsión instantánea detectada o una intensidad instantánea con la tabla de datos almacenados.

Con referencia las propiedades de fricción de la superficie deslizante, cuando está lubricada de forma insuficiente, la superficie deslizante se convierte rugosa, provocando aumentos en la resistencia de fricción. En este caso, la porción correspondiente al rango H2 mostrado en la figura 5 aumenta de forma significativa, en comparación con la intensidad contínua indicada por la línea discontinua. En el gráfico de la figura 7 el cual muestra la relación entre el grado de dilución de aceite y el par de torsión, el par de torsión en el rango H3 aumenta significativamente en comparación con el par de torsión continua.

En el caso de una compresión de líquido o similar, ocurre un gran aumento en el par de torsión o intensidad, tal y como se muestra en la figura 6. El gran aumento expresado en el presente documento es tal que es un aumento que excede la cantidad preestablecida. Por lo tanto, es posible detectar la existencia de una lubricación débil una compresión de líquido, etc. a partir de un gran aumento en el par de torsión de carga, debido a que cuando suceden anormalidades en el eje en el compresor 1 aumenta el par de torsión de carga más significativamente que cuando el compresor 1 está en un estado normal. Si se detecta dicho aumento, la frecuencia de funcionamiento del compresor 1 se reduce para evitar un funcionamiento anormal.

En lugar de juzgar la cantidad de incremento en el par de torsión o la intensidad para predecir la existencia de un funcionamiento anormal tal y como se describió anteriormente, se puede utilizar un rápido aumento en el par de torsión o intensidad. Es decir, la existencia de un funcionamiento anormal puede predecirse cuándo la cantidad de aumento (es decir, la tasa de aumento) en el par de torsión o similar por unidad de tiempo excede un valor de referencia.

La intensidad instantánea puede ser expresada con una onda de seno, y si esta intensidad tiene una forma de onda anormal como la mostrada en la figura 9, entonces se predice que se ha producido una carga de impacto tal como anormalidades en el eje o una compresión de líquido. De forma más concreta, si se produce una carga de impacto tal como anormalidades en el eje o una compresión del líquido, sucederá una distorsión en la forma de onda de la intensidad, formando lo que se denomina “pedestales de bigote", tal y como se muestra en la figura 9. Por consiguiente, la forma de onda es detectada y si un bigote permanece en esta forma de onda, se predice entonces que se ha producido una carga de impacto.

Es decir, la condición interna del compresor 1 se predice basándose en la cantidad de distorsión producida en la onda de seno, siendo obtenida la cantidad de distorsión mediante el análisis de un componente harmónico más alto de la intensidad instantánea detectada. Por consiguiente, una lubricación débil, etc., es predecible basándose en la distorsión de una intensidad instantánea.

Adicionalmente a la predicción de una lubricación débil, etc., basándose en la cantidad de distorsión, son posibles juicios basados en el número de repeticiones para cada frecuencia de giro de máquina. Particularmente, es posible hacer un juicio a partir del número de repeticiones de una distorsión mayor que un cierto valor o a partir de una cantidad total de distorsiones que suceden de forma repetida.

Por consiguiente, el sistema 28 de predicción debería estar diseñado de tal manera que como en la modificación mostrada en la figura 8, los medios 21 de memoria almacenen un valor umbral (valor de referencia verificado) de acuerdo con la información de temperatura y/o la información de presión del sistema de refrigerante y los medios 20 de computación analizan el componente armónico más alto de una intensidad instantánea.

Con esta disposición, la existencia de una lubricación débil como una compresión de líquido o similar se puede predecir comparando el valor umbral con la forma de onda de un componente harmónico más alto de una intensidad instantánea detectada. En dicho caso, se puede evitar el funcionamiento anormal, por ejemplo, reduciendo la frecuencia de funcionamiento del compresor 1. Adicionalmente, dado que el valor umbral (valor de referencia especificado) se establece basándose en la información de temperatura y la información de presión del sistema de refrigerante, puede aumentar la fiabilidad de la condición interna detectada. Como resultado, se puede evitar un fallo en el compresor, sin fallo.

Modificación

Ahora, se hace referencia la figura 10 que muestra un acondicionador de aire construido de acuerdo con una modificación de un modo de realización.

En este caso, una intensidad instantánea y/o una tensión instantánea de la bobina 10 de tres fases del motor 6 son detectadas, y se predice la condición interna del compresor 1 a partir de los valores de detección. Basándose en esta condición interna predicha, se varía una señal de inversor de unos medios 26 de control de inversor para accionar el compresor 1, por lo tanto realizando una operación de protección del compresor 1. “La operación de protección” del compresor 1 discutida en el presente documento es una operación para evitar el fallo para prevenir la existencia de una lubricación débil, una compresión de líquido, etc.

De forma concreta, el compresor 1 tiene el motor 6, el inversor 11, un dispositivo 25 de detección que sirve como medio de detección para detectar una intensidad instantánea y/o una tensión instantánea aplicada al motor 6, medios 26 de control del inversor, y una unidad 27 de control. La unidad 27 de control incluye el sistema 28 de predicción y medios 29 de control para evitar el fallo que reciben una instrucción del sistema 28 de predicción. El sistema 28 de predicción está provisto de medios 21 de memoria y medios 20 de computación (no mostrados en la figura 10 pero mostrados en la figura 1). Dado que otras disposiciones son iguales a las del acondicionador de aire mostrado en la figura 1, las partes correspondientes a estas de la figura 1 son identificadas por las mismas referencias numéricas y se omitirá una explicación de las mismas.

Por tanto, en el acondicionador de aire mostrado en la figura 10, son detectadas una intensidad instantánea y/o una tensión instantánea de la bobina 10 del motor 6, y se predice la condición interna (lubricación débil, compresión de líquido, etc.) del compresor a partir de los valores de detección. Después, la información de la condición interna del compresor es introducida en los medios 29 de control para evitar el fallo.

Almacenado en los medios 29 de control para evitar el fallo hay datos de un modelo de sistema de refrigerante preestablecido. Los medios 29 de control para evitar el fallo introduce en una señal de instrucción desde unos medios 30 de control del sistema de refrigerante para realizar el control de funcionamiento del sistema de refrigerante.

Por consiguiente, en el acondicionador de aire de la figura 10, se predice la condición interna del compresor 1 y se predice la condición de funcionamiento del circuito de circulación de refrigerante basándose en el modelo de sistema de refrigerante. Si el contenido de la predicción es una lubricación débil, una señal de control se emitirá a los medios 26 de control del inversor del compresor 1 desde los medios 29 de control para evitar el fallo con el fin de evitar una lubricación débil. Con tal fin, se realiza el control para variar la velocidad de revolución del motor 6 (el objeto del control) o el control para variar el valor de una inducción de control del sistema (parámetro de control de funcionamiento) emitido desde los medios 30 de control de sistema de refrigerante, con lo que se evita un funcionamiento anormal.

Cuando se lleva a cabo el funcionamiento del acondicionamiento de aire, los medios 30 de control del sistema de refrigerante controlan las unidades varias. Se predice la condición interna del compresor 1 en ese momento, y si se encuentra que se está llevando a cabo un funcionamiento con una anormalidad tal como una lubricación débil, se realiza el control mediante los medios 26 de control del inversor (funcionamiento protector del compresor 1) con referencia al control de funcionamiento mediante los medios de control de sistema de refrigerante. Con esta disposición, se mejora la fiabilidad para evitar un fallo en el compresor 1.

Si la condición interna predicha es normal, se hace un cambio desde el funcionamiento protector anterior al funcionamiento continuo. De forma más específica, los medios 29 de control para evitar el fallo incluyen medios de conmutación (no mostrados). Estos medios de conmutación están diseñados para conmutar el compresor 1 a un funcionamiento protector si se predice que se está llevando a cabo un funcionamiento con una anormalidad tal como una lubricación débil y para conmutar el compresor 1 a un funcionamiento continuo si se predice que se ha recuperado el funcionamiento normal. Esto conduce a un funcionamiento de alta eficiencia del acondicionador de aire.

Los medios 29 de control para evitar el fallo pueden estar diseñados para hacer un diagnóstico de fallo del sistema basándose en la condición interna predicha del compresor 1. Tal y como se utiliza en el presente documento, el término "diagnóstico de fallo" indica que una lubricación débil es diagnosticada a partir de la distorsión de una intensidad instantánea detectada, una compresión de líquido es diagnosticada a partir de un cambio en la intensidad instantánea detectada, o son detectadas anormalidades en el grado del sobrecalentamiento de succión estimando presiones altas y bajas. El resultado de estos diagnósticos es almacenado en los medios 21 de memoria. Por lo tanto, el resultado del diagnóstico de fallo del sistema se puede utilizar para corrección de fallos, por ejemplo, después de la operación de parada.

Por tanto, se puede realizar un diagnóstico de fallo en el acondicionador de aire mostrado en la figura 10. Por otro lado, este diagnóstico de fallo tiene una alta fiabilidad de manera que se pueden determinar las posiciones de fallos y se puede predecir la causa de los fallos basándose en el diagnóstico de fallo. Esto hace posible corregir los fallos y retirar las causas de los fallos de manera que se pueda evitar un funcionamiento en una condición problemática.

Los medios 29 de control para evitar el fallo puede que no hagan un diagnóstico de fallo, pero puede que hagan un pronóstico de fallo cuando es predecible que ocurran fallos si continúa al funcionamiento. Tal y como se utiliza en el presente documento el término "pronóstico de fallo" significa que se predice una lubricación débil a partir, por ejemplo, de la distorsión de una intensidad instantánea detectada. La información en el pronóstico de fallo es transmitida al exterior (por ejemplo, al usuario o similar) a través de unos medios 31 de comunicación. Los medios de comunicación están constituidos por medios de visualización (tal como un parpadeo de una luz de indicación o una generación de sonido) para informar al usuario, etc. de la información en el pronóstico de fallo.

El acondicionador de aire mostrado en la figura 10 por consiguiente hace un pronóstico de fallo y este pronóstico de fallo tiene una alta fiabilidad de manera que se puede evitar un funcionamiento anormal que suponga un fallo basándose en el mismo. Además, dado que la información en el pronóstico de fallo se puede trasmitir hacia el exterior a través de los medios 31 de comunicación, el usuario o similar puede estar informado y puede hacer frente al fallo.

Otra modificación de un modo de realización

Aunque son predecibles presiones altas y bajas, el grado de sobrecalentamiento de succión, una pobre lubricación, una compresión de líquido, etc. para el acondicionador de aire de la figura 1, el objeto que se va predecir puede ser cualquiera de ellos o combinaciones arbitrarias de objetos seleccionados de ellos.

A pesar del funcionamiento protector del compresor 1, el diagnóstico de fallo, y el pronóstico de fallo son todos posibles para el acondicionador de aire mostrado en la figura 10 con la invención es igualmente aplicable a otros tipos de acondicionadores de aire. Por ejemplo, en una alternativa, el funcionamiento de protección se realiza, pero no se realizan el diagnóstico de fallo y el pronóstico de fallo. En otra alternativa, se realiza el diagnóstico de fallo, pero no se realizan el funcionamiento protector y el pronóstico de fallo. En otra alternativa, se realiza el pronóstico de fallo, pero no se realizan el funcionamiento protector y el diagnóstico de fallo. Son posibles otras alternativas, las cuales emplean combinaciones arbitrarias de funciones seleccionadas de las anteriores.

Adicionalmente, el valor de referencia especificado para un aumento rápido en una intensidad instantánea, que es utilizado para la predicción de la condición interna, el valor de referencia especificado para un aumento rápido en el par de torsión de accionamiento del motor instantáneo, que es utilizado para la predicción de la condición interna, se pueden alterar de forma arbitraria con la condición de que la alteración no cause un funcionamiento anormal.

La unidad 40 de control del compresor 1 puede tener la función de emitir información tal como un par de torsión de accionamiento del motor predicho, una temperatura, una presión alta, una presión baja, y una condición de lubricación del eje. De forma alternativa, la unidad 40 de control puede introducir información de sistema de refrigerante para calcular la información que se pretende que mejore la precisión o el funcionamiento óptimo del sistema.

Por tanto, información tal como el par de torsión de accionamiento del motor predicho puede ser emitido, de manera que el usuario puede alcanzar correctamente la condición interna del compresor 1. Se puede calcular la información pretendida para mejorar la precisión y el funcionamiento óptimo del sistema, de manera que llega a ser posible lograr mejoras en la precisión y en realizar el funcionamiento óptimo del sistema.

El motor 6 no está limitado a un motor de CC sin escobillas.

En el caso en el que se predice la condición interna del compresor 1 mediante el uso de un modelo de motor, se puede obviar la necesidad de un acumulador, un sensor de presión, un conmutador de presión, o un sensor de temperatura de la tubería de succión.

De forma concreta, en el caso en el que se predice la compresión del líquido del compresor 1 tal y como se describió anteriormente, no es necesario un acumulador para el acondicionador de aire mostrado en la figura 2. Por ejemplo, un par de torsión de accionamiento de motor, que es un parámetro del modelo del motor se identifica y se predice la compresión del líquido a partir del par de torsión de accionamiento de motor. Es decir, el retorno de líquido es predicho. Por lo tanto, el retorno de líquido se puede evitar sin el uso de un acumulador en el circuito de circulación de refrigerante.

La disposición anterior se adecúa especialmente para el caso en el que el compresor 1 sea un compresor giratorio. Dado que sucede una compresión para cada giro en los compresores de tipo de pistón rodante y los compresores denominados de tipo oscilante en los cuales un pistón y una cuchilla están formados de forma integral, estos compresores tienen los problemas de una compresión alta velocidad y un aumento rápido de la presión provocado por el retorno de líquido. La predicción del retorno de líquido tal y como se describió anteriormente permite una prevención fiable del retorno del líquido sin el uso de un acumulador.

En el caso en el que se identifica un par de torsión de accionamiento de motor y se estima una presión de refrigerante a partir de este par de torsión de accionamiento de motor, se puede obviar la necesidad de un sensor de alta presión y de un conmutador de alta presión proporcionados para el lado de descarga del compresor 1. Además, se puede eliminar la necesidad de un sensor de baja presión proporcionado en el lado de succión del compresor 1.

En el caso en el que se identifica un par de torsión de accionamiento del motor y se predice el grado de sobrecalentamiento del refrigerante del compresor a partir del par de torsión de accionamiento del motor, se puede eliminar una necesidad de un sensor de temperatura de tubería de succión proporcionado para el lado de succión del compresor 1.

Primer ejemplo

A continuación, se describirá un ejemplo que no es parte de la materia reivindicada con referencia a los dibujos. Se explicarán sólo las partes del primer ejemplo que difieren de aquellas en un modo de realización, mostrado en la figura 1. Es decir, en el primer ejemplo, las partes correspondientes a las de la figura 1 son identificadas mediante las mismas referencias numéricas y se omitirá una explicación detallada de las mismas.

Tal y como se muestra en la figura 11, unos medios 15 de detección están previstos para la sección 14 inversora en lugar del detector 16 de intensidad y del detector 17 de tensión de un modo de realización. Los medios 15 de detección detectan la intensidad y la tensión de la bobina 10 de tres fases del motor 6 de CC sin escobillas. Los medios 15 de detección tienen una sección de detección de intensidad compuesta de un sensor de detección de intensidad o similar capaz de detectar intensidad, y una sección de detección de tensión compuesta de un sensor de detección de tensión o similar capaz de detectar tensión.

Tal y como se muestra la figura 13, el compresor 1 está hecho de una espiral, y su motor 6 de CC sin escobillas tiene una armadura 10 (es decir, bobina) y un rotor 1a. En este caso, el rotor 1a del motor 6 de CC sin escobillas tiene una estructura con imán integrado en la cual los imanes (imanes permanentes) 1b están integrados dentro de la misma tal y como se muestra la figura 18. Circunstancialmente, el motor síncrono de imán permanente (MSIP) es un motor en el cual la rectificación mecánica provocada por la escobilla y el conmutador de un motor de intensidad directa es reemplazada por la acción de conmutación de un semiconductor, y es denominado un motor de CC sin escobillas. Dado que el MSIP está formado de tal manera que la rectificación mecánica es reemplazada por la acción de conmutación de un semiconductor, tiene una estructura de sistema de campo magnético giratorio donde los imanes 1b (imanes permanentes) están formados en el lado del rotor mientras que la armadura 10 está en el lado del estator. La posición de rotación del rotor 1a del motor 6 de CC sin escobillas es estimada utilizando la intensidad, la tensión y las constantes de instrumento, y el motor 6 de CC sin escobillas es controlado basándose en el resultado de la estimación de la posición de rotación.

En el sistema de refrigerante mostrado en la figura 12, se forman medios 24 de detección de temperatura en una tubería 18 de descarga del compresor 1. Estos medios 24 de detección de temperatura detectan la temperatura de la tubería de descarga del compresor 1.

El sistema 28 de predicción está constituido como un sistema de estimación de temperatura del motor, y se contempla una temperatura de motor estimada como la temperatura interna del compresor 1. Este sistema 28 de predicción esté equipado con los medios 15 de detección anteriores, los medios 20 de computación (es decir, una unidad de funcionamiento aritmética), los medios 21 de memoria, es decir, la unidad de almacenamiento, y unos medios 35 de entrada de constante de instrumento.

En este caso, la estimación de una temperatura de motor se realiza estimando la temperatura de los imanes 1b (imanes permanentes) en el rotor 1a a partir de una intensidad y tensión del motor 6 y las constantes de instrumento. De forma concreta, se estima una temperatura del motor utilizando un modelo de motor (modelo de sistema de coordenadas giratorio) compuesto de la intensidad y la tensión del motor 6, la resistencia y la inductancia, siendo la resistencia y la inductancia una constante de instrumento.

Es decir, los medios 20 de computación está estructurado de tal manera que identifican el valor característico de flujo magnético de la conexión de flujo de armadura de los imanes 1b, que es un parámetro del modelo de motor.

La memoria 21 anterior estima una temperatura de motor a partir del valor característico de flujo magnético identificado. En esta estimación, se utiliza la ecuación de tensión para un motor síncrono de IP mostrada en la ecuación (9).

$$\begin{bmatrix} vu \\ vv \\ vw \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Ra+pLu & pMuv & pMwu \\ pMuv & Ra+pLv & pMvw \\ pMwu & pMvw & Ra+pLw \end{bmatrix} \begin{bmatrix} iu \\ iv \\ iw \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \omega\,\psi\,f\,\mathrm{sen}\,\theta \\ \omega\,\psi\,f\,\mathrm{sen}\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) \\ \omega\,\psi\,f\,\mathrm{sen}\left(\theta + \frac{2}{3}\pi\right) \end{bmatrix} \cdots (9)$$

donde

Lu, Lv, Lw: auto-inductancias de fases
Muv, Mvw, MWu: inductancia mutua entre fases
θ: ωt: ángulo de ataque del eje d desde la fase U
ω: velocidad angular eléctrica
ψf: valor máximo de conexión de flujo de armadura producido por imanes permanentes por fase
vu, vv, vw: tensiones de armadura de fases
iu, iv, iw: intensidad de armadura de fases
p: d/dt: operador diferencial
Ra: resistencia de bobinado de armadura

Como el modelo básico (modelo de marco giratorio) para el MSIP de tres fases que tiene 2 polos tal y como se muestra en la figura 15, el eje d es dibujado en la dirección del polo N de los imanes 1b, y el eje q es dibujado en la dirección que es desplazada hacia delante desde el eje d $\pi/2$. Si el ángulo de ataque del eje d, que es desplazado el sentido antihorario basándose en el bobinado de la fase U, es representado por θ, las auto-inductancias de la armadura son descritas por la ecuación (10), la inductancia mutua por la ecuación (11), y la conexión de flujo de armadura de los imanes 1b por la ecuación (12).

$$\left.\begin{aligned} Lu &= la + La - Lascos2\theta \\ Lv &= la + La - Lascos\left(2\theta + \frac{2}{3}\pi\right) \\ Lw &= la + La - Lascos\left(2\theta - \frac{2}{3}\pi\right) \end{aligned}\right\} \cdots (10)$$

donde

Lu, Lv, Lw: auto-inductancias de fases
la: inductancia de pérdida por fase
La: media de inductancia efectiva por fase
Las: amplitud de inductancia efectiva por fase
$\theta = \omega t$: ángulo de ataque del eje d desde la fase U
ω: velocidad angular eléctrica

$$\left.\begin{aligned} Muv &= -La - \frac{1}{2}Lascos\left(2\theta - \frac{2}{3}\pi\right) \\ Mvw &= -La - \frac{1}{2}Lascos2\theta \\ Mwv &= -La - \frac{1}{2}Lascos\left(2\theta + \frac{2}{3}\pi\right) \end{aligned}\right\} \cdots (11)$$

donde

Muv, Mvw, MWu: inductancia mutua entre fases

$$\left.\begin{aligned} \psi fu &= \psi f \cos\theta \\ \psi fv &= \psi f \cos\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) \\ \psi fw &= \psi f \cos\left(\theta + \frac{2}{3}\pi\right) \end{aligned}\right\} \cdots (12)$$

donde

ψfu, ψfv, ψfw: conexiones de flujo de armadura producidas por imanes permanentes en las fases ψf: valor máximo de la conexión de flujo de armadura producido por los imanes permanentes por fase.

La ecuación (9) es obtenida partir de las ecuaciones (10) y (12). La matriz de transformación utilizada para la trasformación del sistema de coordenadas de tres fases al sistema de coordenadas d, q es dada por la siguiente ecuación (13). Si la ecuación de tensión básica (ecuación (9)) descrita anteriormente es convertida, mediante el uso de esta matriz de trasformación, en el sistema de coordenadas de ejes d, q que gira a una velocidad angular eléctrica de ω, la ecuación de tensión del MSIP es dada por la siguiente ecuación (14).

$$C = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos\theta & \cos\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) & \cos\left(\theta + \frac{2}{3}\pi\right) \\ -\operatorname{sen}\theta & -\operatorname{sen}\left(\theta - \frac{2}{3}\pi\right) & -\operatorname{sen}\left(\theta + \frac{2}{3}\pi\right) \end{bmatrix} \cdots (13)$$

$$\begin{bmatrix} vd \\ vq \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Ra+pLd & -\omega Ld \\ \omega Ld & Ra+pLq \end{bmatrix} \begin{bmatrix} id \\ iq \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \omega\psi \end{bmatrix} \quad \cdots (14)$$

donde

$$\psi = \sqrt{3/2}\ \psi f = \sqrt{3}\ \psi e$$

Ψe: valor efectivo de la conexión de flujo de armadura producido por imanes permanentes
vd, vq: tensión de armadura de componentes de eje d y eje q
id, iq: intensidad de armadura de componentes de eje d y eje q
Ld: 1a + 3/2(La – Las): inductancia del eje d
Lq: 1a + 3/2(La – Las): inductancia del eje q

En el estado continuo, el operador p diferencial es cero en la ecuación (14) y por lo tanto la ecuación de tensión de motor para el estado continuo es dada por la siente ecuación (15).

$$\begin{bmatrix} vd \\ vq \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & -\omega Lq \\ \omega Ld & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} id \\ iq \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \omega\psi \end{bmatrix} \quad \cdots (15)$$

ψ se encuentra primero a partir de la ecuación (15), y la temperatura de los imanes 1b es estimada a partir de ψ. En este caso, ψ designa el valor característico del flujo magnético asociado con la conexión de flujo de armadura generada por los imanes 1b. De forma más concreta, ψ puede encontrarse a partir de $\psi = \sqrt{3}$, y ψe es el valor efectivo de la conexión de flujo de armadura generado por los imanes 1b. Estableciendo id (tensión de armadura del componente del eje d) a cero, donde β es cero y la fase de corriente es cero tal y como se muestra en la figura 16, vq (la tensión de la armadura del componente del eje q) es dada por la siguiente ecuación (16). La ecuación (16) se convierte entonces en la ecuación (17) de la cual se puede obtener ψ. Una vez que se ha determinado ψ, la temperatura (la temperatura de los imanes) se puede estimar a partir de un gráfico (un diagrama de flujo magnético con respecto a la temperatura) tal y como se muestra en la figura 17 que muestra la relación entre ψ y la temperatura. De forma específica, esta gráfica muestra el valor de ψ para una temperatura actual y se prepara de antemano para ser almacenada en los medios 21 de memoria. Después de que se ha calculado ψ mediante los medios 20 de computación, el resultado de esta operación aritmética es introducido en los medios 21 de memoria y se estima la temperatura del motor a partir de esto.

$$Vq = R \times iq + \omega \times \psi \qquad \ldots(16)$$

$$\psi = (vq - R \times iq) / \omega \qquad ...(17)$$

Cuando se está llevando a cabo el control normal, vq es dada por la siguiente ecuación (18). La ecuación (18) se convierte en la ecuación (19) a partir de la cual se puede encontrar ψ. La temperatura (la temperatura de los imanes) se puede estimar a partir de la gráfica anterior (el diagrama de flujo magnético con respecto a la temperatura) basado en el ψ por tanto obtenido. Circunstancialmente, en la operación aritmética anterior, la intensidad de motor y la tensión de motor son detectadas por los medios 15 de detección. Está intensidad de motor y tensión de motor así como la resistencia y la inductancia son introducidas en los medios 20 de computación, siendo la resistencia y la inductancia constantes de instrumento introducidas a través de los medios 35 de entrada de constante de instrumento. Por consiguiente, los datos (valores numéricos) requeridos para las expresiones aritméticas anteriores se pueden obtener sin fallo.

$$vq = \omega \times Ld \times id + R \times iq + \omega \times \psi \qquad ...(18)$$

$$\psi = (vq - \omega \times Ld \times id - R \times iq) / \omega \qquad ...(19)$$

El valor característico de flujo magnético de la conexión de flujo de armadura no está limitado a ψ. Dado que $\psi = \sqrt{3}$, ψe puede utilizarse como el valor característico de flujo magnético para preparar el gráfico (el diagrama de flujo magnético con respecto a la temperatura) que muestra la relación entre e y la temperatura. La temperatura del motor puede estimarse a partir de este gráfico. Tal y como se indicó anteriormente ψe es el valor efectivo de la conexión de flujo de armadura generado por los imanes 1b.

Por tanto, la temperatura del motor (la temperatura de los imanes 1b) puede estimarse tal y como se describió anteriormente, y se puede estimar la temperatura interna del compresor 1 a partir de esta temperatura de motor estimada. A partir de esta temperatura de motor estimada, es posible determinar si el compresor 1 es normal o anormal, de manera que se puede evitar un funcionamiento en un estado anormal por lo tanto evitando el fallo causado por, por ejemplo, un daño a la parte interna del compresor 1. Debería indicarse que esta estimación de temperatura se puede hacer de forma constante durante el funcionamiento. De forma alternativa, la estimación de temperatura se puede hacer bajo una cierta condición tal como, por ejemplo, cuando la velocidad de revolución o la intensidad del motor tienen un valor especificado. En este caso, la condición en la que β se hace cero se establece con id (intensidad de armadura del componente del eje d) = cero, de forma similar al caso descrito anteriormente, y entonces, se obtiene ψ para estimar la temperatura a partir de la misma.

Circunstancialmente, una vez que se establece una condición donde β = cero, una inductancia Ld del eje X nunca más es necesaria de manera que se pueden reducir errores de funcionamiento provocados por cambios en las constantes debidos a fluctuaciones de temperatura, etc., llevando a una mejora en la precisión de la estimación de temperatura. De forma adicional, esto ofrece un potencial para la estimación de temperatura para áreas que tienen poco gas refrigerante en un acondicionador de aire tal como el utilizado en este ejemplo. Sin embargo, en este caso, el área de medida se estrecha de manera que surge una necesidad para seleccionar un modo de medida para hacer β cero, durante el funcionamiento. En el estado normal donde $\beta \neq$ cero la estimación de temperatura se puede realizar en todas las áreas de funcionamiento en cualquier momento durante el funcionamiento, pero es necesario aumentar la precisión de la identificación de inductancia Ld del eje d. Es decir, en ambos casos donde β = cero o donde $\beta \neq$ cero tiene un mérito y un demérito, y por lo tanto, no pasa nada sea cual sea la que se adapta.

Tal y como se muestra en la figura, los medios 24 de detección de temperatura están formados en la tubería 18 de descarga. En el acondicionador de aire, se realiza el control de temperatura de tubería de descarga basado en la temperatura de tubería de descarga del compresor 1. Por lo tanto, el sistema 28 de predicción puede estar equipado con unos medios 36 de calibración para ajustar una temperatura estimada a una temperatura actual utilizando esta temperatura de tubería de descarga si la temperatura estimada difiere de la temperatura actual. Los medios 36 de calibración están constituidos mediante los medios 20 de computación.

Es decir, a medida que el caudal de gas refrigerante es normal, la temperatura de tubería de descarga es sustancialmente la misma que la temperatura interna del compresor 1. Si una temperatura estimada difiere de la temperatura de tubería de descarga, la temperatura estimada es incorrecta. En dicho caso, se puede añadir un valor de compensación a la temperatura estimada. Esta calibración se puede llevar a cabo constantemente durante el funcionamiento. De forma alternativa, la calibración se puede realizar con la condición de que la intensidad del motor 6 hola temperatura de tubería de descarga caiga en un rango especificado durante un cierto periodo de tiempo.

Dado que el sistema 28 de predicción estima la temperatura del motor a partir de la intensidad y la tensión del motor 6 y de las constantes de instrumento, no hay necesidad de utilizar un sensor de detección de temperatura. Adicionalmente, dado que se utilizan los datos para estimar la posición de rotación no es casi necesario el uso adicional de otras disposiciones. Por lo tanto, se puede obtener una temperatura de motor altamente fiable a bajo coste.

Dado que la temperatura de los imanes 1b es estimada como la temperatura del motor, utilizando el modelo de sistemas de coordenadas giratorias constituido por la intensidad de la tensión anteriores, y la resistencia y la inductancia que son constantes de instrumento, se puede estimar fácilmente la temperatura de los imanes 1b.

Además, la temperatura del motor se puede estimar fácilmente mediante el uso de una expresión aritmética simple (ecuación de tensión básica).

Adicionalmente, dado que el eje d es dibujado en la dirección del polo N de los imanes 1b; el eje q es dibujado en la dirección que está desplazada hacia delante del eje d $\pi/2$; la ecuación de tensión básica del motor para el MSIP de tres fases es convertida en el sistema de coordenadas de los ejes d, q el cual gira a una velocidad ω angular eléctrica, por lo tanto teniendo la ecuación de tensión del motor; se obtiene una ecuación de tensión para el Estado continuo a partir de la ecuación de tensión del motor; y en el momento de la estimación, el componente del eje d de la tensión de armadura en una ecuación de tensión de estado continuo se hace cero, se puede obviar la necesidad del uso de la inductancia Ld el eje d y se puede reducir el número de elementos en funcionamiento. Por lo tanto, se puede reducir los errores de funcionamiento provocados por cambios en las constantes debido a fluctuaciones de temperatura, etc.

Además, el sistema 28 de predicción puede estimar la temperatura interna del compresor 1 a partir de la temperatura del motor, de manera que se puede predecir la condición interna del compresor 1. La fiabilidad de la temperatura estimada se puede aumentar especialmente mediante la provisión de medios 36 de calibración.

En virtud de esta disposición, el sistema 28 de predicción no juzga que el compresor 1 sea anormal cuando está funcionando de forma normal y que el compresor 1 sea anormal cuando está funcionando de forma anormal.

Es decir, si el compresor 1 se juzga que es anormal aunque funciona de forma normal, el funcionamiento del acondicionamiento de aire se detendrá de manera que la habitación no se mantenga confortable. Por otro lado, si el compresor 1 se juzga que es normal aunque funciona de forma anormal, el funcionamiento del acondicionamiento de aire continuará, de manera que hay una posibilidad de que suceda un fallo en el acondicionador de aire o que aumente el consumo de energía.

Para hacer frente a este problema, el sistema 28 de predicción predice la condición interna (temperatura interna) del compresor 1 con una alta precisión, lo cual elimina dicha posibilidad.

Circunstancialmente, durante el funcionamiento del compresor 1, la temperatura interna del compresor 1 se estima en la puesta en marcha, y se predice el grado de aumento posterior en la temperatura. Si la temperatura en la puesta en marcha o el aumento de la temperatura no es usual, se puede detener el funcionamiento. Con esta disposición, se permite la detención temprana de anormalidades, por lo tanto, evitando que el compresor uno funcione en una condición anormal durante un largo tiempo, de manera que se hace posible la prevención de daños al compresor 1, etc., y, en consecuencia, se mejora la fiabilidad.

Otra modificación del primer ejemplo

Mientras se emplea el rotor 1a que tiene una estructura de imán integrada tal como la mostrada en la figura 14, se puede remplazar con un rotor de estructura de imanes superficie en la cual los imanes permanentes están fijados a la superficie del rotor.

De forma adicional, el compresor 1 no está limitado al tipo de espiral, y por lo tanto pueden ser utilizados otros tipos de compresores tales como uno de tipo oscilante.

Además, la temperatura actual a la cual se compara la temperatura estimada en los medios 36 de calibración no está limitada a la temperatura de la tubería de descarga, y se puede emplear la temperatura, que es sustancialmente la misma o proporcional a la temperatura interna actual del compresor.

Aunque el acondicionador de aire mostrado en la figura 12 es utilizado como el refrigerador, la invención es del mismo modo aplicable a otros tipos de refrigeradores, siempre que venga el compresor 1 equipado con el motor 6 de CC sin escobillas capaz de la estimación de la temperatura.

Adicionalmente, se puede utilizar un sistema de coordenadas fijo como el modelo para la estimación de la temperatura del motor en lugar del modelo de sistema de coordenadas giratorio.

Aplicabilidad industrial

Tal y como se describió anteriormente, la unidad de control para compresor y el refrigerador de acuerdo con la invención son bien adecuados para su uso en refrigeración, etc., y de forma particular útiles para un control realizado basándose en la condición interna de un compresor.

REIVINDICACIONES

1. Un refrigerador que tiene un circuito de refrigerante que incluye un compresor (1), teniendo dicho compresor (1) un motor (6) y una unidad (40) de control, comprendiendo el refrigerador:

- unos medios (16, 17) de detección para detectar una intensidad y/o una tensión de dicho motor (6);

caracterizado porque la unidad de control comprende:

- unos medios (28) de predicción para predecir una condición interna del compresor (1) basándose en valores de detección obtenidos por dichos medios (16, 17) de detección,

en donde la condición interna predicha por los medios (28) de predicción es una existencia de una carga de impacto dentro del compresor (1), en donde un valor de detección obtenido por los medios (16) de detección es la intensidad del motor (6), y
en donde los medios (28) de predicción predice la existencia de una carga de impacto desde un componente armónico más alto de la intensidad de detección obtenida por los medios (16) de detección.

2. El refrigerador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los medios (28) de predicción predicen la existencia de una carga de impacto a partir de una cantidad de distorsión en una onda de seno del componente armónico más alto de la intensidad de detección.

3. El refrigerador de acuerdo con la reivindicación 1, en donde los medios (28) de predicción predicen la existencia de una carga de impacto cuando el componente armónico más alto de la intensidad de detección es mayor que el valor de referencia preestablecido.

4. El refrigerador de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el valor de referencia para los medios (28) de predicción se establece de acuerdo con una temperatura de refrigerante y/o una presión de refrigerante del circuito de refrigerante.

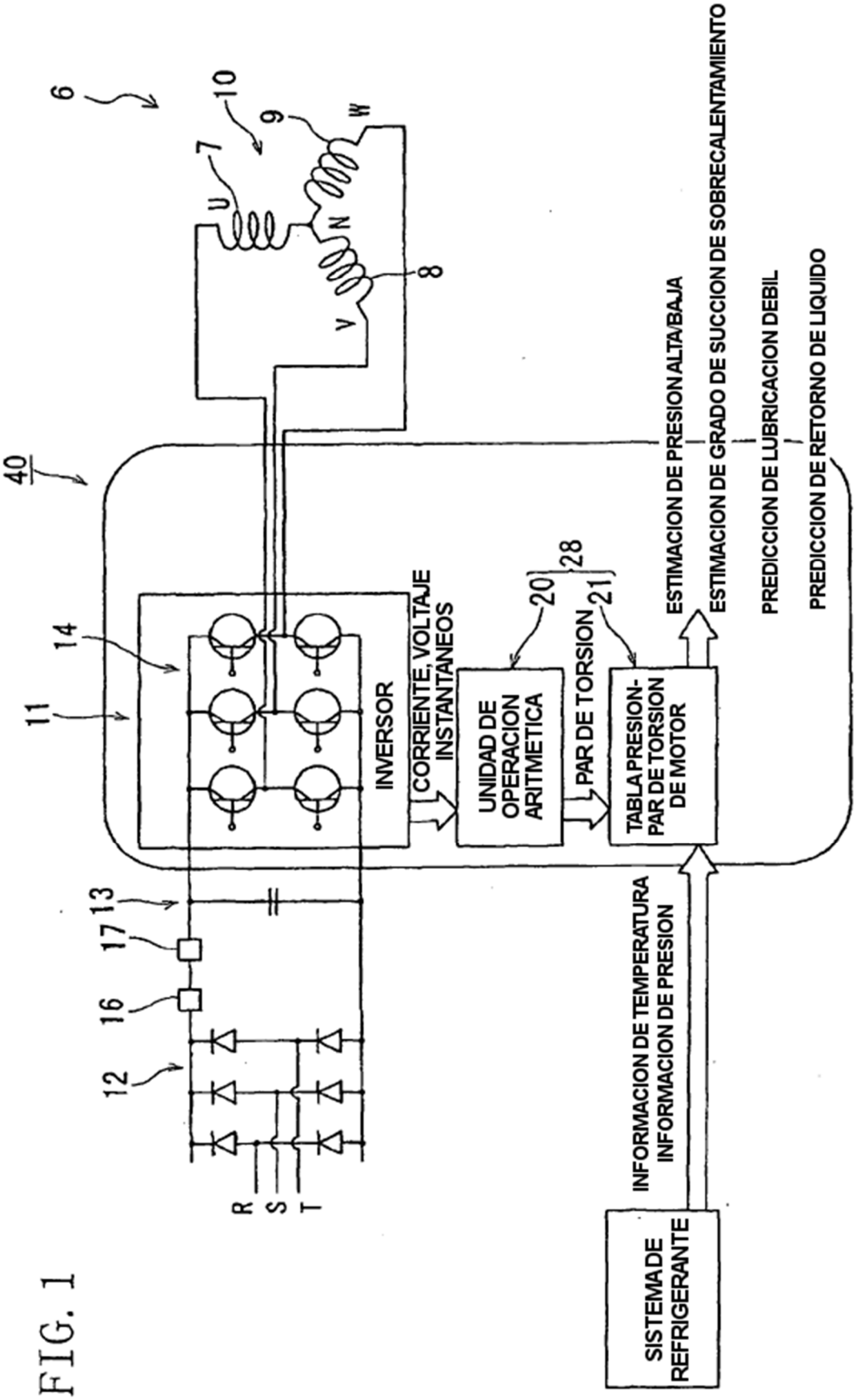

6
10
9
7
W
U
N
8
V
40
14
11
INVERSOR
CORRIENTE, VOLTAJE INSTANTANEOS
20
28
21
UNIDAD DE OPERACION ARITMETICA
PAR DE TORSION
TABLA PRESION-PAR DE TORSION DE MOTOR
ESTIMACION DE PRESION ALTA/BAJA
ESTIMACION DE GRADO DE SUCCION DE SOBRECALENTAMIENTO
PREDICCION DE LUBRICACION DEBIL
PREDICCION DE RETORNO DE LIQUIDO
13
17
16
12
R
S
T
INFORMACION DE TEMPERATURA
INFORMACION DE PRESION
SISTEMADE REFRIGERANTE

FIG. 1

FIG. 2

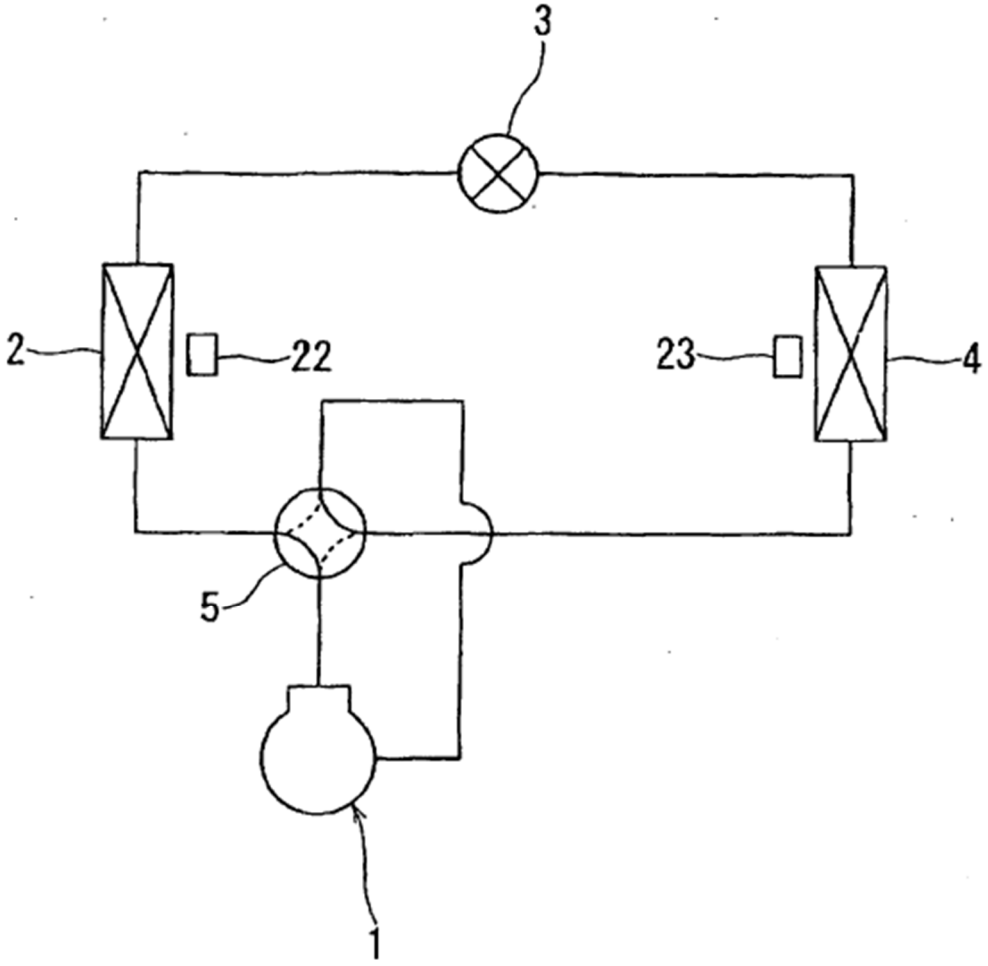

3
2
22
23
4
5
1

FIG. 3

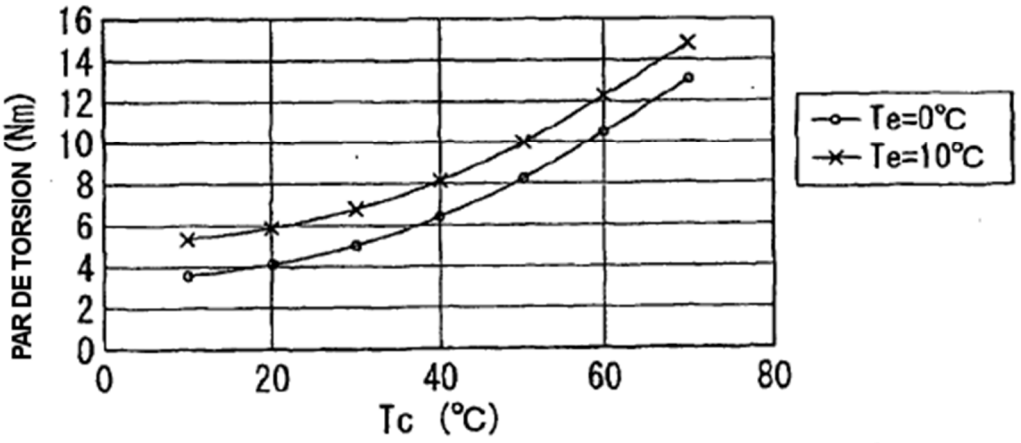

PAR DE TORSION (Nm)
16
14
12
10
8
6
4
2
0
0
20
40
60
80
Tc (°C)
Te=0°C
Te=10°C

FIG. 4

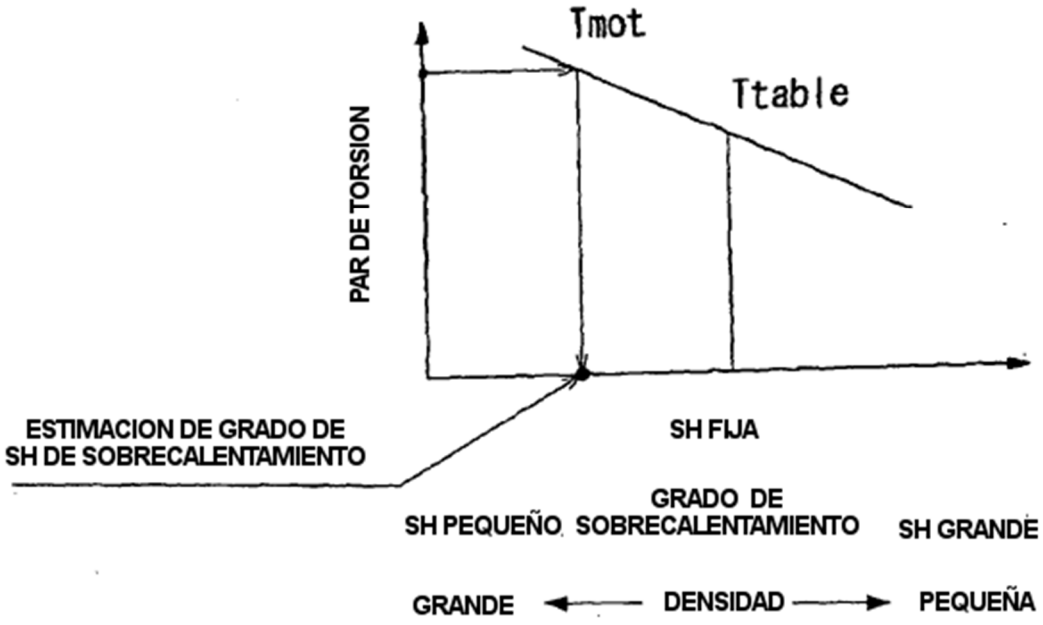

Tmot
Ttable
PAR DE TORSION
ESTIMACION DE GRADO DE
SH DE SOBRECALENTAMIENTO
SH FIJA
GRADO DE
SH PEQUEÑO
SOBRECALENTAMIENTO
SH GRANDE
GRANDE
DENSIDAD
PEQUEÑA

FIG. 5

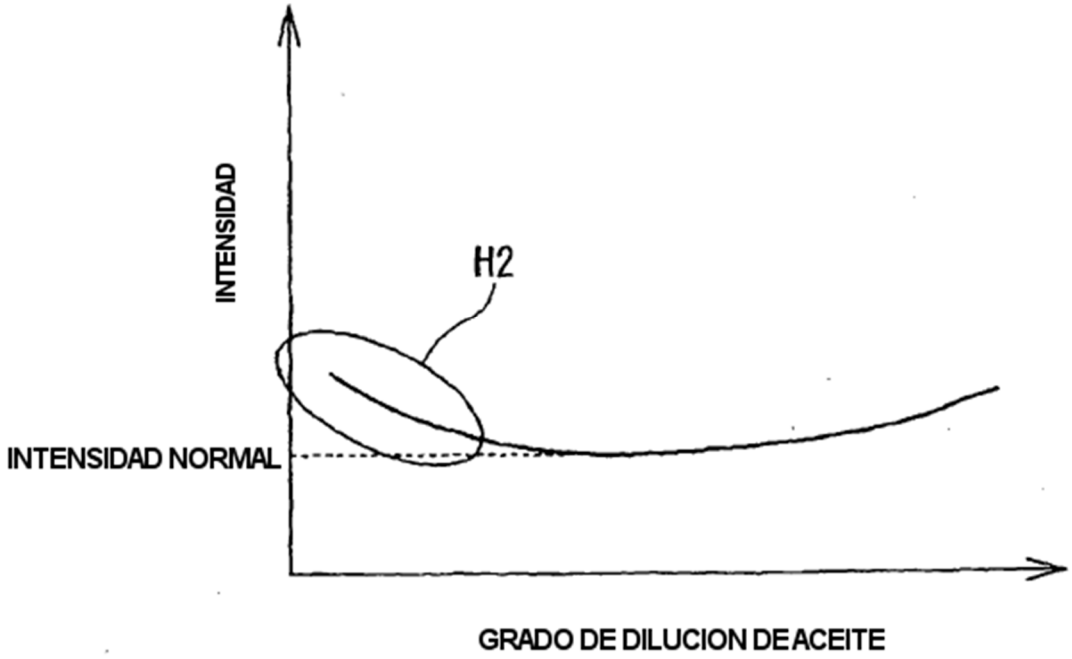

INTENSIDAD
H2
INTENSIDAD NORMAL
GRADO DE DILUCION DE ACEITE

FIG. 6

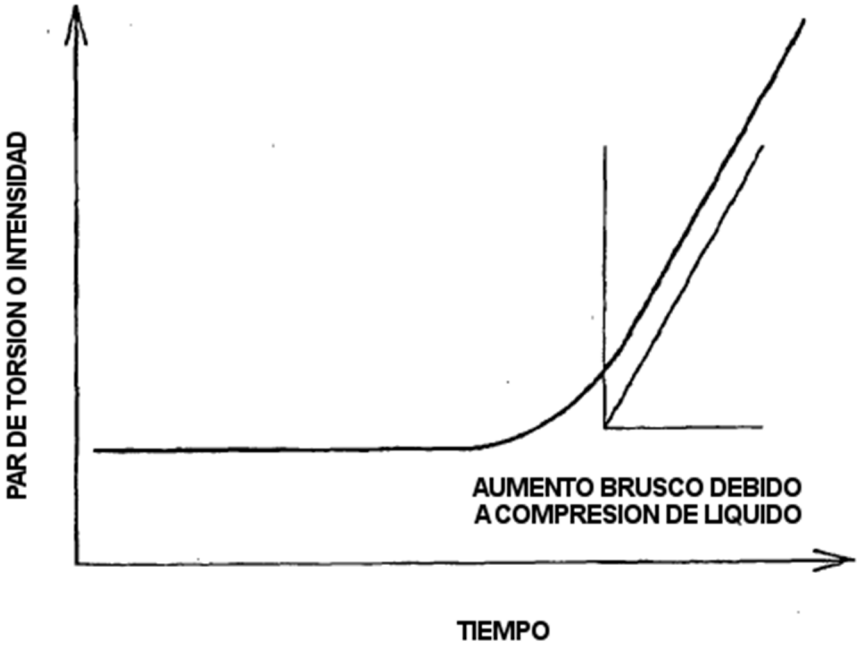

PAR DE TORSION O INTENSIDAD
AUMENTO BRUSCO DEBIDO
A COMPRESION DE LIQUIDO
TIEMPO

FIG. 7

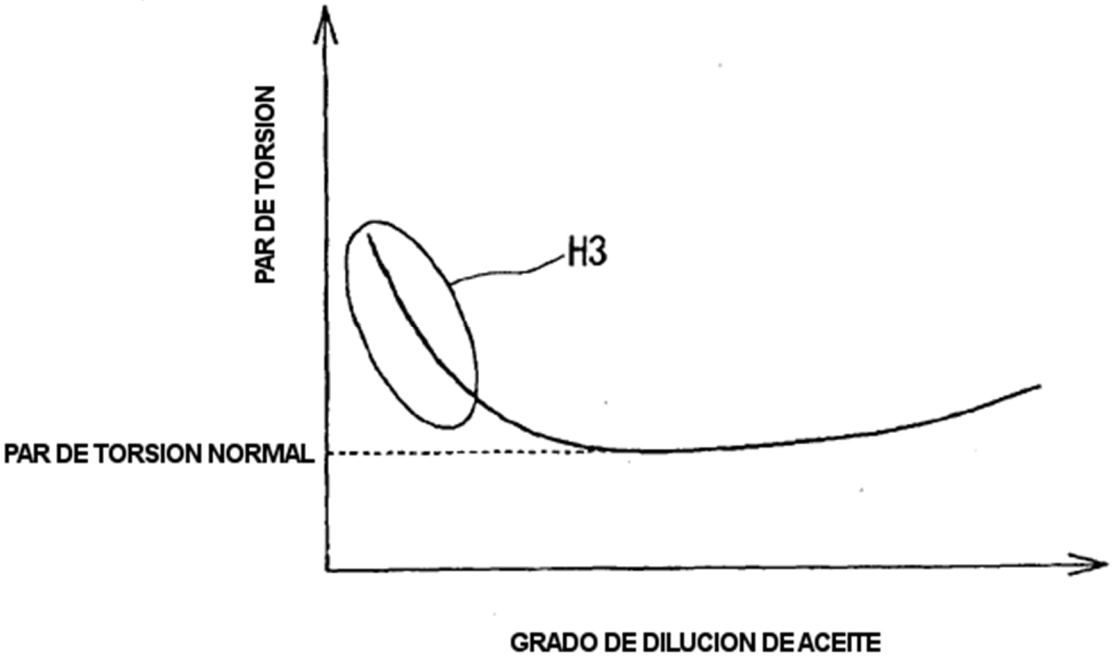

PAR DE TORSION
H3
PAR DE TORSION NORMAL
GRADO DE DILUCION DE ACEITE

FIG. 8

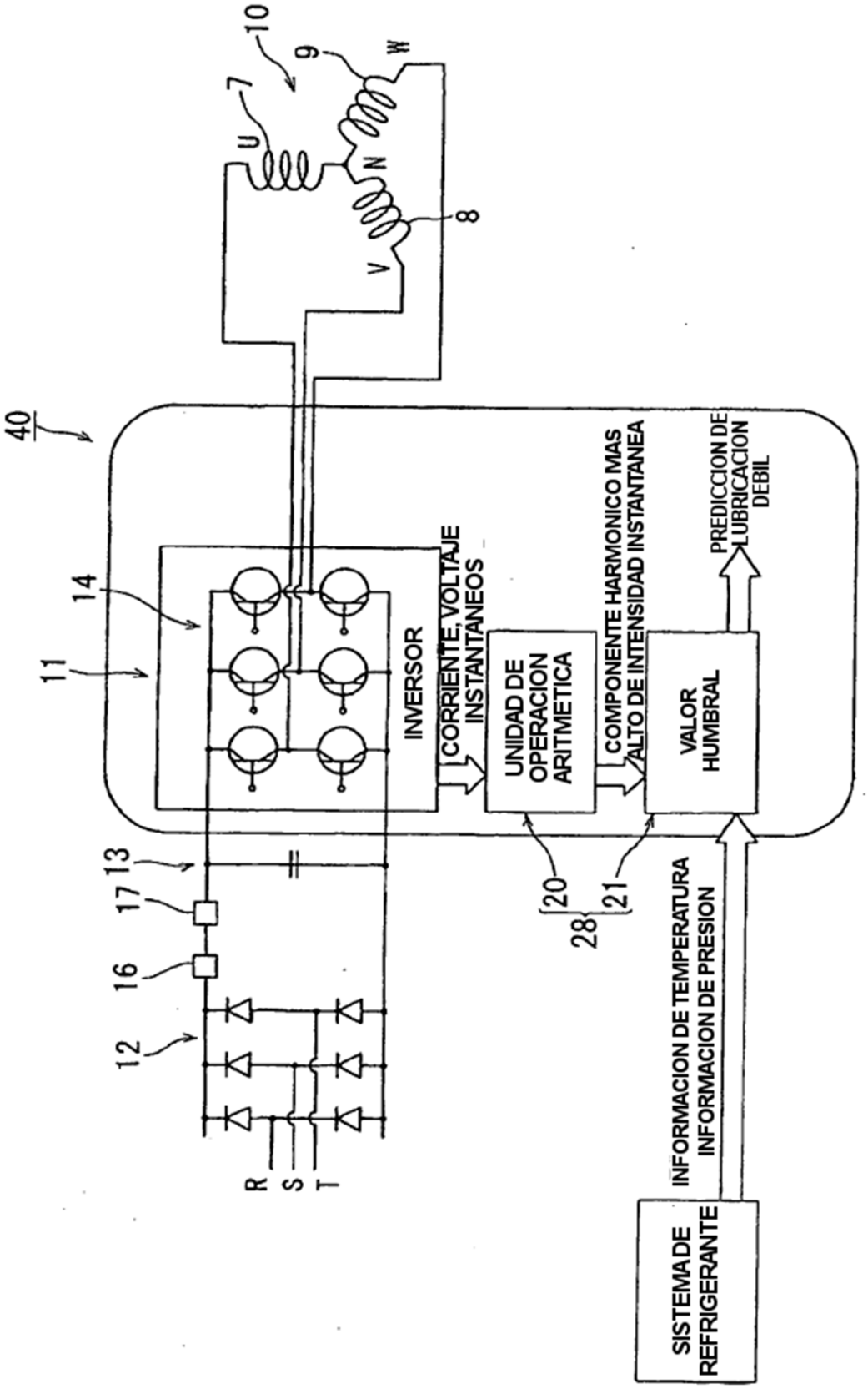

40
10
9
7
8
U
V
W
N
14
11
INVERSOR
CORRIENTE, VOLTAJE INSTANTANEOS
UNIDAD DE OPERACION ARITMETICA
COMPONENTE HARMONICO MAS ALTO DE INTENSIDAD INSTANTANEA
VALOR HUMBRAL
PREDICCION DE LUBRICACION DEBIL
13
17
16
12
R
S
T
20
21
28
INFORMACION DE TEMPERATURA
INFORMACION DE PRESION
SISTEMADE REFRIGERANTE

FIG. 9

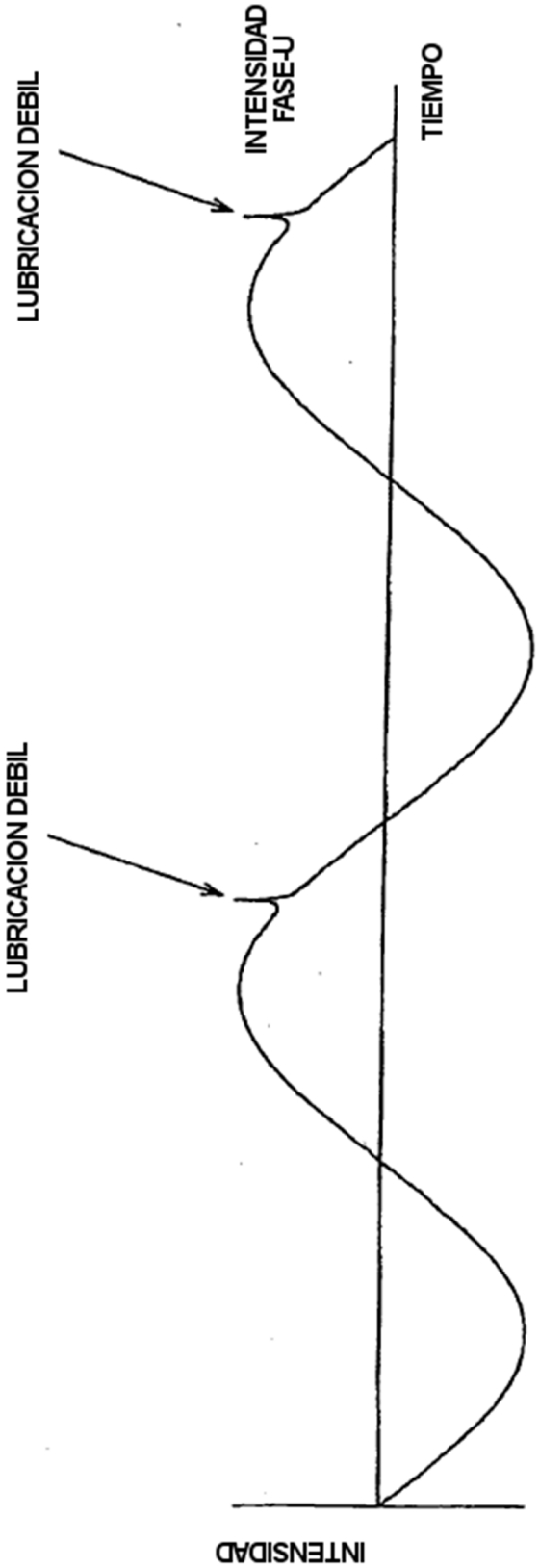

LUBRICACION DEBIL
LUBRICACION DEBIL
INTENSIDAD
FASE-J
TIEMPO
INTENSIDAD

FIG. 10

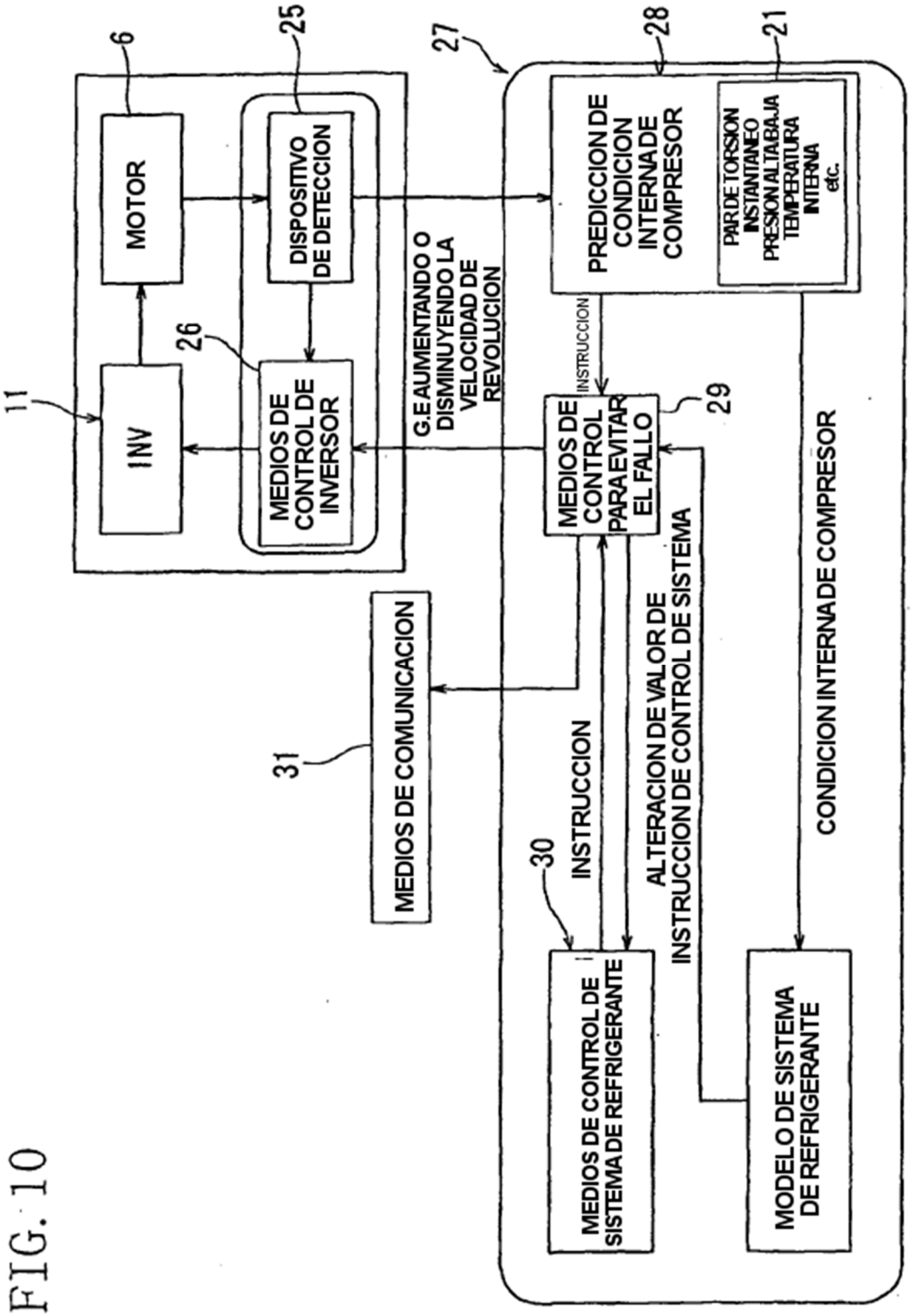

11
INV
6
MOTOR
26
MEDIOS DE CONTROL DE INVERSOR
25
DISPOSITIVO DE DETECCION
G.E AUMENTANDO O DISMINUYENDO LA VELOCIDAD DE REVOLUCION
27
28
PREDICCION DE CONDICION INTERNA DE COMPRESOR
21
PAR DE TORSION INSTANTANEO
PRESION ALTA BAJA
TEMPERATURA INTERNA
etc.
INSTRUCCION
29
MEDIOS DE CONTROL PARA EVITAR EL FALLO
31
MEDIOS DE COMUNICACION
INSTRUCCION
ALTERACION DE VALOR DE INSTRUCCION DE CONTROL DE SISTEMA
CONDICION INTERNA DE COMPRESOR
30
MEDIOS DE CONTROL DE SISTEMA DE REFRIGERANTE
MODELO DE SISTEMA DE REFRIGERANTE

FIG. 11

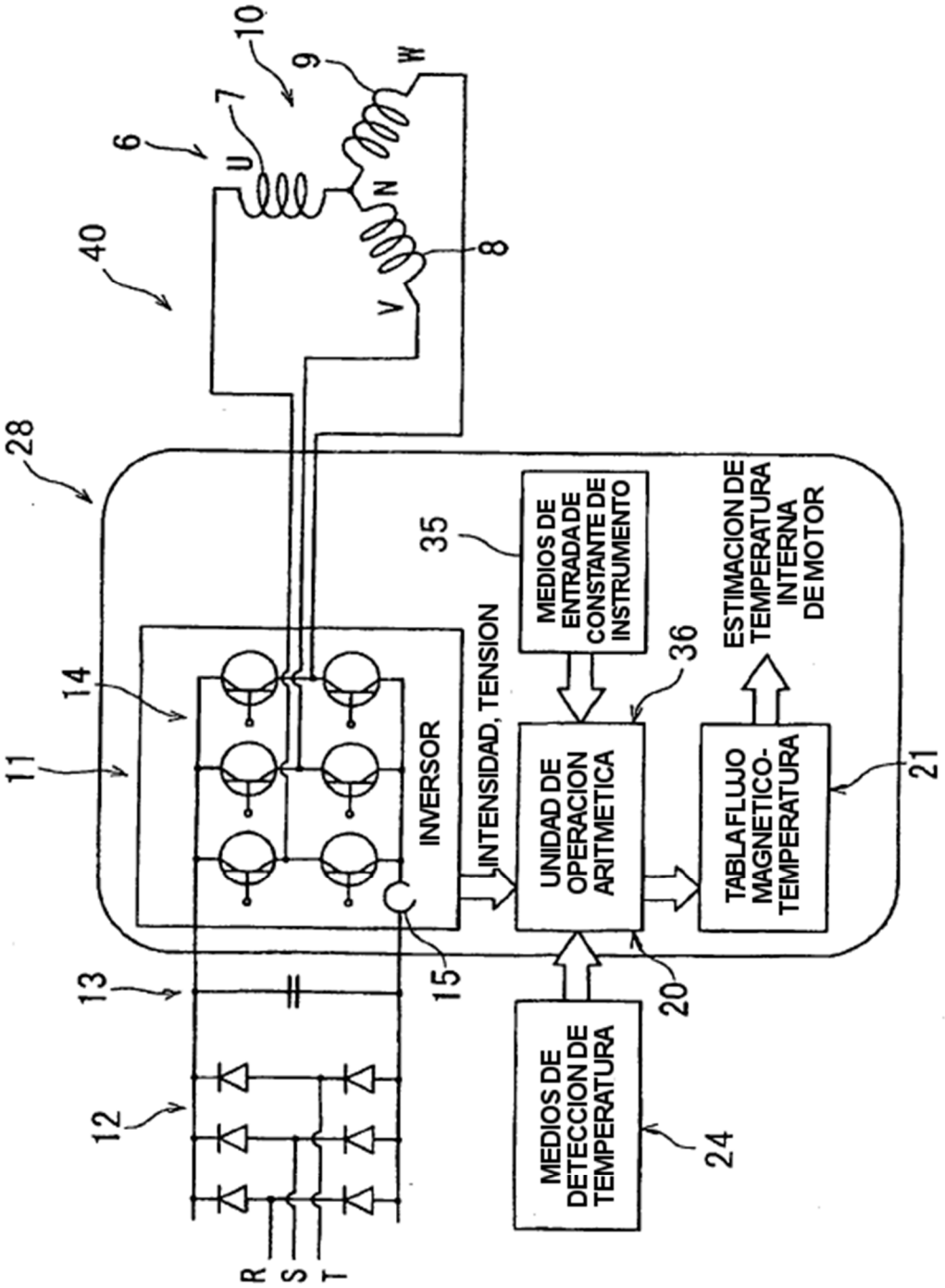

10
9
W
7
6
U
N
40
8
V
28
35
MEDIOS DE ENTRADA DE CONSTANTE DE INSTRUMENTO
ESTIMACION DE TEMPERATURA INTERNA DE MOTOR
14
36
INTENSIDAD, TENSION
11
INVERSOR
UNIDAD DE OPERACION ARITMETICA
TABLA FLUJO MAGNETICO-TEMPERATURA
21
13
15
20
12
MEDIOS DE DETECCION DE TEMPERATURA
24
R
S
T

FIG. 12

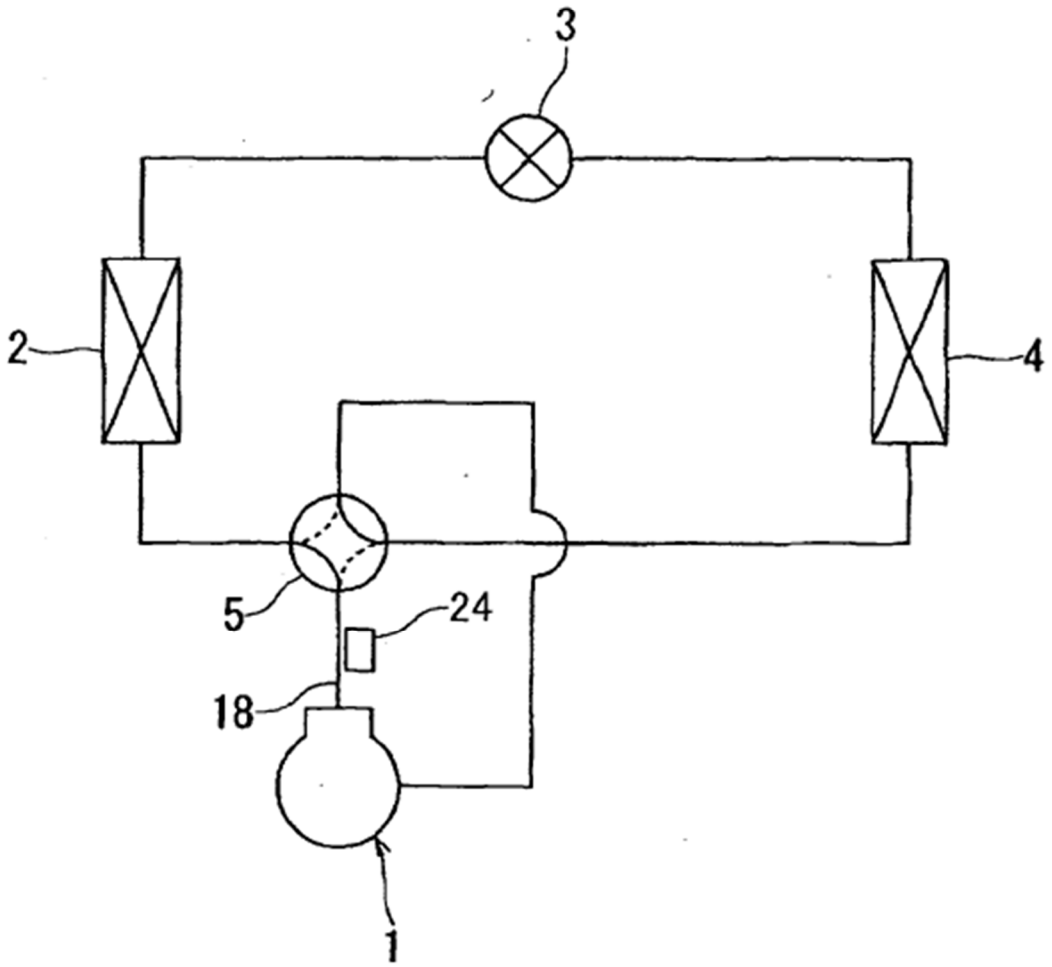


FIG. 13

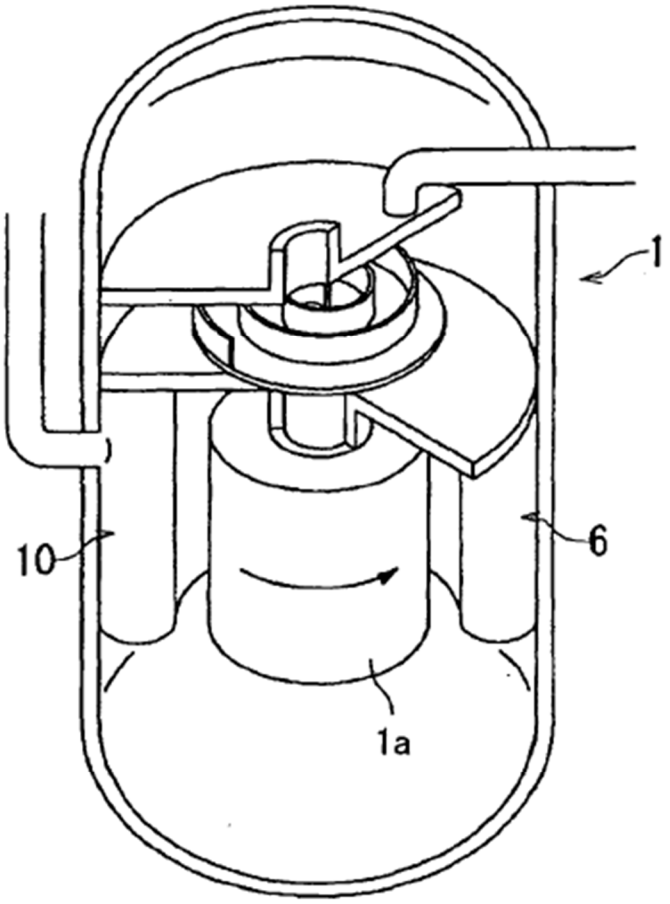


FIG. 14

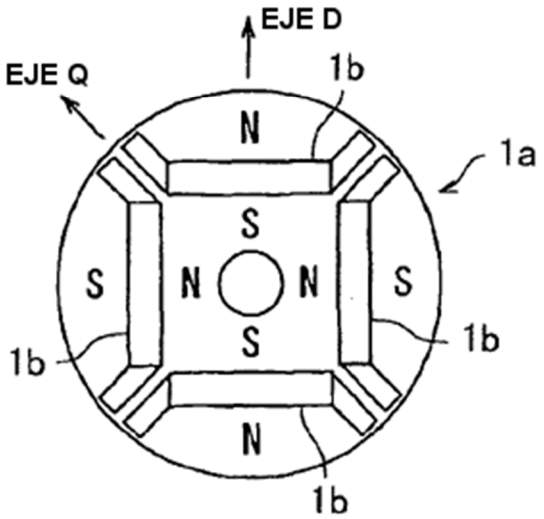


FIG. 15

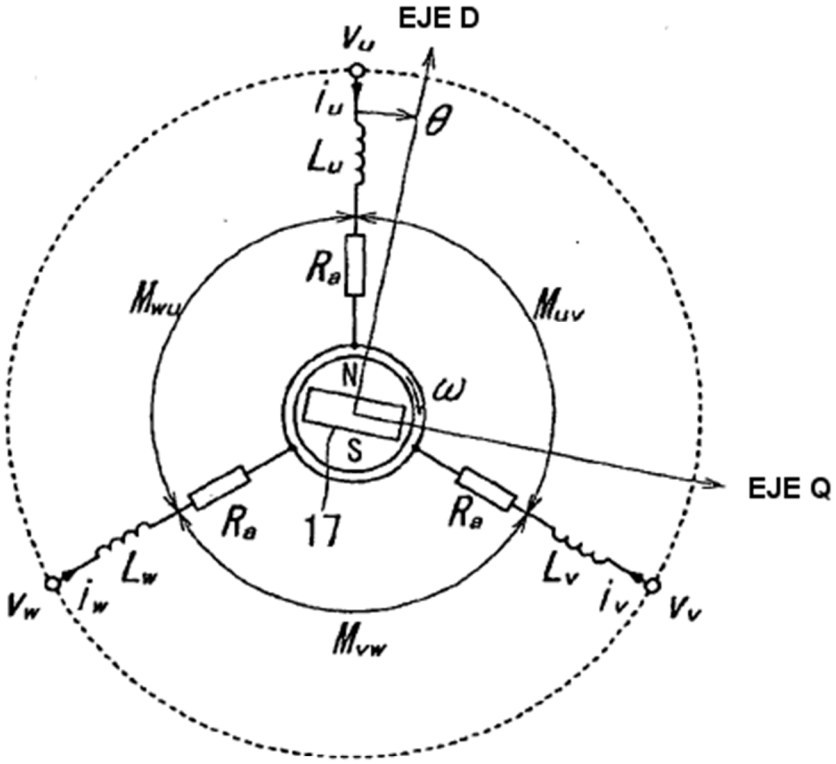
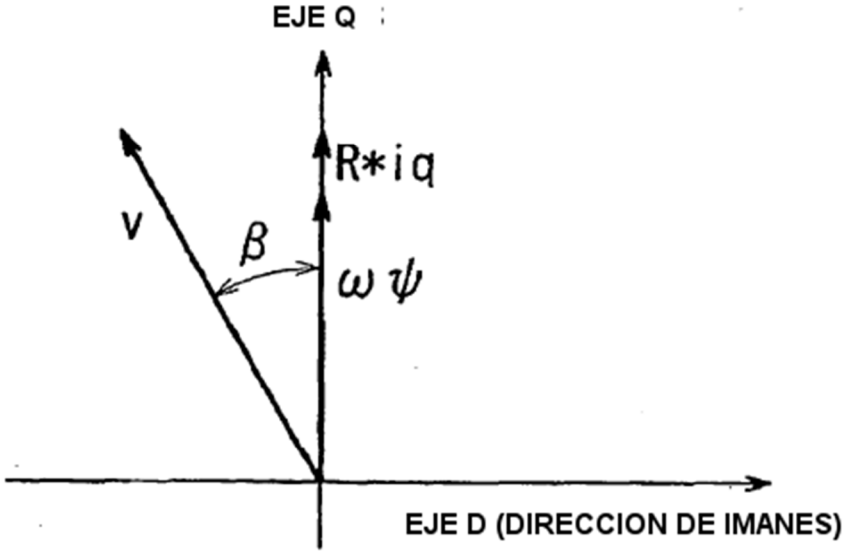

EJE D
V_u
i_u
θ
L_u
R_a
M_{wu}
M_{uv}
N
ω
S
EJE Q
R_a
17
R_a
L_w
L_v
V_w
i_w
i_v
V_v
M_{vw}

FIG. 16


EJE Q
R*iq
v
β
ω ψ
EJE D (DIRECCION DE IMANES)

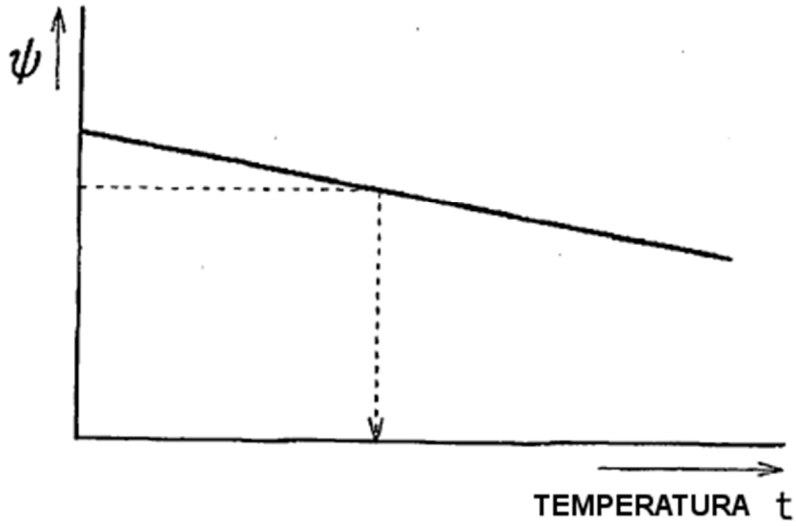



FIG. 17