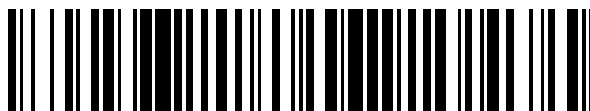


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 938 438**

51 Int. Cl.:

H02H 6/00	(2006.01) F04B 51/00	(2006.01)
F04D 1/00	(2006.01) F04B 49/20	(2006.01)
H02H 7/085	(2006.01) F04B 49/22	(2006.01)
H02P 29/64	(2006.01) H02K 11/25	(2006.01)
F04B 49/06	(2006.01) G05B 23/02	(2006.01)
F04D 15/00	(2006.01) G06F 11/00	(2006.01)
F25B 1/053	(2006.01) G07C 3/00	(2006.01)
F25B 49/02	(2006.01) F04D 27/02	(2006.01)
F04B 35/04	(2006.01) G01R 31/34	(2010.01)
F04B 39/06	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.04.2017** **PCT/BE2017/000023**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.10.2017** **WO17177287**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.04.2017** **E 17732017 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2022** **EP 3443630**

54 Título: **Procedimiento para proteger un motor eléctrico de un dispositivo con un consumidor accionado por motor con un sistema de control de capacidad continua, y elección de dicho motor**

30 Prioridad:

12.04.2016 BE 201605256
04.11.2016 BE 201605824

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.04.2023

73 Titular/es:

ATLAS COPCO AIRPOWER, NAAMLOZE
VENNOOTSCHAP (100.0%)
Boomsesteenweg 957
2610 Wilrijk, BE

72 Inventor/es:

DE KEYSER, KAREL

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 938 438 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

Procedimiento para proteger un motor eléctrico de un dispositivo con un consumidor accionado por motor con un sistema de control de capacidad continua, y elección de dicho motor

La invención se refiere a un motor eléctrico de un consumidor accionado por motor con un sistema de control de capacidad continua.

Más específicamente, pero sin limitarse a esto, la invención se refiere a un consumidor en forma de compresor para comprimir gas, accionado por un motor eléctrico.

En el caso de un compresor, la capacidad del consumidor se expresa como el caudal máximo de gas comprimido que el compresor puede suministrar, por ejemplo expresado en litros por unidad de tiempo con condiciones de entrada impuestas del gas a comprimir extraído. La capacidad máxima de un compresor depende estrechamente de la potencia máxima del compresor, por lo que la potencia depende de la capacidad antes mencionada y la presión a la salida del compresor.

Con los compresores se puede controlar la capacidad por ejemplo, controlando la velocidad del motor eléctrico para mantener una determinada presión a la salida del compresor. Cuando con tal control, esta presión cae por ejemplo, porque aumenta el consumo de gas comprimido, entonces el controlador para controlar la capacidad hará que aumente la velocidad del motor para aumentar así el flujo de gas comprimido suministrado, y por lo tanto, también para aumentar la presión aguas abajo del compresor.

En este caso, la capacidad se controla controlando la velocidad.

Se conocen otros tipos de control de capacidad de compresores, que están equipados con paletas de entrada variables o con paletas de salida variables que pueden girar alrededor de su eje longitudinal, y de esta manera pueden afectar el flujo de gas a través del compresor.

Se sabe que la potencia de los compresores depende de las condiciones ambientales. Por ejemplo, una temperatura de entrada fría y una presión ambiental alta aumentarán la densidad de entrada del gas aspirado, lo que provoca un aumento en la capacidad y el consumo de potencia.

Además, también se sabe que la potencia puede aumentar a lo largo de la vida útil, principalmente debido al aumento de pérdidas y fugas.

Como el motor eléctrico suele ser el siguiente componente más caro de un dispositivo compresor, no se puede correr ningún riesgo en el diseño del tamaño de los componentes. La incertidumbre relativa a las condiciones de funcionamiento y el comportamiento de envejecimiento provoca un importante compromiso a favor del sobredimensionamiento del motor.

Los defectos significativos del motor eléctrico están relacionados térmicamente, por ejemplo, debido a la degradación del aislamiento de los devanados a altas temperaturas y principalmente la falla de los rodamientos antifricción debido a la degeneración del lubricante a temperaturas más altas. Estas temperaturas se ven afectadas principalmente por la carga mecánica y las condiciones de refrigeración del motor.

Los siguientes métodos se aplican hoy en día para proteger el motor eléctrico.

Un primer método conocido para proteger el motor se basa en una elección conservadora de componentes basada en una estimación de la potencia, y las condiciones de refrigeración en el peor de los casos hipotéticos.

Durante el diseño, las condiciones de potencia y refrigeración del motor se estiman sobre la base de una suposición de las peores condiciones de funcionamiento, y el peor factor de reducción del rendimiento debido al envejecimiento.

Las condiciones normalmente las estima el fabricante del compresor, mientras que la determinación del tamaño requerido del motor eléctrico normalmente la realiza el proveedor del motor, por lo que generalmente se supone una situación altamente improbable pero posible.

Una desventaja del primer método conocido es que asegura un sobredimensionamiento del motor eléctrico, normalmente por un factor del 20%, durante la mayor parte del tiempo de funcionamiento de su vida útil. El coste de vida útil del dispositivo aumenta así significativamente.

En efecto, este sobredimensionamiento se produce a dos niveles, es decir, a nivel del fabricante del compresor debido a una sobreestimación de la potencia en el peor de los casos, y a nivel del proveedor del motor debido a estimaciones acopladas a la estimación de la condición térmica del motor en base a las peores especificaciones de potencia y refrigeración.

Otra desventaja es que el método no proporciona una garantía en tiempo real de que las estimaciones y suposiciones

siguen siendo válidas o respetadas durante la vida útil del motor eléctrico. De hecho, una vida útil reducida del motor y una falla prematura inesperada son elementos que pueden ocurrir.

Un segundo método conocido se basa en una protección de "sobrecarga" basada en una estimación de la potencia eléctrica y las condiciones de refrigeración.

Este segundo método típicamente hace uso de:

- un compresor con sistema de control continuo de capacidad;
- un motor eléctrico refrigerado por medio de un refrigerante, por ejemplo, aire o agua;
- un dispositivo de medición que mide la corriente (promedio) en una fase o en todas las fases del motor eléctrico; y
- un instrumento de medición que mide la temperatura del refrigerante.

Con este segundo método, la potencia mecánica actual es estimada por el sistema de control en base a la medición actual de la corriente y la temperatura y las suposiciones relacionadas con el voltaje, el factor de potencia y las pérdidas del motor.

En este caso, se estima la condición actual de refrigeración del motor, en función de la temperatura de entrada medida del refrigerante, una suposición (implícita) de la densidad del refrigerante, el flujo de refrigeración y el rendimiento de la transferencia de calor. Esta condición de enfriamiento real actual se convierte luego en una potencia mecánica máxima permitida actual, de conformidad con las reglas de conversión proporcionadas por el proveedor del motor.

Si el sistema de control detecta que la potencia mecánica actual estimada supera la potencia mecánica máxima admisible, la capacidad máxima del compresor se tapa, es decir, se limita, para proteger el motor eléctrico contra sobrecargas. Por lo general, se activa un circuito de control PI o PID para reducir la potencia mecánica actual estimada al punto de ajuste de la potencia mecánica máxima admisible actual. El sistema de control generalmente habilita gradualmente más capacidad cuando la potencia ha disminuido por debajo de un valor de umbral durante un tiempo determinado.

Este segundo método de protección del motor ofrece dos ventajas, a saber:

- las especificaciones del fabricante del compresor se pueden relajar desde las condiciones altamente improbables pero posibles, hasta las peores condiciones realistas;
- hay una cierta forma de protección en tiempo real del motor.

El segundo método, sin embargo, tiene una serie de desventajas, más específicamente:

- el método es indirecto para la estimación del estado térmico del motor, por lo que de hecho, todos los factores relevantes que se indican a continuación no se evalúan correctamente y, en consecuencia, deben compensarse con un sobredimensionamiento, lo que aumenta el precio de coste del motor:

- o desviación de la tensión;
- o desequilibrio de las fases del motor;
- o baja densidad del refrigerante;
- o flujo insuficiente del refrigerante;
- o transferencia de calor insuficiente a través de un intercambiador de calor (interno) debido al ensuciamiento de este último;
- o la precisión de la corriente eléctrica medida,
- o etc.;

-el proveedor del motor es conservador al especificar las reglas de conversión, ya que todavía tiene que evaluar la condición térmica del motor solo sobre la base de dos parámetros;

-por lo general, el sistema es inestable debido a la falta de constantes de tiempo de la corriente eléctrica que son demasiado cortos. Pequeñas variaciones de la corriente medida pueden provocar reacciones innecesarias del sistema de control;

-el método de protección del motor debe apagarse temporalmente al arrancar el motor, ya que pueden producirse altas corrientes durante el arranque;

-los instrumentos de medida para medir la corriente eléctrica son caros;

-el sistema debe configurarse para cada tamaño de motor e instalación;

-para motores más grandes, el instrumento de medición de la corriente eléctrica generalmente debe proporcionarse a nivel del cliente, lo que complica el proceso de puesta en servicio porque:

- se debe realizar una conexión física al sistema de control del compresor;
- la interfaz de entrada/salida de la señal de corriente externa debe calibrarse durante la puesta en marcha, lo que casi nunca se hace por ser demasiado laborioso;
- la precisión del instrumento de medición de corriente eléctrica no se conoce durante el diseño del motor, de modo que se debe asumir un valor en el peor de los casos, lo que implícitamente da lugar a un sobredimensionamiento adicional;

-el sistema depende de dos señales de entrada, es decir, una corriente y una temperatura que no se pueden comparar entre sí, de modo que no se puede implementar un autodiagnóstico/evaluación.

El documento US3585451A describe un sistema de protección contra sobrecargas de motores de estado sólido. El documento WO2011/040845A1 describe un motor eléctrico que tiene un sistema de control del motor que incluye: -un medio de medición de corriente para medir directa o indirectamente la corriente eléctrica en los devanados del rotor que proporciona un valor o valores de corriente del rotor, -un medio de medición/estimación de la temperatura ambiente para medir o estimar la temperatura del aire ambiente proporcionando uno o más valores de temperatura del aire, -un medio de estimación de la temperatura del rotor para estimar una temperatura del rotor al menos en función del valor o valores de la corriente del rotor y el valor o valores de la temperatura del aire, y -un medio limitador de corriente para evitar el sobrecalentamiento/quemado del conjunto de rotor limitando la corriente eléctrica a los devanados del rotor cuando la temperatura estimada del rotor supera un umbral de sobrecalentamiento predeterminado. El documento US2009/066283A1 divulga un método y un sistema para limitar la temperatura de funcionamiento de un motor eléctrico. Se determina una temperatura operativa máxima del motor. Se detecta una temperatura operativa actual dentro del motor. La disipación de potencia máxima permisible del motor se calcula basándose, al menos en parte, en la temperatura operativa máxima y la temperatura operativa actual del motor. Se genera un comando de par para el motor en función de la disipación de potencia máxima permitida. El objeto de la invención es proporcionar una solución a una o más de las desventajas antes mencionadas, y otras. Con este fin, la invención se refiere a un método para proteger un motor eléctrico de un consumidor accionado por motor equipado con un controlador para controlar la capacidad o la potencia del consumidor, de conformidad con la reivindicación 1. Otras realizaciones se describen en las reivindicaciones dependientes. El método comprende entre todos también las siguientes etapas:

- la determinación de la condición térmica del motor por medio de una medición directa en el motor; y
- la limitación de la capacidad máxima o de la potencia máxima del consumidor en función de la citada condición térmica determinada.

De esta forma se propone un nuevo método de control que limita la capacidad del compresor en base a mediciones directas del estado térmico del motor eléctrico, por ejemplo, mediante la medición directa de las temperaturas de uno o más devanados eléctricos (U-V-W) y/o las temperaturas de uno o más rodamientos.

En tal caso, el motor eléctrico está equipado con sensores de temperatura de los devanados y/o de los rodamientos que están conectados directamente al controlador para controlar la capacidad del consumidor. El controlador limitará la capacidad de caudal del compresor y limitará la potencia cuando se alcance o supere uno de los límites térmicos, es decir, cuando una de las temperaturas medidas alcance o supere un valor máximo preestablecido de temperatura, por lo que para cada uno de los sensores, o por lo menos para algunos de ellos, se especifica una temperatura máxima correspondiente.

Una evaluación de la condición térmica del motor puede depender de una o todas las combinaciones posibles de las siguientes temperaturas medidas, que utilizan los diseñadores de motores:

- la temperatura absoluta de uno o más devanados que esta medida en una o más posiciones a lo largo de los devanados;
- la diferencia de temperatura entre el devanado del motor y la temperatura de entrada del refrigerante, el "delta T";
- la temperatura absoluta de uno o más rodamientos, respectivamente uno o más rodamientos (DE) en el extremo accionado del motor y/o uno o más rodamientos (NDE) en el extremo no accionado del motor.

El enfoque directo del método de conformidad con la invención, elimina la necesidad de estimaciones y supuestos de todo tipo como se ha descrito anteriormente. Esto proporciona la ventaja de que se puede evitar el sobredimensionamiento y de ello resultará un motor más pequeño con un coste menor. De hecho, las especificaciones del fabricante del compresor se pueden relajar de la condición altamente improbable pero posible a las condiciones realistas del peor caso, mientras que para el proveedor del motor se pueden eliminar todas las suposiciones relacionadas con una estimación de la condición térmica del motor.

Otra ventaja es que los sensores para medir la temperatura son mucho más baratos que los instrumentos de medición para medir una corriente eléctrica, lo que reduce aún más el costo del diseño del consumidor accionado por motor o que permite utilizar una serie de sensores para el mismo costo para una evaluación más precisa de la condición térmica del motor y la protección del motor derivada de esto.

Otra ventaja es que los límites de temperatura son generalmente universales e independientes del tamaño del motor, por lo que se requiere menos configuración.

Además, los proveedores de motores suelen ofrecer sensores de temperatura preinstalados como opción, lo que proporciona una ventaja en términos de integración y logística para el fabricante del compresor.

5 Otra ventaja es que el fabricante del compresor puede preparar e inspeccionar completamente un dispositivo y que se pueden eliminar acciones como conexión, calibración, validación y similares, durante la puesta en servicio.

Una ventaja adicional es que el tiempo de respuesta térmica del dispositivo es mucho más lento, lo que preferentemente hace que la dinámica del sistema de control sea mucho menos irregular.

10 Otra ventaja adicional es que con la aplicación de un método de conformidad con la invención, no es necesario apagar el sistema de control durante el arranque para evitar que el motor se apague debido a picos de corriente. El tiempo que se necesita para sobrecalentar el motor al arrancar es más largo que el tiempo de arranque.

15 Preferiblemente, con un motor trifásico se miden las temperaturas de los tres devanados. Entonces se puede implementar un sistema de autodiagnóstico para detectar el fallo de uno de los sensores y así evitar una parada inmediata prematura no deseada del motor y el consumidor accionado. Desde el punto de vista de un autodiagnóstico de los sensores, el método podría, por ejemplo, estar equipado para comparar cada señal de los tres sensores con los otros dos para poder detectar un sensor defectuoso cuando la diferencia sea demasiada, y luego ignorar la señal de este sensor defectuoso, después de una inspección, o de otra manera.

20 Una ventaja de varios sensores independientes es que, desde un punto de vista estadístico, la precisión es significativamente mayor que en el caso de un solo instrumento de medición (de corriente eléctrica).

25 El método de protección del motor eléctrico también se puede aplicar a otro tipo de consumidores accionados como expansores, bombas, ventiladores, enfriadores y similares, que estén equipados con un sistema de control continuo de capacidad adecuado para truncar la potencia, por ejemplo, mediante el ajuste de la velocidad, controlando los álabes guía de entrada y/o álabes guía de salida, válvulas de mariposa o similares, para controlar el flujo.

30 En particular, el método es adecuado para su aplicación en compresores centrífugos con álabes guía de entrada variable (IGV).

La invención también se refiere a un dispositivo para proteger un motor de un consumidor accionado por motor equipado con un controlador para controlar la capacidad o la potencia del consumidor de conformidad con la reivindicación 9.

35 Con la intención de mostrar mejor las características de la invención, a continuación se describen a modo de ejemplo, sin carácter limitativo, algunas aplicaciones preferidas de un método y un dispositivo de conformidad con la invención, para proteger el motor de un consumidor, con referencia a las Figuras adjuntas, en donde:

40 la Figura 1 muestra esquemáticamente un dispositivo de conformidad con la invención;
la Figura 2 muestra una variante del dispositivo de la Figura 1, pero con refrigeración extra del motor;
la Figura 3 muestra otra variante del dispositivo de la Figura 1.

45 A modo de ejemplo, se muestra en la Figura 1 un dispositivo 1 con un consumidor 2 en forma de elemento compresor 3 accionado mecánicamente por un motor eléctrico trifásico 4 con tres devanados 5, más concretamente, un devanado por fase.

50 El motor 4 comprende un rotor que está fijado de forma giratoria en una carcasa por medio de rodamientos, respectivamente uno o más rodamientos 12 en el extremo accionado (DE) del motor 4, y uno o más rodamientos 13 en el extremo no accionado (NDE) del motor 4.

El elemento compresor 3 está provisto de una entrada 6 para el suministro de un gas a comprimir, y una salida 7 para el suministro de gas comprimido a una red de distribución 8 de gas comprimido.

55 El elemento compresor 3 está provisto además de medios 9 para limitar la capacidad, es decir, el caudal o la potencia, del elemento compresor 3, estando formados en este caso estos medios 9 por una válvula de mariposa 10 o alternativamente, por paletas de guía de entrada 6.

60 En este caso, los medios 9 son controlados por medio de un controlador 11 en función de señales que se originan en sensores 14 para la medida directa de la temperatura de uno o más devanados 5 y/o sensores 15 para la medida directa de la temperatura, en funcionamiento de uno o más rodamientos 12 y/o 13, en cuyo caso estas señales se retroalimentan al controlador 11 a través del cableado eléctrico 16.

En el ejemplo de la Figura 1, cada devanado 5 y cada rodamiento 12 y 13 está provisto de un sensor 14 o 15 de este tipo.

65 Para cada sensor 14 y/o 15 en cuestión, el controlador 11 está provisto de un valor máximo preestablecido de la temperatura de los devanados 5 y los rodamientos 12, por encima del cual debe limitarse la capacidad máxima del

elemento compresor para evitar un aumento adicional de este valor de temperatura, y para proteger el motor contra el sobrecalentamiento.

5 Para ello, las temperaturas medidas con los sensores 14 y/o 15 se comparan con los correspondientes valores máximos para cada sensor 14 y/o 15, de forma continua o con una frecuencia determinada.

10 Tan pronto como una de las temperaturas medidas alcanza o supera el valor correspondiente, el controlador se programa de tal manera que se limita la capacidad máxima y/o la potencia máxima del elemento compresor 3, por ejemplo, girando la válvula de mariposa 10 o las paletas de guía de entrada cerradas por un valor establecido, por ejemplo, en un ángulo que asciende a 5 a 10% del rango total de la válvula de mariposa 10 o las paletas de guía de entrada.

15 Si después del paso del tiempo a una capacidad máxima reducida, todas las temperaturas medidas han caído por debajo de un valor de umbral inferior establecido para cada sensor, el controlador 11 está equipado para aumentar la capacidad máxima permisible nuevamente, después de un tiempo establecido, o de otro modo, por ejemplo, al valor máximo inicial para el que se ha diseñado el dispositivo 1, o abriendo de nuevo la válvula de mariposa 10 en pequeños pasos incrementales hasta que las temperaturas medidas hayan alcanzado el valor umbral inferior establecido, de modo que en ese tiempo el compresor suministra su capacidad máxima que es posible en ese momento sin riesgo de daño en las condiciones de operación dadas.

20 Los valores máximos establecidos de las temperaturas y los valores límite inferiores establecidos de las temperaturas de cada sensor pueden ser iguales o diferentes.

25 El controlador 11 puede estar provisto opcionalmente de un algoritmo para un autodiagnóstico del estado de los sensores 14 en los devanados 5 mediante una comparación mutua de las temperaturas medidas por los tres sensores 14 en cuestión, por lo que un sensor se considera defectuoso cuando la temperatura medida por este sensor 14 difiere de las temperaturas medidas por los otros dos sensores 14 por más de un cierto valor establecido. En tal caso, el controlador 11 puede ignorar la medición del sensor defectuoso 14 y/o dar una indicación a un operador para que el sensor pueda ser revisado y/o reemplazado si es necesario.

30 El dispositivo de la Figura 2 difiere del de la Figura 1 en que en este caso se proporciona refrigeración 16, que en este caso está formada por un ventilador 17 que sopla aire circundante como refrigerante 18 alrededor del motor 4, y que un sensor adicional 19 está previsto para la medición de la temperatura de entrada del refrigerante 18.

35 Para cada sensor 14 y 15 o para al menos una parte de ellos, en este caso, se ingresa un valor máximo en el controlador 11 de antemano para la diferencia de temperatura entre la temperatura medida del sensor 14 o 15 en cuestión, y la temperatura de entrada del refrigerante medida por la temperatura 19.

En este caso, el método de conformidad con la invención comprende las siguientes etapas:

40 -para al menos un sensor 14 o 15, la determinación de la diferencia de temperatura entre la temperatura de entrada del refrigerante 18 mencionada anteriormente, y la temperatura medida del sensor 14 o 15 en cuestión;
-la comparación de esta diferencia de temperatura con el valor máximo introducido previamente correspondiente de la diferencia de temperatura para el sensor 14 o 15 en cuestión, de forma continua o en intervalos de tiempo;
45 -la limitación de la capacidad y/o la potencia del elemento compresor 3 girando la válvula de mariposa 10 en un ángulo preestablecido cuando la diferencia de temperatura de al menos uno de los sensores ha alcanzado o excedido el valor máximo correspondiente.

50 La limitación de la capacidad del elemento compresor 3 sobre la base de las temperaturas absolutas medidas o sobre la base de las diferencias de temperatura se puede aplicar por separado o en combinación.

55 La Figura 3 muestra un dispositivo alternativo de conformidad con la invención, como el de la Figura 1, pero con la diferencia de que los medios 9 para controlar la capacidad o potencia del elemento compresor 3 ahora están formados por un controlador de velocidad variable 20 del motor 4, y por tanto, del elemento compresor 3, para sustituir la válvula de mariposa 10 o paletas de guía de entrada de la Figura 1.

En este caso, la protección del motor 4 contra el sobrecalentamiento se puede realizar mediante un algoritmo análogo al del dispositivo de la Figura 1, pero con la diferencia de que en este caso la capacidad está limitada por el controlador 11 reduciendo la velocidad por un cierto valor.

60 Una diferencia adicional a la realización de la Figura 1 es que con la última realización no todos los devanados 5 y no todos los rodamientos 12, 13 están provistos de un sensor 14 o 15, y que varios sensores 14 están provistos en un devanado 5 sobre la longitud del devanado 5 en cuestión.

65 Los medios 9 para controlar la capacidad del consumidor 2 se limitan a la válvula de mariposa 10, las paletas de guía de entrada o el controlador de velocidad variable 20 descrito anteriormente, pero se pueden realizar de otras formas, por ejemplo, en forma de paletas difusoras variables o similar. Una combinación de varios tipos de medios 9 también forma

parte de las posibilidades.

La invención no se limita a la aplicación a un elemento compresor 3 como consumidor 2, sino que, por ejemplo, también puede aplicarse a expansores; bombas; ventiladores; enfriadores y similares.

5

Se enfatiza que el método de conformidad con la invención, no hace uso de mediciones actuales o parámetros estimados, sino que solo se basa en mediciones directas de temperatura.

REIVINDICACIONES

1. Un método para proteger un motor eléctrico (4) de un consumidor accionado por motor (2) equipado con un controlador (11) para controlar la capacidad o la potencia del consumidor (2), el método comprende las siguientes etapas:

-la determinación del estado térmico del motor (4) por medición directa sobre el motor (4) por la medición directa de las temperaturas de uno o más devanados eléctricos (5) y/o las temperaturas de uno o más rodamientos (12, 13),

en donde se hace uso de uno o más sensores (15) cuya señal se retroalimenta directamente al controlador antes mencionado (11); y

caracterizado porque el motor (4) está provisto de enfriamiento (16) usando un refrigerante, y para uno o más de uno o más sensores (15) se ingresa un valor máximo en el controlador (4) de antemano para una diferencia de temperatura entre una temperatura medida del sensor (15) en cuestión y una temperatura de entrada del refrigerante, por lo que el método comprende además las siguientes etapas:

-la determinación de la temperatura de entrada del refrigerante (16) en la entrada de la refrigeración;
-para al menos un sensor (15), la determinación de la diferencia de temperatura del sensor en cuestión;
-la comparación de esta diferencia de temperatura con el valor máximo correspondiente de la diferencia de temperatura introducida previamente para el sensor (15) en cuestión, de forma continua o con intervalos de tiempo;

-la limitación de la capacidad máxima o de la potencia máxima del consumidor (2) en función de la mencionada condición térmica determinada;

por un valor preestablecido cuando la diferencia de temperatura de al menos uno de los sensores (15) ha alcanzado o superado el valor máximo correspondiente.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** para al menos un devanado (5) del motor (4) están previstos dos o más sensores (15) a lo largo del devanado (5).

3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 y/o 2, **caracterizado porque** la capacidad máxima o la potencia máxima del consumidor (2) se vuelve a establecer más alta después de que las temperaturas medidas y/o las diferencias de temperatura hayan caído por debajo de un valor establecido para cada sensor, después del paso de un intervalo de tiempo establecido o no.

4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el consumidor (2) es uno de la siguiente lista no exhaustiva:

-un compresor;
-un expansor;
-una bomba;
-un ventilador;
-un enfriador.

5. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se dota al consumidor (2) de medios de limitación de potencia, siendo estos medios controlados por el citado controlador de capacidad.

6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado porque** los medios de limitación de la capacidad o de la potencia están formados por uno o varios medios de la siguiente lista no exhaustiva:

-paletas de guía de entrada variables (IGV, o paletas de guía de entrada);
-paletas difusoras variables;
-una válvula de mariposa;
-velocidad variable.

7. El método de acuerdo con las reivindicaciones 4 y 6, **caracterizado porque** el consumidor (2) es un compresor centrífugo con paletas de entrada variables controladas que pueden rotar en un rango de máximo abierto a máximo cerrado, por lo que, para la limitación de la capacidad o la potencia del consumidor (2) cuando se alcanza o supera un valor máximo mencionado anteriormente de la temperatura medida o la diferencia de temperatura, las paletas de entrada se giran entre un 5 y un 10% del rango mencionado anteriormente, en la dirección de rotación de abierto a cerrado.

8. El método de acuerdo con las reivindicaciones 4 y 6, **caracterizado porque** el consumidor (2) es un compresor con control de velocidad del motor, por lo que, para limitar la capacidad o la potencia del consumidor cuando se alcanza un valor máximo de la temperatura mencionada medida, o se alcanza o supera la diferencia de temperatura, la velocidad se ajusta entre un 5 y un 10% hacia abajo.

9. Un dispositivo para proteger un motor (4) de un consumidor accionado por motor (2) equipado con un controlador (11)

para controlar la capacidad o la potencia del consumidor (2), **caracterizado porque** el dispositivo está configurado para realizar el método de conformidad con una de las reivindicaciones anteriores.

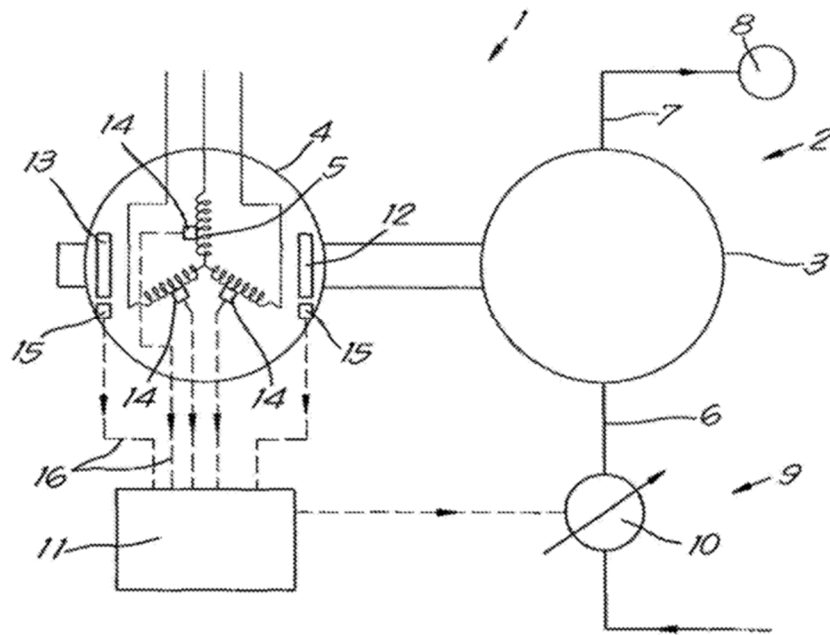


Fig. 1

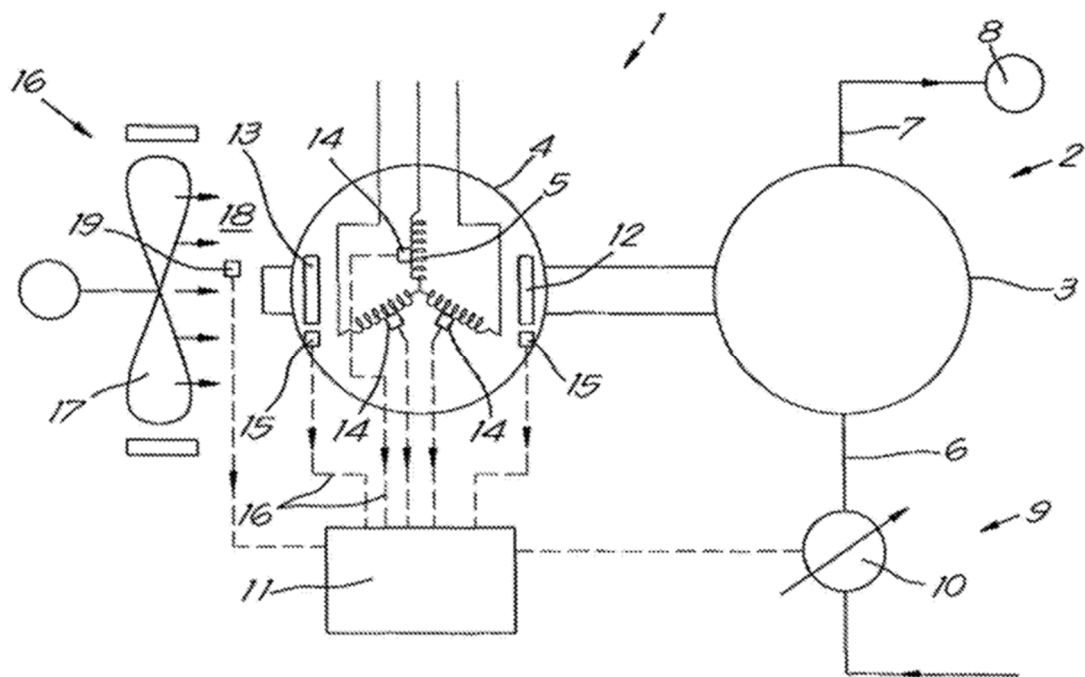


Fig. 2

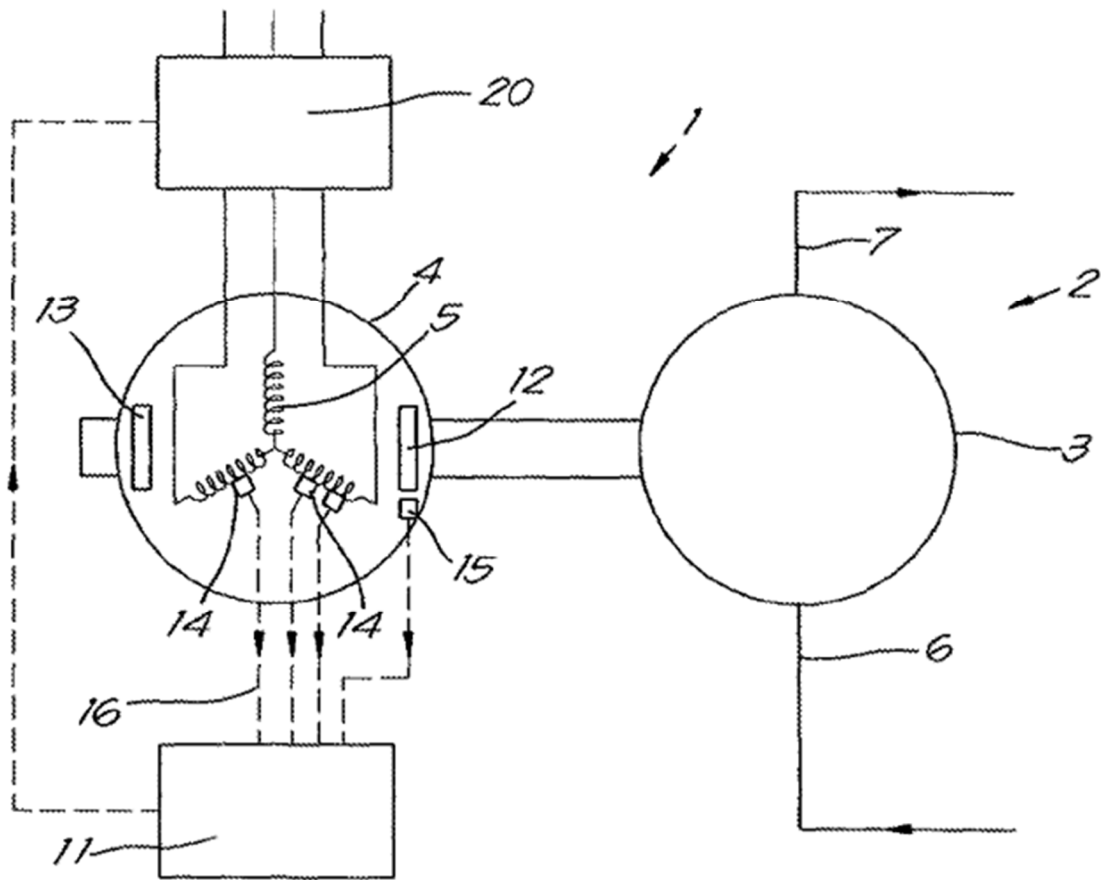


Fig. 3