

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 486**

51 Int. Cl.:

F04B 49/00 (2006.01)

F04B 49/06 (2006.01)

F04B 35/04 (2006.01)

F04B 39/12 (2006.01)

F04D 27/00 (2006.01)

F04D 27/02 (2006.01)

H02H 7/08 (2006.01)

F04B 51/00 (2006.01)

G01R 21/00 (2006.01)

G01R 21/133 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2008** **E 16187893 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2019** **EP 3133286**

54 Título: **Módulo de sensor de compresor**

30 Prioridad:

02.11.2007 US 984902 P

30.10.2008 US 261643

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

13.07.2020

73 Titular/es:

EMERSON CLIMATE TECHNOLOGIES, INC.

(100.0%)

1675 W. Campbell Road

Sidney, OH 45365-0669, US

72 Inventor/es:

JAYANTH, NAGARAJ y

RENKEN, TROY W.

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 773 486 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

Módulo de sensor de compresor

5 La presente invención se refiere a compresores y, más específicamente, a un compresor con un módulo de sensor.

Las declaraciones en esta sección proporcionan simplemente una información de antecedentes relacionada con la presente divulgación y no pueden constituir un estado de la técnica.

10 Los compresores se utilizan en una variedad de aplicaciones industriales y residenciales para hacer circular el refrigerante dentro de una refrigeración, una bomba de calor, un HVAC o un sistema enfriador (en general, "sistemas de refrigeración") para proporcionar un efecto de calentamiento o enfriamiento deseado. La patente de los Estados Unidos con número de publicación 2004/0016253 A1 hace referencia a un sistema de refrigeración y un método para operar el mismo. Los compresores pueden incluir un motor eléctrico para proporcionar un par motor para comprimir el vapor refrigerante. El motor eléctrico puede alimentarse por una fuente de alimentación de corriente alterna (CA) o de corriente continua (CC). En el caso de una fuente de alimentación de CA, puede suministrarse una CA monofásica o polifásica a los devanados del motor eléctrico. Por ejemplo, el compresor puede incluir un motor eléctrico configurado para funcionar con una CA trifásica. El motor eléctrico puede incluir al menos un conjunto de devanados que corresponden a cada una de las tres fases.

20 En cada aplicación, es deseable que el compresor proporcione un funcionamiento consistente y eficiente para garantizar que el sistema de refrigeración funcione correctamente. Las variaciones en el suministro de alimentación eléctrica al motor eléctrico del compresor pueden interrumpir el funcionamiento del motor eléctrico, el compresor y el sistema de refrigeración. Tales variaciones pueden incluir, por ejemplo, condiciones de corriente o tensión excesivas o deficientes. En el caso de un suministro de alimentación de CA polifásica tales variaciones pueden incluir una condición de fase desequilibrada en la que la corriente o la tensión de al menos una fase de CA se varía excesivamente de la corriente o la tensión de las otras fases. Además, tales variaciones pueden incluir una condición de pérdida de fase en la que una fase de CA se interrumpe mientras las restantes fases continúan entregándose. Las condiciones de corriente o tensión excesivas pueden hacer que el motor eléctrico se sobrecaliente, lo que puede dañar el motor eléctrico o el compresor. Las condiciones de corriente o tensión deficientes, las condiciones de fase desequilibrada y las condiciones de pérdida de fase pueden interrumpir el funcionamiento del motor eléctrico, el compresor o el sistema de refrigeración y provocar daños innecesarios.

35 El motor eléctrico de un compresor puede estar equipado con un sensor de temperatura o corriente para detectar el sobrecalentamiento del motor eléctrico durante las perturbaciones de alimentación eléctrica. Por ejemplo, un interruptor bimetalico puede dispararse y desactivar el motor eléctrico cuando el motor eléctrico está sobrecalentado o extrayendo una corriente eléctrica excesiva. Sin embargo, un sistema de este tipo no detecta variaciones en la fuente de alimentación que pueden no aumentar de manera inmediata o drástica la temperatura del motor eléctrico. Además, tales sistemas no pueden detectar una variación en la alimentación eléctrica hasta que la condición haya aumentado la temperatura del motor eléctrico o de los devanados del motor eléctrico.

45 Además, tales sistemas no proporcionan datos suficientes para evaluar la eficiencia eléctrica del motor eléctrico en general. Las variaciones en el suministro de alimentación eléctrica pueden resultar en un funcionamiento ineficiente del compresor, del motor eléctrico o del sistema de refrigeración. Los sistemas de refrigeración requieren en general una cantidad significativa de energía para funcionar, siendo los requerimientos de energía un coste significativo para los minoristas. Como resultado, es en el mejor interés de los minoristas monitorizar de cerca el suministro de alimentación eléctrica a sus sistemas de refrigeración para maximizar la eficiencia y reducir los costes de funcionamiento. La patente de Estados Unidos con número de publicación 2006/0222507 A1 hace referencia a un sistema diagnóstico y de protección de compresor de ejemplo.

50 De acuerdo con la presente invención, se proporciona el sistema de la reivindicación 1 y el método de la reivindicación 9. Otros aspectos se exponen en las reivindicaciones dependientes. Se describe un módulo de sensor para un compresor con un motor eléctrico conectado a una fuente de alimentación. El módulo de sensor puede comprender una primera entrada conectada a un primer sensor de tensión que genera una señal de tensión correspondiente a una tensión de dicha fuente de alimentación, una segunda entrada conectada a un primer sensor de corriente que genera una señal de corriente correspondiente a una corriente de dicha fuente de alimentación, y un procesador conectado a la primera y segunda entrada que calcula un factor de potencia del compresor en función de mediciones de tensión de la primera entrada y mediciones de corriente de la segunda entrada. El procesador puede disponerse dentro de una caja eléctrica del compresor y la caja eléctrica puede estar configurada para alojar terminales eléctricos para conectar la fuente de alimentación al motor eléctrico.

60 El procesador puede disponerse dentro de una caja antimanipulación dentro de la caja eléctrica.

65 El procesador puede calcular una potencia activa y una potencia aparente del compresor basándose en las mediciones de tensión de la primera entrada y mediciones de corriente de la segunda entrada y puede calcular el factor de potencia de acuerdo con una relación de la potencia activa con la potencia aparente.

- 5 El procesador puede determinar una onda de tensión basándose en mediciones de tensión de la primera entrada y una onda de corriente basándose en mediciones de corriente de la segunda entrada y puede calcular el factor de potencia según una diferencia angular entre la onda de corriente y la onda de tensión.
- 10 El procesador puede calcular un consumo de potencia del compresor basándose en las mediciones de tensión de la primera entrada y las mediciones de corriente de la segunda entrada.
- 15 El procesador puede calcular una potencia activa del compresor basándose en las mediciones de tensión de la primera entrada y las mediciones de corriente de la segunda entrada y calcula el consumo de potencia promediando la potencia activa sobre un periodo de tiempo.
- El módulo de sensor puede comprender además un puerto de comunicación para comunicar información del módulo de sensor a un módulo de control para el compresor, un controlador del sistema para un sistema asociado con el compresor, un dispositivo informático portátil y/o un dispositivo de red.
- 20 La información comunicada puede incluir el factor de potencia, una potencia activa calculada, una potencia aparente calculada y/o un consumo de potencia calculado del compresor.
- 25 La fuente de alimentación puede incluir primeras, segundas y terceras fases, con la señal de tensión generada por el primer sensor de tensión correspondiente a la primera fase, y la señal de corriente generada por el primer sensor de corriente correspondiente a la primera fase. Además, el módulo de sensor puede comprender además una tercera entrada conectada a un segundo sensor de tensión que genera una señal de tensión correspondiente a una tensión de la segunda fase. Una cuarta entrada conectada a un tercer sensor de tensión puede generar una señal de tensión correspondiente a una tensión de la tercera fase. El procesador puede conectarse a las entradas tercera y cuarta y puede calcular el factor de potencia basándose en mediciones de tensión recibidas de las entradas tercera y cuarta.
- 30 El procesador puede estimar una corriente de la segunda fase y una corriente de la tercera fase y puede calcular el factor de potencia basándose en las corrientes estimadas de las fases segunda y tercera.
- 35 El procesador puede calcular una potencia activa y una potencia aparente del compresor basándose en las mediciones de tensión de la primera entrada, las mediciones de corriente de la segunda entrada, las mediciones de tensión de la tercera entrada, las mediciones de tensión de la cuarta entrada y las corrientes estimadas de las fases segunda y tercera y puede calcular el factor de potencia de acuerdo con una relación de la potencia activa con la potencia aparente.
- 40 El módulo de sensor puede comprender además una quinta entrada conectada a un segundo sensor de corriente que genera una señal de corriente que corresponde a una corriente de la segunda fase. El procesador puede estar conectado a la quinta entrada y puede calcular el factor de potencia basándose en las mediciones de corriente recibidas de la quinta entrada.
- 45 El procesador puede estimar una corriente de la tercera fase y puede calcular el factor de potencia basándose en la corriente estimada de la tercera fase.
- 50 El procesador puede calcular una potencia activa y una potencia aparente del compresor basándose en las mediciones de tensión de la primera entrada, las mediciones de corriente de la segunda entrada, las mediciones de tensión de la tercera entrada, las mediciones de tensión de la cuarta entrada, las mediciones de corriente de la quinta entrada y la corriente estimada de la tercera fase y calcular el factor de potencia de acuerdo con una relación de la potencia activa con la potencia aparente.
- 55 El módulo de sensor puede comprender además una quinta entrada conectada a un segundo sensor de corriente que genera una señal de corriente que corresponde a una corriente de la segunda fase y una sexta entrada conectada a un tercer sensor de corriente que genera una señal de corriente que corresponde a una corriente de la tercera fase. El procesador puede estar conectado a las entradas quinta y sexta y puede calcular el factor de potencia basándose en las mediciones de corriente recibidas de las entradas quinta y sexta.
- 60 El procesador puede calcular una potencia activa y una potencia aparente del compresor basándose en las mediciones de tensión de la primera entrada, las mediciones de corriente de la segunda entrada, las mediciones de tensión de la tercera entrada, las mediciones de tensión de la cuarta entrada, las mediciones de corriente de la quinta entrada y las mediciones de corriente de la sexta entrada y calcular el factor de potencia de acuerdo con una relación de la potencia activa con la potencia aparente.
- 65 Se describe un compresor que tiene el módulo de sensor.
- También se describe un método para un módulo de sensor con un procesador dispuesto dentro de una caja eléctrica de un compresor con un motor eléctrico conectado a una fuente de alimentación. La caja eléctrica puede configurarse

- para alojar terminales eléctricos para conectar la fuente de alimentación al motor eléctrico. El método puede comprender recibir mediciones de tensión de la fuente de alimentación de un primer sensor de tensión conectado al módulo de sensor, recibir mediciones de corriente de la fuente de alimentación de un primer sensor de corriente conectado al módulo de sensor, calcular un factor de potencia del compresor en función de las mediciones de tensión y las mediciones de corriente y generar una salida en función del factor de potencia.
- 5
- Calcular el factor de potencia puede comprender calcular una potencia activa y una potencia aparente del compresor basándose en las mediciones de tensión y las mediciones de corriente y calcular el factor de potencia de acuerdo con una relación de la potencia activa con la potencia aparente.
- 10
- Calcular el factor de potencia puede comprender determinar una forma de onda de tensión basándose en las mediciones de tensión, determinar una forma de onda de corriente basándose en las mediciones de corriente y calcular el factor de potencia de acuerdo con una diferencia angular entre la forma de onda de corriente y la forma de onda de tensión.
- 15
- El método puede comprender además calcular un consumo de energía del compresor basándose en las mediciones de tensión y las mediciones de corriente.
- 20
- Calcular el consumo de energía puede comprender calcular una potencia activa del compresor basándose en las mediciones de tensión y las mediciones de corriente y calcular el consumo de energía promediando la potencia activa a lo largo de un periodo de tiempo.
- 25
- Generar la salida basándose en el factor de potencia puede comprender comunicar el factor de potencia a un módulo de control, un controlador de sistema, un dispositivo informático portátil y/o a un dispositivo de red, conectados al módulo de sensor.
- 30
- La fuente de alimentación puede incluir primeras, segundas y terceras fases, con las mediciones de tensión del primer sensor de tensión correspondiente a la primera fase, y con las mediciones de corriente del primer sensor de corriente correspondiente a la primera fase. El método puede comprender además recibir mediciones de tensión correspondientes a la segunda fase de la fuente de alimentación desde un segundo sensor de tensión conectado al módulo de sensor, y recibir mediciones de tensión correspondientes a la tercera fase de la fuente de alimentación desde un tercer sensor de tensión conectado al módulo de sensor. Calcular el factor de potencia puede comprender calcular el factor de potencia en función de las mediciones de tensión correspondientes a la segunda fase y las mediciones de tensión correspondientes a la tercera fase.
- 35
- El método puede comprender además calcular una estimación de corriente para la segunda fase y calcular una estimación de corriente para la tercera fase. Calcular el factor de potencia puede comprender calcular el factor de potencia basándose en las estimaciones de corriente para las fases segunda y tercera.
- 40
- Calcular el factor de potencia puede comprender calcular una potencia activa y una potencia aparente del compresor basándose en las mediciones de tensión para las fases primera, segunda y tercera, las mediciones de corriente para la primera fase y las estimaciones de corriente para las fases segunda y tercera y calcular el factor de potencia de acuerdo con una relación de la potencia activa con la potencia aparente.
- 45
- El método puede comprender además recibir las mediciones de corriente que corresponden a la segunda fase de la fuente de alimentación de un segundo sensor de corriente conectado al módulo de sensor. Calcular el factor de potencia puede comprender calcular el factor de potencia basándose en las mediciones de corriente que corresponden a la segunda fase.
- 50
- El método puede comprender además calcular una estimación de corriente para la tercera fase. Calcular el factor de potencia puede comprender calcular el factor de potencia basándose en la estimación de corriente para la tercera fase.
- 55
- Calcular el factor de potencia puede comprender calcular una potencia activa y una potencia aparente del compresor basándose en las mediciones de tensión para las fases primera, segunda y tercera, las mediciones de corriente para las fases primera y segunda, y la estimación de corriente para la tercera fase y calcular el factor de potencia de acuerdo con una relación de la potencia activa con la potencia aparente.
- 60
- El método puede comprender además recibir las mediciones de corriente que corresponden a la tercera fase de la fuente de alimentación de un tercer sensor de corriente conectado al módulo de sensor. Calcular el factor de potencia puede comprender calcular el factor de potencia basándose en las mediciones de corriente que corresponden a la tercera fase.
- 65
- Calcular el factor de potencia puede comprender calcular una potencia activa y una potencia aparente del compresor basándose en las mediciones de tensión para las fases primera, segunda y tercera, y las mediciones de corriente para las fases primera, segunda y tercera y calcular el factor de potencia de acuerdo con una relación de la potencia activa

con la potencia aparente.

También se describe un medio legible a ordenador con instrucciones ejecutables a ordenador para realizar el método.

- 5 También se describe otro módulo de sensor para un compresor que tiene un motor eléctrico conectado a una fuente de alimentación. El módulo de sensor puede comprender una primera entrada conectada a un primer sensor de tensión que genera una señal de tensión correspondiente a una tensión de la fuente de alimentación, una segunda entrada conectada a un primer sensor de corriente que genera una señal de corriente correspondiente a una corriente de la fuente de alimentación, y un procesador conectado a la primera y segunda entrada que supervisa la primera y segunda
- 10 entrada. El procesador puede detectar una variación no esperada de la alimentación eléctrica de la fuente de alimentación y/o un fallo de funcionamiento mecánico basado en mediciones de tensión de la primera entrada y mediciones de corriente de la segunda entrada. El procesador puede disponerse dentro de una caja eléctrica del compresor, configurada la caja eléctrica para alojar terminales eléctricos para conectar la fuente de alimentación al motor eléctrico.
- 15 El procesador puede disponerse dentro de una caja anti-manipulación dentro de la caja eléctrica.
- El módulo de sensor puede comprender además un puerto de comunicación para comunicar una notificación correspondiente a la variación esperada y/o el fallo de funcionamiento mecánico a un módulo de control para el compresor, un controlador del sistema para un sistema asociado con el compresor, un dispositivo informático portátil y/o un dispositivo de red.
- 20 El procesador puede detectar la variación no esperada de la alimentación eléctrica incluyendo una condición sin alimentación.
- 25 El procesador puede comparar las mediciones de tensión de la primera entrada con un umbral de tensión predeterminado y puede terminar que existe la condición sin alimentación cuando las mediciones de tensión son menores que el umbral de tensión predeterminado para un periodo de tiempo determinado.
- 30 El módulo de sensor puede detectar la variación no esperada de la alimentación eléctrica incluyendo una condición de tensión baja.
- El procesador puede determinar una tensión operativa normal del compresor y puede determinar que existe la condición de baja tensión cuando las mediciones de tensión de la primera entrada son menores que un porcentaje predeterminado de la tensión operativa normal.
- 35 El procesador puede determinar la tensión operativa normal en función de datos históricos del compresor.
- El procesador puede determinar la tensión operativa normal en función de la tensión operativa normal introducida.
- 40 El módulo de sensor puede detectar una variación no esperada de la alimentación eléctrica incluyendo una condición de sobrecarga de corriente.
- El procesador puede determinar un umbral máximo de corriente, puede comparar las mediciones de corriente de la segunda entrada con el umbral máximo de corriente, y puede determinar que existe la condición de sobrecarga de corriente en función de la comparación.
- 45 La fuente de alimentación puede incluir primeras, segundas y terceras fases, con la señal de tensión generada por el primer sensor de tensión correspondiente a la primera fase, y con la señal de corriente generada por el primer sensor de corriente correspondiente a la primera fase. El módulo de sensor puede comprender además una tercera entrada conectada a un segundo sensor de tensión que genera una señal de tensión correspondiente a una tensión de la segunda fase y una cuarta entrada conectada a un tercer sensor de tensión que genera una señal de tensión correspondiente a una tensión de la tercera fase. El procesador puede conectarse a una tercera y cuarta entrada y puede detectar la variación no esperada de la alimentación eléctrica de la fuente de alimentación en función de mediciones de tensión recibidas de la tercera y cuarta entradas.
- 50 La variación no esperada de alimentación eléctrica puede incluir una condición de pérdida de fase.
- 55 El procesador puede comparar mediciones de tensión recibidas de la primera, tercera y cuarta entrada y puede determinar que existe la condición de pérdida de fase cuando las mediciones de tensión de la primera entrada son menores que un porcentaje predeterminado de un promedio de mediciones de tensión de la tercera y cuarta entrada.
- 60 La variación no esperada de alimentación eléctrica puede incluir una condición de desequilibrio de tensión.
- 65 El procesador puede calcular un promedio de mediciones de tensión recibidas de la primera, tercera y cuarta entrada y puede determinar la condición de desequilibrio de tensión en función de la mayor de una diferencia entre las

mediciones de tensión de la primera entrada y el promedio, una diferencia entre mediciones de tensión de la tercera entrada y el promedio y una diferencia entre mediciones de tensión de la cuarta entrada y el promedio.

5 El módulo de sensor puede comprender además una quinta entrada conectada a un segundo sensor de corriente que genera una señal de corriente correspondiente a una corriente de la segunda fase. El procesador puede conectarse a la quinta entrada y puede detectar la variación no esperada de alimentación eléctrica de la fuente de alimentación en función de mediciones de corrientes recibidas de la quinta entrada.

10 La variación no esperada de alimentación eléctrica puede incluir una condición de retraso de corriente.

El procesador puede determinar que la condición de retraso de corriente existe cuando una medición de corriente de la segunda entrada es mayor que un umbral de corriente predeterminado y una medición de corriente de la quinta entrada no es mayor que el umbral de corriente predeterminado dentro de un periodo de tiempo predeterminado.

15 El módulo de sensor puede detectar el fallo de funcionamiento mecánico incluyendo una condición de contactor soldado.

20 El procesador puede recibir datos de estado de ejecución correspondientes a un estado de ejecución de corriente del compresor, puede comparar las mediciones de tensión de la primera entrada con un umbral de tensión y puede determinar que la condición de contactor soldado existe en función del estado de ejecución de corriente y la comparación.

El módulo de sensor puede detectar el fallo de funcionamiento mecánico incluyendo una condición de rotor bloqueado.

25 El procesador puede comparar las mediciones de corriente de la segunda entrada con un umbral de corriente y puede determinar que la condición de rotor bloqueado existe cuando las mediciones de corriente son mayores que el umbral de corriente.

30 El procesador puede generar una memoria intermedia de las mediciones de corriente de la segunda entrada, puede determinar un valor de corriente más grande de la memoria intermedia, puede comparar las mediciones de corriente con el valor de corriente más grande de la memoria intermedia y puede determinar que la condición de rotor bloqueado existe cuando las mediciones de corriente son mayores que un porcentaje predeterminado del valor de corriente más grande.

35 El módulo de sensor puede detectar el fallo de funcionamiento mecánico incluyendo una condición de disparo de protección.

40 El procesador puede comparar las mediciones de tensión con un umbral de tensión y las mediciones de corriente con un umbral de corriente y puede determinar que la condición de disparo de protección existe cuando las mediciones de tensión son mayores que el umbral de tensión y las mediciones de corriente son menores que el umbral de corriente.

45 También se describe otro método para un módulo de sensor con un procesador dispuesto dentro de una caja eléctrica de un compresor que tiene un motor eléctrico conectado a una fuente de alimentación. La caja eléctrica puede configurarse para alojar terminales eléctricos para conectar la fuente de alimentación al motor eléctrico. El método puede comprender recibir mediciones de tensión de la fuente de alimentación de un primer sensor de tensión conectado al módulo de sensor, recibir mediciones de corriente de la fuente de alimentación de un primer sensor de corriente conectado al módulo de sensor, detectar una variación no esperada de alimentación eléctrica de la fuente de alimentación y/o un fallo de funcionamiento mecánico del compresor en función de las mediciones de tensión y las mediciones de corriente, y generar una salida en función de la detección.

50 Generar la salida en función de la detección puede comprender comunicar un resultado de la detección a un módulo de control, un controlador del sistema, un dispositivo informático portátil y/o un dispositivo de red, conectado al módulo de sensor.

55 La detección puede incluir detectar la variación no esperada de la alimentación eléctrica incluyendo una condición sin alimentación.

60 Detectar la condición sin alimentación puede comprender comparar las mediciones de tensión con un umbral de tensión predeterminado, y determinar que la condición sin alimentación existe cuando las mediciones de tensión permanecen menores que el umbral de tensión predeterminado durante un periodo de tiempo predeterminado.

La detección puede incluir detectar la variación no esperada de alimentación eléctrica incluyendo la condición de baja tensión.

65 Detectar la condición de baja tensión puede comprender determinar una tensión operativa normal del compresor, y determinar que la condición de baja tensión existe cuando las mediciones de tensión son menores que un porcentaje

predeterminado de la tensión operativa normal.

Determinar la tensión operativa normal puede comprender determinar la tensión operativa normal en función de datos históricos del compresor.

5 Determinar la tensión operativa normal puede comprender determinar la tensión operativa normal en función de una tensión operativa normal introducida.

10 La detección puede incluir detectar la variación no esperada de alimentación eléctrica incluyendo una condición de sobrecarga de corriente.

15 Detectar la condición de sobrecarga de corriente puede comprender determinar un umbral máximo de corriente, comparar las mediciones de corriente con el umbral máximo de corriente, y determinar que la condición de sobrecarga de corriente existe en función de la comparación.

20 La fuente de alimentación puede incluir primeras, segundas y terceras fases, con las mediciones de tensión del primer sensor de tensión correspondiente a la primera fase, y con las mediciones de corriente del primer sensor de corriente correspondiente a la primera fase. El método puede comprender además recibir mediciones de tensión correspondientes a la segunda fase de la fuente de alimentación desde un segundo sensor de tensión conectado al módulo de sensor, y recibir mediciones de tensión correspondientes a la tercera fase de la fuente de alimentación desde un tercer sensor de tensión conectado al módulo de sensor. Detectar la variación no esperada de alimentación eléctrica desde la fuente de alimentación puede basarse en las mediciones de tensión correspondientes a la primera, segunda y tercera fase y las mediciones de corriente.

25 Detectar la variación no esperada de la alimentación eléctrica puede incluir detectar una condición de pérdida de fase.

30 Detectar la condición de pérdida de fase puede comprender comparar mediciones de tensión correspondientes a la primera, segunda y tercera fase, y determinar que la condición de pérdida de fase existe cuando las mediciones de tensión correspondientes a la primera fase son menores que un porcentaje predeterminado de un promedio de mediciones de tensión correspondientes a la segunda y tercera fase.

Detectar la variación no esperada de alimentación eléctrica puede incluir detectar una condición de desequilibrio de tensión.

35 Detectar la condición de desequilibrio de tensión puede comprender calcular un promedio de las mediciones de tensión correspondientes a la primera, segunda y tercera fase y determinar que la condición de desequilibrio de tensión existe en función de la mayor de una diferencia entre mediciones de tensión correspondientes a la primera fase y el promedio, una diferencia entre mediciones de tensión correspondientes a la segunda fase y el promedio, y una diferencia entre mediciones de tensión correspondientes a la tercera fase y el promedio.

40 El método puede comprender además recibir mediciones de corriente correspondientes a la segunda fase de la fuente de alimentación desde un segundo sensor de corriente conectado al módulo de sensor. La detección de la variación no esperada de alimentación eléctrica de la fuente de alimentación puede incluir detectar la variación no esperada de la alimentación eléctrica en función de las mediciones de corriente correspondientes a la primera y segunda fase.

45 Detectar la variación no esperada de alimentación eléctrica puede incluir detectar una condición de retraso de corriente.

50 Detectar la condición de retraso de corriente puede comprender comparar las mediciones de corriente correspondientes con la primera fase y las mediciones de corriente correspondientes con la segunda fase con un umbral de corriente predeterminado y determinar que existe la condición de retraso de corriente cuando las mediciones de corriente correspondientes a la primera fase son mayores que el umbral de corriente predeterminado y las mediciones de corriente correspondientes con la segunda fase no son mayores que el umbral de corriente predeterminado dentro de un periodo de tiempo predeterminado.

55 La detección puede incluir detectar el fallo de funcionamiento mecánico incluyendo una condición de contactor soldado.

60 El método puede comprender además recibir datos de estado de ejecución correspondientes a un estado de ejecución de corriente del compresor, comparar las mediciones de tensión con un umbral de tensión, y determinar que la condición de contactor soldado existe en función del estado de ejecución de corriente y la comparación.

65 La detección puede incluir detectar el fallo de funcionamiento mecánico del compresor incluyendo una condición de rotor bloqueado.

La detección de la condición de rotor bloqueado puede comprender comparar las mediciones de corriente con un

umbral de corriente y determinar que la condición de rotor bloqueado existe cuando las mediciones de corriente son mayores que el umbral de corriente.

5 Detectar la condición de rotor bloqueado puede comprender generar una memoria intermedia de las mediciones de corriente, determinar un valor de corriente más grande de la memoria intermedia, comparar las mediciones de corriente con el valor de corriente de la memoria intermedia, y determinar que la condición de rotor bloqueado existe cuando las mediciones de corriente son mayores que un porcentaje predeterminado del valor de corriente más grande.

10 La detección puede incluir detectar el fallo de funcionamiento mecánico incluyendo una condición de disparo de protección.

15 La detección de la condición de disparo de protección puede comprender comparar las mediciones de tensión con un umbral de tensión, comparar las mediciones de corriente con un umbral de corriente, y determinar que la condición de disparo de protección existe cuando las mediciones de tensión son mayores que el umbral de tensión y las mediciones de corriente son menores que el umbral de corriente.

Otras áreas de aplicabilidad resultarán evidentes a partir de la descripción proporcionada en el presente documento.

20 Los dibujos descritos en el presente documento son únicamente con fines ilustrativos y no pretenden de ninguna manera limitar el alcance de la presente divulgación.

La figura 1 es una vista esquemática de un sistema de refrigeración;
 la figura 2 es una vista esquemática de un compresor con un módulo de sensor y un módulo de control;
 la figura 3 es una vista esquemática de un compresor con un módulo de sensor y un módulo de control;
 25 la figura 4 es una vista esquemática de un compresor con un módulo de sensor y un módulo de control;
 la figura 5 es una vista en perspectiva de un compresor con un módulo de sensor y un módulo de control;
 la figura 6 es una vista en alzado de un compresor con un módulo de sensor y un módulo de control;
 la figura 7 es una vista esquemática de un cuadro eléctrico de un compresor que incluye un módulo de sensor;
 30 la figura 8 es una vista esquemática de un cuadro eléctrico de un compresor que incluye un módulo de sensor;
 la figura 9 es una vista esquemática de un cuadro eléctrico de un compresor que incluye un módulo de sensor;
 la figura 10 es una vista esquemática de un cuadro eléctrico de un compresor que incluye un módulo de sensor;
 la figura 11 es una vista esquemática de un cuadro eléctrico de un compresor que incluye un módulo de sensor;
 la figura 12 es una vista esquemática de un cuadro eléctrico de un compresor que incluye un módulo de sensor;
 35 la figura 13 es un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo de funcionamiento de un módulo de sensor de acuerdo con las presentes enseñanzas;
 la figura 14 es un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo de diagnóstico de un módulo de sensor de acuerdo con las presentes enseñanzas;
 la figura 15 es un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo de diagnóstico de un módulo de sensor de acuerdo con las presentes enseñanzas;
 40 la figura 16 es un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo de diagnóstico de un módulo de sensor de acuerdo con las presentes enseñanzas;
 la figura 17 es un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo de diagnóstico de un módulo de sensor de acuerdo con las presentes enseñanzas;
 la figura 18 es un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo de diagnóstico de un módulo de sensor de acuerdo con las presentes enseñanzas;
 45 la figura 19 es un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo de diagnóstico de un módulo de sensor de acuerdo con las presentes enseñanzas;
 la figura 20 es un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo de diagnóstico de un módulo de sensor de acuerdo con las presentes enseñanzas;
 50 la figura 21 es un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo de diagnóstico de un módulo de sensor de acuerdo con las presentes enseñanzas;
 la figura 22 es un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo de diagnóstico de un módulo de sensor de acuerdo con las presentes enseñanzas; y
 55 la figura 23 es un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo de diagnóstico de un módulo de sensor de acuerdo con las presentes enseñanzas.

La siguiente descripción es simplemente de naturaleza a modo de ejemplo y no pretende limitar la presente divulgación, aplicación o usos. Debería entenderse que a lo largo de los dibujos, los números de referencia correspondientes indican partes o características similares o correspondientes.

60 Como se usa en el presente documento, los términos módulo, módulo de control y controlador se refieren a uno o más de los siguientes: un circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC), un circuito electrónico, un procesador (compartido, dedicado o de grupo) y una memoria que ejecutan uno o más programas de software o firmware, un circuito lógico combinatorio u otros componentes adecuados que proporcionan la funcionalidad descrita. Además, tal como se usa en el presente documento, un medio legible por ordenador se refiere a cualquier medio capaz de almacenar datos para un ordenador. El medio legible por ordenador puede incluir, pero no está limitado a, memoria,

RAM, ROM, PROM, EPROM, EEPROM, memoria flash, tarjetas perforadoras, conmutadores encapsulados, CD-ROM, disquetes, cintas magnéticas, otro medio magnético, medio óptico, o cualquier otro dispositivo o medio capaz de almacenar datos para un ordenador.

5 Haciendo referencia a la figura 1, un sistema de refrigeración 10 a modo de ejemplo puede incluir una pluralidad de compresores 12 conectados entre sí con un colector de succión común 14 y un colector de descarga 16. El compresor 12 puede ser un compresor oscilante, un compresor de tipo de espiral u otro tipo de compresor. El compresor 12 puede incluir un cárter. Los compresores 12 pueden estar equipados con motores eléctricos para comprimir el vapor refrigerante que se suministra a un condensador 18 donde el vapor refrigerante se licúa a alta presión, expulsando de este modo el calor al aire exterior. El refrigerante líquido que sale del condensador 18 se suministra a un evaporador 20. Cuando el aire caliente se mueve a través del evaporador, el líquido se convierte en gas, eliminando de este modo el calor del aire y enfriando un espacio refrigerado. Este gas de baja presión se suministra a los compresores 12 y de nuevo se comprime a un gas de alta presión para iniciar de nuevo el ciclo de refrigeración. Mientras que un sistema de refrigeración 10 con dos compresores 12, un condensador 18 y un evaporador 20 se muestra en la figura 1, un sistema de refrigeración 10 puede configurarse con cualquier número de compresores 12, condensadores 18, evaporadores 20 u otros componentes de sistema de refrigeración.

20 Cada compresor 12 puede estar equipado con un módulo de control (CM) 30 y un módulo de sensor (SM) 32. Como se describe en el presente documento, el SM 32 puede fijarse al compresor 12 y puede monitorizar la alimentación eléctrica suministrada al compresor 12 con uno o más sensores de tensión y uno o más sensores de corriente. Basándose en las mediciones de alimentación eléctrica, tales como la corriente eléctrica (I) y la tensión (V), el SM 32 puede determinar los cálculos de potencia aparente, potencia real, consumo de energía y factor de potencia para el motor eléctrico del compresor 12. El SM 32 puede comunicar las mediciones de alimentación eléctrica y los cálculos al CM 30. El SM 32 también puede alertar al CM 30 de las variaciones en la fuente de alimentación, o de los fallos mecánicos, basándose en las mediciones y los cálculos. Por ejemplo, el SM 32 puede alertar al CM 30 de una condición de corriente o tensión excesiva, una condición de corriente o tensión deficiente, una condición de desequilibrio de corriente o de tensión, o una pérdida de condición de retardo de fase o corriente (si se usa alimentación eléctrica polifásica). Basándose en la monitorización de la fuente de alimentación eléctrica y basándose en la comunicación con el CM 30, el SM 32 puede detectar y alertar al CM 30 de una condición de contactor soldado, o una condición de rotor bloqueado.

35 El CM 30 puede controlar el funcionamiento del compresor 12 basándose en los datos recibidos del SM 32, basándose en otros datos de sistema de compresor y de refrigeración recibidos de otros sensores de sistema de compresor y de refrigeración y basándose en la comunicación con un controlador de sistema 34. El CM 30 puede ser un sistema de protección y control del tipo divulgado en la patente de Estados Unidos número de publicación 2005/0235660. Pueden usarse otros sistemas de protección y control adecuados.

40 Además de los datos recibidos por el CM 30 desde el SM 32, el CM 30 puede recibir datos del sistema de compresor y de refrigeración que incluyen presión de descarga, temperatura de descarga, presión de succión, temperatura de succión y otros datos relacionados con el compresor a partir de los sensores de presión y temperatura conectados a, o integrados dentro, del compresor 12. Además, los datos de nivel de aceite y presión de aceite pueden recibirse por el SM 32 y comunicarse directamente al CM 30 y/o recibirse por el CM 30. De esta manera, el CM 30 puede monitorizar los diversos parámetros de funcionamiento del compresor 12 y el funcionamiento de control del compresor 12 basándose en unos algoritmos de protección y control y basándose en la comunicación con el controlador de sistema 34. Por ejemplo, el CM 30 puede activar y desactivar el compresor 12 de acuerdo con un punto de referencia, tal como una presión de succión, una temperatura de succión, una presión de descarga o un punto de referencia de temperatura de descarga. En el caso de un punto de referencia de presión de descarga, el CM 30 puede activar el compresor 12 cuando la presión de descarga, determinada por un sensor de presión de descarga, cae por debajo del punto de referencia de presión de descarga. El CM 30 puede desactivar el compresor 12 cuando la presión de descarga se eleva por encima del punto de referencia de presión de descarga.

55 Además, el CM 30 puede activar o desactivar el compresor 12 basándose en los datos y/o las alertas recibidas del SM 32. Por ejemplo, el CM 30 puede desactivar el compresor 12 cuando se le alerta de una condición de corriente o tensión excesiva, una condición de corriente o tensión deficiente, una condición de desequilibrio de corriente o tensión, o una pérdida de condición de retardo de fase o de corriente (si se usa alimentación eléctrica polifásica). Además, el CM 30 puede activar el compresor 12 cuando se alerta de una condición de contactor soldado o desactivar el compresor 12 cuando se alerta de una condición de rotor bloqueado. El CM 30 puede comunicar los datos de funcionamiento del compresor 12, incluyendo los datos de alimentación eléctrica recibidos del SM 32, al controlador de sistema 34.

60 De esta manera, el SM 32 puede ser específico de un compresor 12 y puede estar localizado dentro de un cuadro eléctrico 72 del compresor 12 para alojar las conexiones eléctricas del compresor 12 (mostrado en las figuras 5 - 12) en el momento de la fabricación del compresor 12. El CM 30 puede instalarse en el compresor 12 después de la fabricación y en el momento en que el compresor 12 se instala, por ejemplo en una localización específica en un sistema de refrigeración específico. Diferentes módulos de control pueden fabricarse por diferentes fabricantes. Sin embargo, cada CM 30 puede estar diseñado y configurado para comunicarse con el SM 32. En otras palabras, el SM

32 para un compresor específico 12 puede proporcionar datos y señales que pueden comunicarse a cualquier módulo de control configurado apropiadamente para comunicarse con el SM 32. Además, los fabricantes de diferentes módulos de control pueden configurar un módulo de control para recibir datos y señales del SM 32 sin conocimiento de los algoritmos y cálculos empleados por el SM 32 para proporcionar los datos y las señales.

5 El controlador de sistema 34 puede usarse y configurarse para controlar el funcionamiento global del sistema de refrigeración 10. El controlador de sistema 34 es preferentemente un controlador de área de Einstein ofrecido por CPC, Inc. de Atlanta, Georgia, o cualquier otro tipo de controlador programable que puede programarse para hacer funcionar el sistema de refrigeración 10 y comunicarse con el CM 30. El controlador de sistema 34 puede monitorizar las condiciones de funcionamiento del sistema de refrigeración, tales como las temperaturas y las presiones del condensador, y las temperaturas y las presiones del evaporador, así como las condiciones ambientales, tal como la temperatura ambiente, para determinar la carga y la demanda del sistema de refrigeración. El controlador de sistema 34 puede comunicarse con el CM 30 para ajustar los puntos de referencia basándose en las condiciones de funcionamiento para maximizar la eficiencia del sistema de refrigeración 10. El controlador de sistema 34 puede evaluar la eficiencia basándose en las mediciones de alimentación eléctrica y los cálculos realizados por el SM 32 y comunicados al controlador de sistema 34 del CM 30.

20 Haciendo referencia a la figura 2, la alimentación eléctrica de CA trifásica 50 puede suministrarse al compresor 12 para hacer funcionar un motor eléctrico. El SM 32 y el CM 30 pueden recibir alimentación de baja tensión de una de las fases de la alimentación eléctrica 50 entregada al compresor 12. Por ejemplo, un transformador 49 puede convertir la alimentación eléctrica 51 de una de las fases a una tensión más baja para su suministro al SM 32 y al CM 30. De esta manera, el SM 32 y el CM 30 pueden funcionar con una alimentación eléctrica de CA monofásica a una tensión más baja que la alimentación eléctrica 50 suministrada al compresor 12. Por ejemplo, la alimentación eléctrica suministrada al SM 32 y al CM 30 puede ser de 24 V de CA. Cuando se usa una energía de baja tensión, por ejemplo 24 V de CA, para alimentar el CM 30 y el SM 32, pueden usarse componentes de régimen de tensión más baja, tales como unas conexiones de cableado de tensión más baja.

30 El SM 32 puede conectarse a tres sensores de tensión 54, 56, 58 para detectar la tensión de cada fase de alimentación eléctrica 50 suministrada al compresor 12. Además, el SM 32 puede conectarse a un sensor de corriente 60 para detectar la corriente eléctrica de una de las fases de la alimentación eléctrica 50 suministrada al compresor 12. El sensor de corriente 60 puede ser un transformador de corriente o una resistencia de derivación de corriente.

35 Cuando se usa un único sensor de corriente 60, la corriente eléctrica para las otras fases puede estimarse basándose en las mediciones de tensión y basándose en la medición de corriente del sensor de corriente 60. Debido a que la carga de cada devanado del motor eléctrico puede ser sustancialmente la misma que la carga de cada uno de los otros devanados, debido a que la tensión de cada fase se conoce a partir de la medición, y debido a que la corriente de una fase se conoce a partir de la medición, puede estimarse la corriente en las fases restantes.

40 Pueden usarse también sensores de corriente adicionales y conectados al SM 32. Haciendo referencia a la figura 3, pueden usarse dos sensores de corriente 57, 60 para detectar la corriente eléctrica de dos fases de la alimentación eléctrica 50. Cuando se usan dos sensores de corriente 57, 60, puede estimarse la corriente eléctrica de la fase restante basándose en las mediciones de tensión y basándose en las mediciones de corriente de los sensores de corriente 57, 60. Haciendo referencia a la figura 4, pueden usarse tres sensores de corriente 55, 57, 60 para detectar la corriente eléctrica de las tres fases de la alimentación eléctrica 50.

45 En el caso de un motor eléctrico trifásico de bobinado doble, pueden usarse seis terminales de alimentación eléctrica, con un terminal para cada devanado que da lugar a dos terminales para cada una de las tres fases de la alimentación eléctrica 50. En tal caso, puede incluirse un sensor de tensión para cada uno de los seis terminales, estando cada uno de los seis sensores de tensión en comunicación con el SM 32. Además, puede incluirse un sensor de corriente para una o más de las seis conexiones eléctricas.

50 Haciendo referencia a las figuras 5 y 6, el CM 30 y el SM 32 pueden montarse sobre o dentro del compresor 12. El CM 30 puede incluir una pantalla 70 para mostrar gráficamente alertas o mensajes. Como se ha discutido anteriormente, el SM 32 puede estar localizado dentro del cuadro eléctrico 72 del compresor 12 para alojar las conexiones eléctricas del compresor 12.

El compresor 12 puede incluir una boquilla de succión 74, una boquilla de descarga 76 y un motor eléctrico dispuesto dentro de una carcasa de motor eléctrico 78.

60 La alimentación eléctrica 50 puede recibirse por el cuadro eléctrico 72. El CM 30 puede estar conectado al SM 32 a través de una carcasa 80. De esta manera, el CM 30 y el SM 32 pueden estar localizados en diferentes localizaciones sobre o dentro del compresor 12 y pueden comunicarse a través de una conexión de comunicación encaminada sobre, dentro o a través del compresor 12, tal como una conexión de comunicación encaminada a través de la carcasa 80.

65 Haciendo referencia a las figuras 7 a 12, el SM 32 puede estar localizado dentro del cuadro eléctrico 72. En las figuras 7 a 12, se muestra una vista esquemática del cuadro eléctrico 72 y el SM 32. El SM 32 puede incluir un procesador

100 con una RAM 102 y una ROM 104 dispuestas en una placa de circuito impreso (PCB) 106. El cuadro eléctrico 72 puede ser una caja para alojar los terminales eléctricos 108 conectados a un motor eléctrico del compresor 12. Los terminales eléctricos 108 pueden conectar la alimentación eléctrica 50 al motor eléctrico del compresor 12.

5 El cuadro eléctrico 72 puede incluir un transformador 49 para convertir la alimentación eléctrica 50 en una tensión más baja para su uso por el SM 32 y el CM 30. Por ejemplo, la alimentación eléctrica 51 puede convertirse mediante el transformador 49 y suministrarse al SM 32. El SM 32 puede recibir la alimentación eléctrica de baja tensión del transformador 49 a través de una entrada de alimentación 110 de la PCB 106. La alimentación eléctrica también puede encaminarse a través del cuadro eléctrico 72 al CM 30 a través de la conexión eléctrica 52.

10 Los sensores de tensión 54, 56, 58 pueden estar localizados próximos a cada uno de los terminales eléctricos 108. El procesador 100 puede estar conectado a los sensores de tensión 54, 56, 58 y puede recibir o muestrear periódicamente las mediciones de tensión. Del mismo modo, el sensor de corriente 60 puede estar localizado próximo a uno de los cables de alimentación eléctrica 116. El procesador 100 puede estar conectado al sensor de corriente 60 y puede recibir o muestrear periódicamente las mediciones de corriente. Las mediciones de tensión y de corriente eléctricas de los sensores de tensión 54, 56, 58 y del sensor de corriente 60 pueden escalarse adecuadamente al procesador 100.

15 La PCB 106 puede incluir un puerto de comunicaciones 118 para permitir la comunicación entre el procesador 100 del SM 32 y del CM 30. Un enlace de comunicaciones entre el SM 32 y el CM 30 puede incluir un aislador óptico 119 para separar eléctricamente el enlace de comunicaciones entre el SM 32 y el CM 30 mientras que permite la comunicación. El aislador óptico 119 puede estar localizado dentro del cuadro eléctrico 72. Aunque el aislador óptico 119 se muestra independientemente, el aislador óptico 119 también puede estar localizado en la PCB 106. También puede proporcionarse al menos un puerto de comunicaciones adicional 120 para la comunicación entre el SM 32 y otros dispositivos. Un dispositivo de mano o portátil puede acceder directamente y comunicarse con el SM 32 a través del puerto de comunicaciones 120. Por ejemplo, el puerto de comunicaciones 120 puede permitir la programación en circuito del SM 32 en un dispositivo conectado al puerto de comunicaciones 120. Adicionalmente, el puerto de comunicaciones 120 puede estar conectado a un dispositivo de red para la comunicación con el SM 32 a través de una red.

20 La comunicación con el SM 32 puede realizarse a través de cualquier protocolo de comunicaciones adecuado, tal como I²C, una interfaz periférica serie (SPI), RS232, RS485, un bus serie universal (USB) o cualquier otro protocolo de comunicación adecuado.

25 El procesador 100 puede acceder a la configuración del compresor y a los datos operativos almacenados en una ROM integrada 124 dispuesta en una carcasa resistente a manipulaciones 140 dentro del cuadro eléctrico 72. La ROM integrada 124 puede ser un sistema de memoria de compresor divulgado en la solicitud de patente de Estados Unidos de titularidad común del cesionario número 11/405.021, presentada el 14 de abril de 2006, en la solicitud de patente de Estados Unidos número 11/474.865, presentada el 26 de Junio de 2006, en la solicitud de patente de Estados Unidos 11/474.821, presentada el 26 de Junio de 2006, en la solicitud de patente de Estados Unidos 11/474.798, presentada el 26 de junio de 2006, o en la solicitud de patente de Estados Unidos número 60/674.781, presentada el 26 de abril de 2005. Además, pueden usarse otros sistemas de memoria adecuados.

30 La ROM integrada 124 puede almacenar datos de configuración y de funcionamiento para el compresor 12. Cuando se modifican los datos de configuración del compresor 12, los datos modificados pueden almacenarse igualmente en la ROM 124. Los datos de configuración del compresor 12 pueden comunicarse al CM 30 o al controlador de sistema 34. Cuando se reemplazan el compresor y/o el SM 32, los datos de configuración por defecto para el nuevo compresor 12 pueden comunicarse al CM 30 y/o al controlador de sistema 34 tras el arranque. Además, los datos de configuración pueden descargarse de manera remota. Por ejemplo, los datos de configuración en la ROM integrada 124 pueden incluir software operativo y de diagnóstico que puede actualizarse a través de una conexión de red. De esta manera, el software operativo y de diagnóstico puede actualizarse de manera eficiente a través de la conexión de red, por ejemplo, a través de Internet.

35 Los relés 126, 127 pueden estar conectados al procesador 100. El relé 126 puede controlar la activación o la desactivación del compresor 12. Cuando el SM 32 determina que existe una condición de funcionamiento indeseable, el SM 32 puede simplemente desactivar el compresor 12 a través del relé 126. Como alternativa, el SM 32 puede notificar al CM 30 la condición de manera que el CM 30 pueda desactivar el compresor 12. El relé 127 puede estar conectado a un componente relacionado con el compresor. Por ejemplo, el relé 127 puede estar conectado a un calentador de cárter. El SM 32 puede activar o desactivar el calentador de cárter cuando sea necesario, basándose en las condiciones o instrucciones de funcionamiento del CM 30 o del controlador de sistema 34. Aunque se muestran dos relés 126, 127, el SM 32 puede estar configurado alternativamente para hacer funcionar un relé o más de dos relés.

40 El procesador 100 y la PCB 106 pueden estar montados dentro de una caja de carcasa 130. La caja de carcasa 130 puede estar unida a o integrada dentro del cuadro eléctrico 72. El cuadro eléctrico 72 proporciona una caja para alojar los terminales eléctricos 108 y el transformador 49. La caja de carcasa 130 puede ser inviolable de tal manera que un

usuario del compresor 12 puede ser incapaz de acceder inadvertida o accidentalmente al procesador 100 y a la PCB 106. De esta manera, el SM 32 puede permanecer con el compresor 12, independientemente de si el compresor 12 se mueve a una localización diferente, se devuelve al fabricante para su reparación, o se usa con un CM 30 diferente.

5 Los LED 131, 132 pueden estar localizados en o conectados a la PCB 106 y controlarse por el procesador 100. Los LED 131, 132 pueden indicar el estado del SM 32 o una condición de funcionamiento del compresor 12. Los LED 131, 132 pueden estar localizados en la caja de carcasa 130 o pueden verse a través de la caja de carcasa 130. Por ejemplo, el LED 131 puede ser rojo y el LED 132 puede ser verde. El SM 32 puede encender el LED verde 132 para indicar el funcionamiento normal. El SM 32 puede encender el LED rojo 131 para indicar una condición de funcionamiento predeterminada. El SM 32 también puede hacer parpadear los LED 131, 132 para indicar otras condiciones de funcionamiento predeterminadas.

15 En la figura 7, se muestra un sensor de corriente 60. También pueden usarse y conectarse al SM 32 unos sensores de corriente adicionales. Haciendo referencia a la figura 8, pueden usarse dos sensores de corriente 57, 60 para detectar la corriente eléctrica de las dos fases de la alimentación eléctrica 50. Cuando se usan dos sensores de corriente 57, 60, la corriente eléctrica de la fase restante puede estimarse basándose en las mediciones de tensión y basándose en las mediciones de corriente de los sensores de corriente 57, 60. Haciendo referencia a la figura 9, pueden usarse tres sensores de corriente 55, 57, 60 para detectar la corriente eléctrica de las tres fases de la alimentación eléctrica 50.

20 Haciendo referencia a las figuras 10 a 12, en el caso de un motor eléctrico trifásico de doble devanado, el cuadro eléctrico 72 puede incluir unos terminales eléctricos adicionales 109 para unos devanados adicionales. En tal caso, seis terminales eléctricos 108, 109 pueden estar localizados dentro del cuadro eléctrico 72. Tres terminales eléctricos 108 pueden estar conectados a las tres fases de la alimentación eléctrica 50 para un primer conjunto de devanados del motor eléctrico del compresor 12. Tres terminales eléctricos adicionales 109 pueden estar conectados también a las tres fases de la alimentación eléctrica 50 de un segundo conjunto de devanados del motor eléctrico del compresor 12.

30 Los sensores de tensión 61, 62, 63 puede estar localizados próximos a cada uno de los terminales eléctricos 109. El procesador 100 puede conectarse a los sensores de tensión 61, 62, 63 y puede recibir o muestrear periódicamente mediciones de tensión. Haciendo referencia a la figura 10, el procesador 100 puede recibir o muestrear periódicamente una medición de corriente de un sensor de corriente 64 para detectar la corriente eléctrica que fluye de uno de los terminales eléctricos adicionales 109. Unos sensores de corriente adicionales también pueden usarse. Haciendo referencia a la figura 11, cuatro sensores de corriente 57, 60, 64, 65 pueden estar conectados al procesador 100. Dos sensores de corriente 57, 60 pueden estar asociados con los terminales eléctricos 108 y dos sensores de corriente 64, 65 pueden estar asociados con los terminales eléctricos 109. Haciendo referencia a la figura 12, seis sensores de corriente 55, 57, 60, 64, 65, 66 pueden estar conectados al procesador 100. Tres sensores de corriente 55, 57, 60 pueden estar asociados con los terminales eléctricos 108 y tres sensores de corriente 64, 65, 66 pueden estar asociados con los terminales eléctricos 109. Con seis sensores de corriente 55, 57, 60, 64, 65, 66, el procesador 100 puede recibir mediciones de corriente de cada devanado de un motor eléctrico trifásico de doble devanado asociado con el compresor 12.

45 El procesador 100 puede muestrear las mediciones de corriente y de tensión de los diversos sensores periódicamente a lo largo de cada ciclo de alimentación de CA para determinar múltiples mediciones de corriente y tensión instantáneas. Por ejemplo, el procesador 100 puede muestrear las mediciones de corriente y de tensión veinte veces por ciclo o aproximadamente una vez cada milisegundo en el caso de la corriente alterna con una frecuencia de sesenta megahercios. A partir de estas mediciones de corriente y de tensión reales, el procesador 100 puede calcular los datos relacionados con la alimentación adicional tales como la potencia real y aparente, el consumo de energía a lo largo del tiempo y el factor de potencia.

50 Basándose en las mediciones de corriente y de tensión reales, el procesador 100 puede determinar un valor cuadrático medio (RMS) de la tensión y la corriente para cada fase de la alimentación eléctrica 50. El procesador 100 puede calcular un valor de tensión RMS elevando al cuadrado cada una de las mediciones de tensión muestreadas, promediando las mediciones al cuadrado, y calculando la raíz cuadrada de la media. Del mismo modo, el procesador 100 puede calcular un valor de corriente RMS elevando al cuadrado cada una de las mediciones de corriente muestreadas, promediando las mediciones al cuadrado, y calculando la raíz cuadrada de la media.

A partir de los cálculos de tensión RMS y de corriente RMS, el procesador 100 puede calcular la potencia aparente (S) de acuerdo con la siguiente ecuación:

60
$$(1) \quad S = V_{RMS} \times I_{RMS} ,$$

65 donde V_{RMS} es el RMS calculado de la tensión a lo largo de al menos un ciclo de CA y donde I_{RMS} es el RMS calculado de la corriente a lo largo de al menos un ciclo de CA. La potencia aparente puede calcularse en unidades de voltios-amperios (VA) o kilo-voltios-amperios (kVA).

El procesador 100 puede calcular la potencia aparente para cada fase de la alimentación eléctrica 50. Cuando los sensores de corriente 55, 57, 60, 64, 65, 66 están disponibles para las tres fases de la alimentación eléctrica 50, pueden usarse las mediciones de corriente reales para calcular la potencia aparente. Cuando los sensores de corriente no están disponibles para las tres fases, la corriente de una fase perdida puede estimarse por interpolación a partir de las mediciones de corriente y tensión conocidas.

El procesador 100 puede calcular la potencia aparente total (S_{total}) para un motor eléctrico de un compresor 12 basándose en los cálculos de potencia aparente para cada una de las fases, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$(2) \quad S_{Total} = V_{RMS(1)} \times I_{RMS(1)} + V_{RMS(2)} \times I_{RMS(2)} + V_{RMS(3)} \times I_{RMS(3)} ,$$

donde $V_{RMS(1)}$, $V_{RMS(2)}$, y $V_{RMS(3)}$ son la tensión RMS calculada a lo largo de un ciclo de CA para las fases primera, segunda y tercera de la CA, respectivamente, y donde $I_{RMS(1)}$, $I_{RMS(2)}$, y $I_{RMS(3)}$ son la corriente RMS calculada a lo largo de un ciclo de CA para las fases primera, segunda y tercera de la CA, respectivamente. La potencia aparente se calcula en unidades de voltios-amperios (VA) o kilo-voltios amperios (kVA).

la potencia activa (P), en unidades de vatios (W) o kilo-vatios (kW) puede calcularse como una integral del producto de las corrientes y las tensiones instantáneas a lo largo de un ciclo de CA, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$(3) \quad P = \frac{1}{T} \int_0^T (v(t)i(t))dt ,$$

donde $v(t)$ es la tensión instantánea en el tiempo t , en unidades de voltios; donde $i(t)$ es la corriente instantánea en el tiempo t , en unidades de amperios; y donde T es el período.

Basándose en las mediciones de corriente y tensión eléctricas instantáneas reales muestreadas a lo largo de un ciclo de la alimentación de CA, el procesador 100 puede calcular (P) como la suma de los productos de las muestras de tensión y de corriente instantáneas para cada intervalo de muestreo (por ejemplo, un milisegundo), a lo largo de un ciclo de CA. Por lo tanto, P puede calcularse por el procesador 100 de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$(4) \quad P \cong \frac{1}{T} \sum_{k=1}^{\frac{T}{\Delta t}} v(k)i(k)\Delta t ,$$

donde $v(k)$ es la medición de tensión instantánea de la muestra k -ésima; $i(k)$ es la medición de corriente instantánea de la muestra k -ésima; T es el periodo; y Δt es el intervalo de muestreo (por ejemplo, 1 milisegundo).

P puede calcularse para cada fase de la alimentación eléctrica. El procesador 100 puede calcular una potencia activa total (P_{total}) sumando la potencia activa para cada fase, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$(5) \quad P_{Total} = P_{(1)} + P_{(2)} + P_{(3)} ,$$

donde $P_{(1)}$, $P_{(2)}$, y $P_{(3)}$ son la potencia activa de las fases primera, segunda, y tercera de la CA, respectivamente.

Basándose en los cálculos de potencia activa, el procesador 100 puede calcular el consumo de energía calculando un promedio de potencia activa a través del tiempo. El consumo de energía puede calcularse por el procesador 100 en unidades de vatios-hora (Wh) o kilovatios-hora (kWh).

Además, basándose en el cálculo de potencia activa y en el cálculo de potencia aparente, el procesador 100 puede calcular el factor de potencia (PF) de acuerdo con la ecuación siguiente:

$$(6) \quad PF = \frac{P}{S} ,$$

donde P es la potencia activa en unidades de vatios (W) o kilo-vatios (kW); y donde S es la potencia aparente en unidades de voltios-amperios (VA) o kilo-voltios-amperios (KVA). En general, el PF es la relación de la potencia consumida con la potencia absorbida. El procesador 100 puede calcular el PF para cada fase de la alimentación eléctrica. El procesador 100 también puede calcular el PF total como una relación entre la potencia real total con la potencia aparente total, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$(7) \quad PF_{Total} = \frac{P_{Total}}{S_{Total}},$$

donde P_{total} y S_{total} se calculan de acuerdo con las fórmulas 2 y 5 anteriores.

5 Como alternativa, el procesador 100 puede calcular el factor de potencia comparando los cruces por cero de las formas de ondas de la tensión y la corriente. El procesador puede usar la diferencia angular entre los cruces por cero como una estimación del PF. El procesador 100 puede monitorizar las mediciones de tensión y de corriente para determinar las formas de ondas de la tensión y la corriente de la alimentación eléctrica 50. Basándose en las mediciones, el procesador puede determinar donde cruza cada forma de onda el eje cero. Comparando los dos cruces por cero, el
10 procesador 100 puede determinar una diferencia angular entre la forma de onda de tensión y la forma de onda de corriente. La forma de onda de corriente puede retrasar la forma de onda de tensión, y la diferencia angular puede usarse por el procesador 100 como una estimación del PF.

15 El PF puede usarse como una indicación de la eficiencia del motor eléctrico o del compresor. El aumento del retraso entre los resultados de la forma de onda de corriente y la forma de onda de tensión resulta en un factor de potencia más bajo. Un factor de potencia cercano a uno, es decir, un factor de potencia unitario, es más deseable que un factor de potencia más bajo. Un motor eléctrico con un factor de potencia más bajo puede requerir más energía para funcionar, dando como resultado de este modo en un aumento de consumo de energía.

20 El SM 32 puede proporcionar cálculos del factor de potencia continuamente actualizados, así como la tensión RMS, la corriente RMS, la potencia activa, la potencia aparente, y los cálculos del consumo de energía, basándose en las mediciones de corriente y de tensión eléctricas instantáneas muestreadas continuamente, a un CM 30 y/o a un controlador de sistema 34. El CM 30 y el controlador de sistema 34 pueden utilizar las mediciones y los cálculos de alimentación eléctrica comunicados desde el SM 32 para controlar y evaluar la eficiencia del compresor 12 o del
25 sistema de refrigeración 10.

Además, las mediciones y los cálculos eléctricos, incluyendo el PF, pueden accederse por un usuario a través del controlador de sistema 34 o el CM 30. Además, las mediciones y los cálculos eléctricos pueden accederse a través de la comunicación directa con el SM 32 mediante el puerto de comunicaciones 120. Las mediciones y los cálculos eléctricos pueden almacenarse y actualizarse periódicamente en la ROM integrada 124.
30

De esta manera, las mediciones y los cálculos eléctricos, tales como la tensión RMS, la corriente RMS, la potencia activa, la potencia aparente, el factor de potencia y los cálculos de energía pueden hacerse precisa y eficientemente en el compresor 12 y comunicarse a otros módulos o controladores o a un usuario del compresor 12 o del sistema de refrigeración 10 con fines de evaluar el uso de la alimentación eléctrica.
35

Además de comunicar las mediciones y los cálculos eléctricos a otros módulos, controladores, o usuarios, el SM 32 puede usar las mediciones y los cálculos eléctricos como diagnóstico para detectar ciertas variaciones en las condiciones de funcionamiento. El SM 32 puede alertar al CM 30 de ciertas condiciones de funcionamiento basándose en las mediciones y los cálculos eléctricos.
40

Haciendo referencia ahora a la figura 13, se muestra un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo de funcionamiento 1300 del SM 32. En la etapa 1301, el SM 32 puede inicializarse. La inicialización puede incluir restablecer contadores, temporizadores, o indicadores, comprobar e inicializar la RAM 102, inicializar los puertos, incluidos los puertos de comunicaciones 118, 120, permitiendo la comunicación con otros dispositivos, incluyendo el CM 30, comprobar la ROM 104, comprobar la ROM integrada 124, y cualquier otra función de inicialización necesaria. El SM 32 puede cargar instrucciones de funcionamiento desde la ROM 104 para su ejecución por el procesador 100.
45

En la etapa 1302, el SM 32 puede recibir las mediciones eléctricas reales desde los sensores de tensión y de corriente conectados. El SM 32 puede recibir una pluralidad de mediciones de tensión y de corriente instantáneas a lo largo del transcurso de un ciclo de la alimentación eléctrica de CA. El SM 32 puede almacenar las mediciones de tensión y de corriente en la RAM 102 durante un período de tiempo predeterminado.
50

En la etapa 1304, el SM 32 puede calcular la tensión RMS y la corriente RMS basándose en las mediciones de tensión y de corriente instantáneas. Basándose en los cálculos de tensión RMS y de corriente RMS, el SM 32 puede calcular la potencia aparente en la etapa 1304. Basándose en las mediciones de tensión y de corriente instantáneas, el SM 32 también puede calcular la potencia activa. Basándose en el cálculo de potencia aparente y en el cálculo de potencia activa, el SM 32 puede calcular el factor de potencia. El SM 32 también puede calcular el factor de potencia a partir de las mediciones de tensión y de corriente instantáneas examinando una diferencia angular entre los cruces por cero de la forma de onda de corriente eléctrica y la forma de onda de tensión.
55
60

En la etapa 1306, el SM 32 puede recibir datos de estado de ejecución del CM 30. Los datos de estado de ejecución pueden incluir datos que indican si un motor eléctrico del compresor 12 está actualmente en un estado activado o desactivado. Los datos de estado de ejecución también pueden incluir datos de temporización que indican un período

de tiempo en el que el motor eléctrico ha estado en el estado actual. Si el motor eléctrico es un motor eléctrico de tres fases de doble devanado, los datos de estado de ejecución pueden incluir también datos que indican si uno o ambos de los devanados están activados.

5 En la etapa 1308, basándose en las mediciones y los cálculos eléctricos, y basándose en los datos recibidos del CM 30, el SM 32 puede realizar y/o monitorizar algoritmos de diagnóstico como se describe en más detalle a continuación. Algunos algoritmos de diagnóstico pueden ejecutarse una vez por cada iteración del algoritmo de funcionamiento 1300. Algunos algoritmos de diagnóstico pueden ejecutarse simultáneamente con, y monitorizarse por, el algoritmo de funcionamiento 1300.

10 En la etapa 1310, el SM 32 puede comunicar los resultados de las mediciones y los cálculos eléctricos al CM 30. El SM 32 también puede comunicar los resultados de cualquier algoritmo de diagnóstico al CM 30. Como se describe a continuación, el SM 32 puede establecer indicadores de funcionamiento que corresponden a las condiciones de funcionamiento de acuerdo con los algoritmos de diagnóstico. El SM 32 puede comunicar cualquier indicador de funcionamiento al CM 30 en la etapa 1310.

15 En la etapa 1312, el SM 32 puede recibir y responder a las comunicaciones del CM 30. Por ejemplo, el CM 30 puede solicitar datos específicos del SM 32. El CM 30 también puede solicitar ciertos datos de la ROM integrada 124. El CM 30 puede actualizar el SM 32 con los parámetros o umbrales de funcionamiento para su uso en los algoritmos de diagnóstico. El CM 30 puede dirigir el SM 32 para activar o desactivar cualquier dispositivo relacionado con el compresor, tal como un calentador de cárter, controlado por el SM 32 a través del relé 127.

20 Después de responder a las comunicaciones del CM 30 en la etapa 1312, el SM 32 puede volver de nuevo a la etapa 1302 y continuar el funcionamiento.

25 Haciendo referencia ahora a la figura 14, se muestra un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo 1400 del SM 32 para detectar una condición de no alimentación. El algoritmo 1400 puede ser uno de los algoritmos de diagnóstico realizados/monitorizados por el SM 32, como se ha descrito haciendo referencia a la etapa 1308 de la figura 13 anterior. Antes de la ejecución del algoritmo 1400, puede haberse restablecido un indicador de no alimentación por el SM 32.

30 En la etapa 1401, el SM 32 puede determinar si el estado de ejecución actual está establecido para ejecutarse, basándose en los datos de estado de ejecución recibidos del CM 30, como se ha descrito haciendo referencia a la etapa 1306 de la figura 13 anterior. Cuando el estado de ejecución no está establecido para ejecutarse, el compresor 12 no está activado, y el SM 32 puede terminar la ejecución del algoritmo en la etapa 1402.

35 Cuando el estado de ejecución está establecido para ejecutarse, el SM 32 puede avanzar a la etapa 1404 y comprobar las mediciones de tensión. Cuando se usa alimentación trifásica, el SM 32 puede comprobar cada una de las tres mediciones de tensión, V_1 , V_2 , y V_3 . El SM 32 puede determinar si V_1 , V_2 , y V_3 son menores que un umbral de tensión mínimo, $V_{\text{mín-14}}$. En la etapa 1404, cuando V_1 , V_2 , y V_3 son mayores que o iguales a $V_{\text{mín-14}}$, el SM 32 puede determinar que el compresor 12 tiene suficiente alimentación, y terminar la ejecución del algoritmo 1400 en la etapa 1402.

40 En la etapa 1404, cuando el SM 32 determina que V_1 , V_2 , y V_3 son menores que $V_{\text{mín-14}}$, el SM 32 puede avanzar a la etapa 1406. En la etapa 1406, el SM 32 puede determinar si el tiempo desde que se ha activado el compresor 12 es mayor que un umbral de tiempo, $T_{\text{mThr-14}}$. Por ejemplo, $T_{\text{mThr-14}}$ puede establecerse en dos segundos. De esta manera, el SM 32 puede permitir cualquier rebote de cualquier relé de bobina de contactor. En la etapa 1406, cuando el tiempo desde la activación del compresor no es mayor que $T_{\text{mThr-14}}$, el SM 32 puede volver a la etapa 1401.

45 En la etapa 1406, cuando el tiempo desde la activación del compresor es mayor que $T_{\text{mThr-14}}$, el SM 32 puede avanzar a la etapa 1408. En la etapa 1408, el SM 32 puede establecer un indicador de no alimentación. Estableciendo el indicador de no alimentación, el SM 32 puede indicar que el compresor 12 no tiene suficiente alimentación eléctrica para funcionar. El indicador de no alimentación puede comunicarse a, o detectarse por, el CM 30 y/o el controlador de sistema 34. El CM 30 y/o el controlador de sistema 34 pueden ajustar el funcionamiento del compresor y del sistema de refrigeración en consecuencia.

50 Haciendo referencia ahora a la figura 15, se muestra un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo 1500 del SM 32 para detectar una condición de contactor soldado. El algoritmo 1500 puede ser uno de los algoritmos de diagnóstico realizados/monitorizados por el SM 32, como se ha descrito haciendo referencia a la etapa 1308 de la figura 13 anterior. Antes de la ejecución del algoritmo 1500, puede haberse restablecido un indicador de contactor soldado por el SM 32. Un contactor soldado puede hacer que el compresor 12 siga funcionando, a pesar de que el SM 32 o el CM 30 puedan haber intentado abrir un contactor para desactivar el compresor.

55 En la etapa 1501, el SM 32 puede determinar si el estado de ejecución actual está establecido para ejecutarse, basándose en los datos de estado de ejecución recibidos anteriormente del CM 30, como se ha descrito haciendo referencia a la etapa 1306 de la figura 13 anterior. Cuando el estado de ejecución está establecido para ejecutarse, el compresor 12 está activo, y el SM 32 puede terminar la ejecución del algoritmo en la etapa 1502.

- 5 Cuando el estado de ejecución no está establecido para ejecutarse, el SM 32 puede avanzar a la etapa 1504 y comprobar las mediciones de tensión. Cuando se usa alimentación trifásica, el SM 32 puede comprobar cada una de las tres mediciones de tensión, V_1 , V_2 , y V_3 . El SM 32 puede determinar si las tensiones V_1 , V_2 , o V_3 son mayores que un umbral de tensión máxima, $V_{\text{máx-15}}$. En la etapa 1504, cuando V_1 , V_2 , o V_3 no son mayores que o iguales que $V_{\text{máx-15}}$, el SM 32 puede determinar que no existe una condición de contactor soldado, y terminar la ejecución del algoritmo en la etapa 1502.
- 10 Cuando V_1 , V_2 , o V_3 son mayores que $V_{\text{máx-15}}$, el SM 32 puede avanzar a la etapa 1506. En la etapa 1506, el SM 32 puede determinar si el tiempo desde que el compresor 12 se desactivó es mayor que un umbral de tiempo, $T_{\text{mThr-15}}$. Por ejemplo, $T_{\text{mThr-15}}$ puede establecerse en dos segundos. Esperando durante $T_{\text{mThr-15}}$, el SM 32 puede permitir cualquier rebote de cualquier relé de bobina de contactor. En la etapa 1506, cuando el tiempo desde la desactivación del compresor no es mayor que $T_{\text{mThr-15}}$, el SM 32 puede volver a la etapa 1501.
- 15 En la etapa 1506, cuando el tiempo desde la desactivación del compresor es mayor que $T_{\text{mThr-15}}$, el SM 32 puede avanzar a la etapa 1508. En la etapa 1508, el SM 32 puede establecer un indicador de contactor soldado. Estableciendo el indicador de contactor soldado, el SM 32 puede indicar que el compresor 12 puede tener al menos un contactor soldado. En tal caso, la alimentación puede suministrarse al compresor 12, debido al contactor soldado, a pesar del intento del CM 30 o del SM 32 para desactivar el compresor 12. El indicador de contactor soldado puede comunicarse a, o detectarse por, el CM 30 y/o el controlador de sistema 34. El CM 30 y/o el controlador de sistema 34 pueden ajustar el funcionamiento del compresor y del sistema de refrigeración en consecuencia. Específicamente, el CM 30 puede activar el compresor 12 mientras que está en el estado de contactor soldado para evitar una condición de desequilibrio de tensión y evitar daños o el sobrecalentamiento del compresor 12. Además, el CM 30 o el controlador de sistema 34 pueden notificar a un usuario que el compresor 12 se está haciendo funcionar en un estado de contactor soldado.
- 20 Haciendo referencia ahora a la figura 16, se muestra un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo 1600 del SM 32 para detectar una condición de rotor bloqueado. El algoritmo 1600 puede ser uno de los algoritmos de diagnóstico realizados/monitorizados por el SM 32, como se ha descrito haciendo referencia a la etapa 1308 de la figura 13 anterior. En una condición de rotor bloqueado, un rotor del motor eléctrico puede estar retenido. Normalmente, cuando se activa un motor eléctrico, la corriente eléctrica del motor (I) aumenta durante un período inicial durante el arranque, y a continuación disminuye a medida que el motor alcanza la velocidad de funcionamiento. Sin embargo, si el rotor está retenido, I no disminuye después del período inicial. Antes de la ejecución del algoritmo de 1600, puede haberse restablecido un indicador de rotor bloqueado por el SM 32.
- 30 En la etapa 1601, el SM 32 puede almacenar las mediciones de corriente eléctrica durante un período de almacenamiento predeterminado. Por ejemplo, el SM 32 puede almacenar las mediciones de corriente eléctrica durante 200 ms.
- 35 En la etapa 1602, el SM 32 puede determinar si I es mayor que un umbral de corriente eléctrica mínima ($I_{\text{mín-16}}$). Cuando I no es mayor que $I_{\text{mín-16}}$, el SM 32 puede volver de nuevo a la etapa 1601 y continuar para almacenar I . En la etapa 1602, cuando el SM 32 determina que I es mayor que $I_{\text{mín-16}}$, el SM 32 puede avanzar a la etapa 1604.
- 40 En la etapa 1604, el SM 32 puede determinar el mayor valor de I actualmente en el almacenamiento ($I_{\text{grtst-16}}$). En la etapa 1606, el SM 32 puede determinar si I_{grtst} es mayor que un umbral de corriente eléctrica ($I_{\text{máx-16}}$). El SM 32 puede a continuación esperar en las etapas 1608 y 1610 a que expire un umbral de tiempo ($T_{\text{mThr-16}}$). Por ejemplo, $T_{\text{mThr-16}}$ puede establecerse en dos segundos. De esta manera, el SM 32 permite que I se asiente en una corriente de funcionamiento normal si el motor eléctrico no tiene un rotor bloqueado.
- 45 Cuando $I_{\text{grtst-16}}$ es mayor que $I_{\text{máx-16}}$ en la etapa 1606, entonces en la etapa 1612, el SM 32 puede usar $I_{\text{máx-16}}$ como el umbral de corriente. En la etapa 1612, cuando I es mayor que $I_{\text{máx-16}}$, el SM 32 puede determinar que existe una condición de rotor bloqueado y podrá avanzar a la etapa 1614 para establecer el indicador de rotor bloqueado. En la etapa 1612, cuando I no es mayor que $I_{\text{máx-16}}$, el SM 32 puede terminar la ejecución del algoritmo en la etapa 1616.
- 50 En la etapa 1606, cuando $I_{\text{grtst-16}}$ no es mayor que $I_{\text{máx-16}}$, el SM 32 puede usar un porcentaje predeterminado ($X\%$) de $I_{\text{grtst-16}}$ como el umbral de corriente en la etapa 1618. En la etapa 1618, cuando $I_{\text{mtr-16}}$ es mayor que el $X\%$ de $I_{\text{grtst-16}}$, el SM 32 puede determinar que existe una condición de rotor bloqueado y puede establecer el indicador de rotor bloqueado en la etapa 1614. El SM 32 puede terminar la ejecución del algoritmo en la etapa 1616. El indicador de rotor bloqueado puede comunicarse a, o detectarse por, el CM 30 y/o el controlador de sistema 34. El CM 30 y/o el controlador de sistema 34 pueden ajustar el funcionamiento del compresor y del sistema de refrigeración en consecuencia.
- 55 Si se detecta una condición de rotor bloqueado un número predeterminado de veces consecutivas, el SM 32 puede establecer un indicador de bloqueo de rotor bloqueado. El SM 32 puede cesar el funcionamiento del compresor hasta que el indicador de bloqueo se borra por un usuario. Por ejemplo, el SM 32 puede establecer el indicador de bloqueo de rotor bloqueado cuando detecta diez condiciones de rotor bloqueado consecutivas.
- 60
- 65

Haciendo referencia ahora a la figura 17, se muestra un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo 1700 del SM 32 para detectar un disparo de protección de motor. El algoritmo 1700 puede ser uno de los algoritmos de diagnóstico realizados/monitorizados por el SM 32, como se ha descrito haciendo referencia a la etapa 1308 de la figura 13 anterior. El compresor 12 puede estar configurado con saltos de línea internos. Los saltos de línea internos pueden disparar, o desactivar, el compresor 12 cuando la corriente eléctrica es excesiva o cuando el compresor 12 está sobrecalentando. En tal caso, el SM 32 puede detectar que se ha producido un salto de línea interno y notificarlo al CM 30. Antes de la ejecución del algoritmo 1700, puede haberse restablecido un indicador de disparo de protección por el SM 32.

En la etapa 1701, el SM 32 determina si cualquier tensión, V_1 , V_2 , o V_3 es mayor que un umbral de tensión mínimo ($V_{\min-17}$). Cuando V_1 , V_2 , o V_3 no es mayor que $V_{\min-17}$, el SM 32 puede terminar la ejecución del algoritmo 1700 en la etapa 1702. Cuando V_1 , V_2 , o V_3 es mayor que $V_{\min-17}$, el SM 32 puede avanzar a la etapa 1704. En la etapa 1704, el SM 32 puede determinar si I es menor que una corriente mínima $I_{\min-17}$. Cuando I no es menor que $I_{\min-17}$, el SM 32 puede terminar la ejecución del algoritmo 1700 en la etapa 1702. Cuando I es menor que $I_{\min-17}$, el SM 32 puede avanzar a la etapa 1706 y establecer un indicador de disparo de protección. De esta manera, cuando la tensión está presente, pero la corriente eléctrica no está presente, el SM 32 puede determinar que se ha producido una condición de salto de línea interno. El indicador de disparo de protección puede comunicarse a, o detectarse por, el CM 30 y/o el controlador de sistema 34. El CM 30 y/o el controlador de sistema 34 pueden ajustar el funcionamiento del compresor 12 y del sistema de refrigeración 10 en consecuencia.

Haciendo referencia ahora a la figura 18, se muestra un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo 1800 del SM 32 para detectar una condición de baja tensión. El algoritmo 1800 puede ser uno de los algoritmos de diagnóstico realizados/monitorizados por el SM 32, como se ha descrito haciendo referencia a la etapa 1308 de la figura 13 anterior. Antes de la ejecución del algoritmo 1800, puede haberse restablecido un indicador de baja tensión por el SM 32.

En la etapa 1801, el SM 32 puede determinar la tensión de funcionamiento normal del compresor (V_{nml}), el SM 32 puede determinar V_{nml} basándose en los datos históricos de anteriores tensiones de funcionamiento del compresor. Por ejemplo, V_{nml} puede calcularse promediando la tensión a lo largo de los primeros cinco ciclos de alimentación eléctrica durante la primera ejecución normal. Como alternativa, V_{nml} puede estar predeterminada y almacenada en la ROM 104, 124, o calcularse basándose en una tensión media de la vida de funcionamiento del compresor.

En la etapa 1802, el SM 32 puede monitorizar V_1 , V_2 , y V_3 durante un período de tiempo predeterminado $T_{mthr-18}$. Por ejemplo, $T_{mthr-18}$ puede establecerse en dos segundos. El umbral de tiempo puede o no ser el mismo que el umbral de tiempo usado en otros algoritmos de diagnóstico. En la etapa 1804, el SM 32 puede determinar si V_1 , V_2 , y V_3 son menores que un porcentaje predeterminado ($X\%$) de V_{nml} durante más que un $T_{mthr-18}$. Por ejemplo, el porcentaje predeterminado puede ser el 75 por ciento. En la etapa 1804, cuando V_1 , V_2 , y V_3 no son menores que el $X\%$ de V_{nml} durante más que un $T_{mthr-18}$, el SM 32 vuelve de nuevo a la etapa 1802. En la etapa 1804, cuando V_1 , V_2 , y V_3 son menores que el $X\%$ de V_{nml} durante más que un $T_{mthr-18}$, el SM 32 puede avanzar a la etapa 1806.

En la etapa 1806, el SM 32 puede determinar si el estado de ejecución está establecido para ejecutarse. Cuando el estado de ejecución no está establecido para ejecutarse en la etapa 1806, el SM 32 termina la ejecución del algoritmo 1800 en la etapa 1808. Cuando el estado de ejecución está establecido para ejecutarse, el SM 32 puede determinar que existe una condición de baja tensión y puede establecer un indicador de baja tensión en la etapa 1810. El indicador de baja tensión puede comunicarse a, o detectarse por, el CM 30 y/o el controlador de sistema 34. El CM 30 y/o el controlador de sistema 34 pueden ajustar el funcionamiento del compresor 12 y del sistema de refrigeración 10 en consecuencia.

Haciendo referencia ahora a la figura 19, se muestra un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo 1900 del SM 32 para detectar una condición de pérdida de fase del compresor 12, cuando se usa alimentación eléctrica trifásica 50. El algoritmo 1900 puede ser uno de los algoritmos de diagnóstico realizados/monitorizados por el SM 32, como se ha descrito haciendo referencia a la etapa 1308 de la figura 13 anterior. El SM 32 puede comparar cada tensión, V_1 , V_2 , y V_3 , para determinar si cualquier tensión específica es menor que un porcentaje predeterminado de la media de las otras dos tensiones. Antes de la ejecución del algoritmo 1900, puede haberse restablecido un indicador de pérdida de fase por el SM 32.

En la etapa 1901, el SM 32 puede monitorizar V_1 , V_2 , y V_3 . En la etapa 1902, el SM 32 puede determinar si V_1 es menor que un porcentaje predeterminado, $X\%$, de la media de V_2 y V_3 , durante un tiempo (T_m) mayor que un umbral de tiempo, $T_{mThr-19}$. Cuando V_1 es menor que un $X\%$ de la media de V_2 y V_3 , el SM 32 puede establecer el indicador de pérdida de fase en la etapa 1904 y terminar la ejecución del algoritmo 1900 en la etapa 1906. Cuando V_1 no es menor que un $X\%$ de la media de V_2 y V_3 , el SM 32 puede avanzar a la etapa 1908.

En la etapa 1908, el SM 32 puede determinar si V_2 es menor que un $X\%$ de la media de V_1 y V_3 , durante un T_m mayor que $T_{mThr-19}$. Cuando V_2 es menor que un $X\%$, de la media de V_1 y V_3 , el SM 32 puede establecer el indicador de pérdida de fase en la etapa 1904 y terminar la ejecución del algoritmo 1900 en la etapa 1906. Cuando V_2 no es menor

que un X % de la media de V_1 y V_3 , el SM puede avanzar a la etapa 1910.

En la etapa 1910, el SM 32 puede determinar si V_3 es menor que un X % de la media de V_1 y V_2 , durante un T_m mayor que $T_{mThr-19}$. Cuando V_3 es menor que un X %, de la media de V_1 y V_2 , el SM 32 puede establecer el indicador de pérdida de fase en la etapa 1904 y terminar la ejecución del algoritmo 1900 en la etapa 1906. Cuando V_3 no es menor que un X % de la media de V_1 y V_2 , el SM 32 puede volver de nuevo a la etapa 1901. De esta manera, el algoritmo 1900 puede funcionar simultáneamente con el algoritmo 1300. El indicador de pérdida de fase puede comunicarse a, o detectarse por, el CM 30 y/o el controlador de sistema 34. El CM 30 y/o el controlador de sistema 34 pueden ajustar el funcionamiento del compresor 12 y del sistema de refrigeración 10 en consecuencia.

Si se detecta una condición de pérdida de fase un número predeterminado de veces consecutivas, el SM 32 puede establecer un indicador de bloqueo de pérdida de fase. El SM 32 puede cesar el funcionamiento del compresor hasta que el indicador de bloqueo se borra por un usuario. Por ejemplo, el SM 32 puede establecer el indicador de bloqueo de pérdida de fase cuando detecta diez condiciones de pérdida de fases consecutivas.

Haciendo referencia ahora a la figura 20, se muestra un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo 2000 del SM 32 para detectar una condición de desequilibrio de tensión para el compresor 12, cuando se usa una alimentación eléctrica trifásica 50. El algoritmo 2000 puede ser uno de los algoritmos de diagnóstico realizados/monitorizados por el SM 32, como se ha descrito haciendo referencia a la etapa 1308 de la figura 13 anterior. El SM 32 puede determinar si la diferencia entre cualquiera de las tensiones V_1 , V_2 , o V_3 es mayor que un porcentaje predeterminado de la media de V_1 , V_2 , y V_3 . Cuando la diferencia entre cualquiera de las tensiones V_1 , V_2 , o V_3 es mayor que un porcentaje predeterminado de la media de V_1 , V_2 , y V_3 , el SM 32 puede determinar que existe una condición de desequilibrio de tensión. Antes de la ejecución del algoritmo 2000, puede haberse restablecido un indicador de desequilibrio de tensión por el SM 32

En la etapa 2001, el SM 32 puede monitorizar V_1 , V_2 , y V_3 . En la etapa 2002, el SM 32 puede calcular la media (V_{med}) de V_1 , V_2 , y V_3 . En la etapa 2004, el SM 32 puede calcular el porcentaje de desequilibrio de tensión ($\% V_{deseq}$) determinando el máximo del valor absoluto de la diferencia entre cada una de V_1 y V_{med} , V_2 y V_{med} , y V_3 y V_{med} . A continuación, la máxima diferencia se multiplica por $V_{med}/100$.

En la etapa 2006, el SM 32 determina si el estado de ejecución está establecido para ejecutarse. En la etapa 2006, cuando el estado de ejecución no está establecido para ejecutarse, el SM 32 puede terminar la ejecución del algoritmo 2000 en la etapa 2008. En la etapa 2006, cuando el estado de ejecución está establecido para ejecutarse, el SM 32 puede avanzar a la etapa 2010.

En la etapa 2010, el SM 32 puede determinar si el $\% V_{deseq}$ es mayor que un umbral de desequilibrio de tensión ($\% V_{Thr-20}$). Cuando el $\% V_{deseq}$ no es mayor que el $\% V_{Thr-20}$, el SM 32 vuelve de nuevo a la etapa 2001. De esta manera, el algoritmo 2000 puede ejecutarse simultáneamente con el algoritmo de funcionamiento 1300. Cuando el $\% V_{deseq}$ es mayor que el $\% V_{Thr-20}$, existe una condición de desequilibrio de tensión y el SM 32 puede establecer el indicador de desequilibrio de tensión en la etapa 2012. El SM 32 puede terminar la ejecución del algoritmo 2000 en la etapa 2008. El indicador de desequilibrio de tensión puede comunicarse a, o detectarse por, el CM 30 y/o el controlador de sistema 34. El CM 30 y/o el controlador de sistema 34 pueden ajustar el funcionamiento del compresor 12 y del sistema de refrigeración 10 en consecuencia.

Haciendo referencia ahora a la figura 21, se muestra un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo 2100 del SM 32 para detectar una condición de sobrecarga de corriente. El algoritmo 2100 puede ser uno de los algoritmos de diagnóstico realizados/monitorizados por el SM 32, como se ha descrito haciendo referencia a la etapa 1308 de la figura 13 anterior. Antes de la ejecución del algoritmo 2100, puede haberse restablecido un indicador de sobrecarga de corriente por el SM 32.

En la etapa 2101, el SM 32 puede determinar la corriente continua máxima (MCC) para el motor eléctrico del compresor 12. La MCC puede determinarse y establecerse durante la fabricación del compresor 12. La MCC puede almacenarse en la ROM 104 y/o en la ROM integrada 124. Además, la MCC puede configurarse por el usuario. La MCC puede variar en función del tipo de refrigerante usado. Por lo tanto, un usuario del compresor 12 puede modificar el valor de MCC predeterminado para ajustarse a las condiciones reales del sistema de refrigeración.

En la etapa 2102, el SM 32 puede determinar si el estado de ejecución está establecido para ejecutarse. Cuando el estado de ejecución no está establecido para ejecutarse, el SM 32 termina la ejecución del algoritmo 2100 en la etapa 2104. En la etapa 2102, cuando el estado de ejecución está establecido para ejecutarse, el SM 32 puede avanzar a la etapa 2106. En la etapa 2106, cuando el estado de ejecución no se ha establecido para ejecutarse durante un periodo de tiempo mayor que un primer umbral de tiempo ($T_{mThr1-21}$), el SM 32 vuelve de nuevo a la etapa 2102. En la etapa 2106, cuando el estado de ejecución se ha establecido para ejecutarse durante un periodo de tiempo mayor que el $T_{mThr1-21}$, el SM 32 puede avanzar a la etapa 2108.

En la etapa 2108, el SM 32 monitoriza I. En la etapa 2110, el SM 32 puede determinar si I es mayor que la MCC multiplicada por 1,1. En otras palabras, el SM 32 puede determinar si I es mayor que el 110 % de la MCC durante un

tiempo mayor que un segundo umbral de tiempo ($T_{mThr2-21}$). Cuando el SM 32 determina que I no es mayor que el 110 % de la MCC durante un tiempo mayor que el $T_{mThr2-21}$, el SM 32 puede volver de nuevo a la etapa 2102. De esta manera, el algoritmo 2100 puede ejecutarse concurrentemente con el algoritmo de funcionamiento 1300. Cuando el SM 32 determina que I es mayor que el 110 % de la MCC durante un tiempo mayor que el $T_{mThr2-21}$, el SM 32 puede determinar que existe una condición de sobrecarga de corriente y puede establecer el indicador de sobrecarga de corriente en la etapa 2112. El SM 32 puede terminar la ejecución del algoritmo 2100 en la etapa 2104. El indicador de sobrecarga de corriente puede comunicarse a, o detectarse por, el CM 30 y/o el controlador de sistema 34. El CM 30 y/o el controlador de sistema 34 pueden ajustar el funcionamiento del compresor y del sistema de refrigeración en consecuencia.

Haciendo referencia ahora a la figura 22, se muestra un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo 2200 del SM 32 para detectar una condición de retardo de corriente, en un sistema de dos sensores de corriente, para detectar un retraso entre dos corrientes eléctricas I_1 e I_2 . El algoritmo 2200 puede ser uno de los algoritmos de diagnóstico realizados/monitorizados por el SM 32, como se ha descrito haciendo referencia a la etapa 1308 de la figura 13 anterior. Antes de la ejecución del algoritmo, puede haberse restablecido un indicador de corriente de retardo por el SM 32.

Cuando SM 32 detecta una corriente mayor que un umbral de corriente (I_{min-22}) de uno de los dos sensores de corriente, el SM 32 puede determinar si la corriente indicada por el otro sensor de corriente se hace mayor que I_{min-22} dentro de un período de tiempo umbral ($T_{mThr-22}$). En la etapa 2201, el SM 32 puede determinar si I_1 es mayor que un umbral de corriente I_{min-22} . Cuando I_1 es mayor que I_{min-22} , el SM 32 puede avanzar a la etapa 2203 e iniciar un contador de tiempo (T_m). El SM 32 puede avanzar a la etapa 2205 para determinar si I_2 es mayor que I_{min-22} . En la etapa 2205, cuando I_2 es mayor que I_{min-22} , el SM 32 puede determinar que no existe una condición de corriente de retardo, y terminar la ejecución del algoritmo en la etapa 2210. En la etapa 2205, cuando I_2 no es mayor que I_{min-22} , el SM 32 puede avanzar a la etapa 2207 y determinar si T_m es mayor que $T_{mThr-22}$. En la etapa 2207, cuando T_m no es mayor que $T_{mThr-22}$, el SM 32 puede volver de nuevo a la etapa 2205 para comparar I_2 con I_{min-22} . En la etapa 2207, cuando T_m es mayor que $T_{mThr-22}$, el período de tiempo ha expirado y existe una condición de corriente de retardo. El SM 32 puede avanzar a la etapa 2209 para establecer un indicador de corriente de retardo. El SM 32 puede terminar la ejecución del algoritmo 2200 en la etapa 2210. El indicador de corriente de retardo puede comunicarse a, o detectarse por, el CM 30 y/o el controlador de sistema 34. El CM 30 y/o el controlador de sistema 34 pueden ajustar el funcionamiento del compresor y del sistema de refrigeración en consecuencia.

Cuando h no es mayor que I_{min-22} , el SM 32 puede avanzar a la etapa 2202 y determinar si I_2 es mayor que I_{min-22} . Cuando I_2 no es mayor que I_{min-22} , el SM 32 vuelve de nuevo a la etapa 2201. Cuando I_2 es mayor que I_{min-22} , el SM 32 puede avanzar a la etapa 2204 para iniciar el contador de tiempo T_m . El SM 32 puede avanzar a la etapa 2206 para determinar si I_1 es mayor que I_{min-22} . En la etapa 2206, cuando I_1 es mayor que I_{min-22} , el SM 32 puede determinar que no existe una condición de corriente de retardo, y terminar la ejecución del algoritmo en la etapa 2210. En la etapa 2206, cuando I_1 no es mayor que I_{min-22} , el SM 32 puede avanzar a la etapa 2208 y determinar si T_m es mayor que $T_{mThr-22}$. En la etapa 2208, cuando T_m no es mayor que $T_{mThr-22}$, el SM 32 puede volver de nuevo a la etapa 2206 para comparar I_1 con I_{min-22} . En la etapa 2208, cuando T_m es mayor que $T_{mThr-22}$, el período de tiempo ha expirado y existe una condición de corriente de retardo. El SM 32 puede avanzar a la etapa 2209 para establecer el indicador de corriente de retardo. El SM 32 puede terminar la ejecución del algoritmo 2200 en la etapa 2210. Como se ha observado anteriormente, el indicador de corriente de retardo puede comunicarse a, o detectarse por, el CM 30 y/o el controlador de sistema 34, que puede ajustar el funcionamiento del compresor y del sistema de refrigeración en consecuencia.

Haciendo referencia ahora a la figura 23, se muestra un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo 2300 del SM 32 para detectar una condición de retardo de corriente, en un sistema de tres sensores de corriente, para detectar un retardo entre las tres corrientes eléctricas I_1 , I_2 , y I_3 . El algoritmo 2300 puede ser uno de los algoritmos de diagnóstico realizados/monitorizados por el SM 32, como se ha descrito haciendo referencia a la etapa 1308 de la figura 13 anterior. Antes de la ejecución del algoritmo, puede haberse restablecido un indicador de corriente de retardo por el SM 32.

Cuando el SM 32 detecta una corriente mayor que un umbral de corriente (I_{min-22}) de uno de los tres sensores de corriente, el SM 32 puede determinar si la corriente indicada por los otros sensores de corriente se hace mayor que I_{min-22} dentro de un periodo de tiempo predeterminado ($T_{mThr-22}$). En la etapa 2301, el SM 32 puede determinar si I_1 es mayor que un umbral de corriente I_{min-22} . Cuando I_1 es mayor que I_{min-22} , el SM 32 puede avanzar a la etapa 2302 e iniciar un contador de tiempo (T_m). El SM 32 puede avanzar a la etapa 2303 para determinar si I_2 e I_3 son mayores que I_{min-22} . En la etapa 2303, cuando I_2 e I_3 son mayores que I_{min-22} , el SM 32 puede determinar que no existe una condición de corriente de retardo, y terminar la ejecución del algoritmo en la etapa 2304. En la etapa 2303, cuando I_2 y I_3 no son mayores que I_{min-22} , el SM 32 puede avanzar a la etapa 2305 y determinar si T_m es mayor que $T_{mThr-22}$. En la etapa 2305, cuando T_m no es mayor que $T_{mThr-22}$, el SM 32 puede volver de nuevo a la etapa 2303 para comparar I_2 e I_3 con I_{min-22} . En la etapa 2305, cuando T_m es mayor que $T_{mThr-22}$, el período de tiempo ha expirado y existe una condición de corriente de retardo. El SM 32 puede avanzar a la etapa 2306 para establecer un indicador de corriente de retardo. El SM 32 puede terminar la ejecución del algoritmo 2300 en la etapa 2304. El indicador de corriente de retardo puede comunicarse a, o detectarse por, el CM 30 y/o el controlador de sistema 34. El CM 30 y/o el controlador de sistema 34 pueden ajustar el funcionamiento del compresor y del sistema de refrigeración en consecuencia.

- En la etapa 2301, cuando I_1 no es mayor que $I_{\text{mín-22}}$, el SM 32 puede avanzar a la etapa 2307 y determinar si I_2 es mayor que $I_{\text{mín-22}}$. Cuando I_2 es mayor que $I_{\text{mín-22}}$, el SM 32 puede avanzar a la etapa 2308 para iniciar el contador T_m . El SM 32 puede avanzar a la etapa 2309 para determinar si I_1 e I_3 son mayores que $I_{\text{mín-22}}$. En la etapa 2309, cuando
- 5 I_1 e I_3 son mayores que $I_{\text{mín-22}}$, el SM 32 puede determinar que no existe una condición de corriente de retardo, y terminar la ejecución del algoritmo en la etapa 2304. En la etapa 2309, cuando I_1 y I_3 no son mayores que $I_{\text{mín-22}}$, el SM 32 puede avanzar a la etapa 2310 y determinar si T_m es mayor que $T_{m\text{Thr-22}}$. En la etapa 2310, cuando T_m no es mayor que $T_{m\text{Thr-22}}$, el SM 32 puede volver de nuevo a la etapa 2309 para comparar I_1 y I_3 con $I_{\text{mín-22}}$. En la etapa 2310, cuando T_m es mayor que $T_{m\text{Thr-22}}$, el período de tiempo ha expirado y existe una condición de corriente de retardo. El
- 10 SM 32 puede avanzar a la etapa 2306 para establecer el indicador de corriente de retardo. El SM 32 puede terminar la ejecución del algoritmo 2300 en la etapa 2304. Como se ha observado anteriormente, el indicador de corriente de retardo puede comunicarse a, o detectarse por, el CM 30 y/o el controlador de sistema 34, que puede ajustar el funcionamiento del compresor y del sistema de refrigeración en consecuencia.
- 15 En la etapa 2307, cuando I_2 no es mayor que $I_{\text{mín-22}}$, el SM 32 puede avanzar a la etapa 2311 y determinar si I_3 es mayor que $I_{\text{mín-22}}$. Cuando I_3 no es mayor que $I_{\text{mín-22}}$, el SM 32 puede volver de nuevo a la etapa 2301. Cuando I_3 es mayor que $I_{\text{mín-22}}$, el SM 32 puede avanzar a la etapa 2312 para iniciar el contador T_m . El SM 32 puede avanzar a la etapa 2313 para determinar si I_1 e I_2 son mayores que $I_{\text{mín-22}}$. En la etapa 2313, cuando I_1 e I_2 son mayores que $I_{\text{mín-22}}$, el SM 32 puede determinar que no existe una condición de corriente de retardo, y terminar la ejecución del algoritmo
- 20 en la etapa 2304. En la etapa 2313, cuando I_1 y I_2 no son mayores que $I_{\text{mín-22}}$, el SM 32 puede avanzar a la etapa 2314 y determinar si T_m es mayor que $T_{m\text{Thr-22}}$. En la etapa 2314, cuando T_m no es mayor que $T_{m\text{Thr-22}}$, el SM 32 puede volver de nuevo a la etapa 2313 para comparar I_1 e I_2 con $I_{\text{mín-22}}$. En la etapa 2314, cuando T_m es mayor que $T_{m\text{Thr-22}}$, el período de tiempo ha expirado y existe una condición de corriente de retardo. El SM 32 puede avanzar a la etapa 2306 para establecer el indicador de corriente de retardo. El SM 32 puede terminar la ejecución del algoritmo 2300 en
- 25 la etapa 2304. Como se ha observado anteriormente, el indicador de corriente de retardo puede comunicarse a, o detectarse por, el CM 30 y/o el controlador de sistema 34, que puede ajustar el funcionamiento del compresor y del sistema de refrigeración en consecuencia.
- 30 Con respecto a cada uno de los algoritmos de diagnóstico descritos anteriormente haciendo referencia a las figuras 14 a 23, el SM 32 puede ejecutar selectivamente los algoritmos de diagnóstico de acuerdo a como sea necesario y a cuando estén disponibles los datos para los algoritmos de diagnóstico. Cuando un enlace de comunicaciones no está disponible, o cuando los datos de un sensor conectado no están disponibles, debido al mal funcionamiento o de otro modo, el SM 32 puede deshabilitar las partes de los algoritmos de diagnóstico que requieren el enlace o comunicación de datos que faltan. De esta manera, el SM 32 puede ejecutar las partes de los algoritmos de diagnóstico que son
- 35 ejecutables, basándose en el enlace(s) de datos y de comunicaciones disponible para el SM 32.
- De esta manera, el SM 32 puede monitorizar las mediciones de corriente y tensión eléctricas, realizar cálculos de datos basándose en las mediciones de corriente y tensión eléctricas, y ejecutar los algoritmos de diagnóstico basándose en las mediciones y basándose en los cálculos. El SM 32 puede comunicar las mediciones, los cálculos, y
- 40 los resultados de los algoritmos de diagnóstico al CM 30 o al controlador de sistema 34. Por lo tanto, el SM 32 puede ser capaz de proporcionar mediciones y cálculos de alimentaciones eléctricas eficientes y precisas para que se usen por otros módulos y por los usuarios para evaluar las condiciones de funcionamiento, el consumo de energía y la eficiencia.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema que comprende:

5 un compresor (12) que comprende un motor eléctrico configurado para conectarse a una fuente de alimentación (50);
un módulo de sensor (32) que comprende:

10 una entrada configurada para recibir mediciones de corriente generadas por un sensor de corriente (57, 60) en función de una corriente de la fuente de alimentación (50); y
un procesador (100) que se conecta a la entrada,
caracterizado porque:

15 con el procesador configurado para determinar una corriente continua máxima para el motor eléctrico establecida en función de un tipo de refrigerante usado por el compresor, comparar selectivamente las mediciones de corriente con un valor igual a la corriente continua máxima multiplicado por un valor predeterminado, y generar una señal cuando las mediciones de corriente son mayores que el valor para un periodo predeterminado; y
20 al menos uno de un módulo de control (30) y un controlador del sistema (34) configurado para ajustar selectivamente al menos uno del funcionamiento del compresor (12) y del sistema de refrigeración en función de la generación de la señal.

2. El sistema de la reivindicación 1 en donde el procesador (100) se configura para determinar si comparar las mediciones de corriente con el valor en respuesta a una determinación de que un periodo en el que el compresor (12) ha estado en un estado de ejecución es mayor que un periodo predeterminado.

3. El sistema de la reivindicación 2 en donde el procesador (100) se configura para deshabilitar la comparación en respuesta a la determinación de que el periodo es menor que el periodo predeterminado.

30 4. El sistema de la reivindicación 1 en donde el procesador (100) se configura para: deshabilitar la comparación de las mediciones de corriente con el valor cuando el compresor (12) no está en el estado de ejecución; deshabilitar la comparación de las mediciones de corriente con el valor cuando un periodo de operación del compresor (12) en el estado de ejecución es menor que un periodo predeterminado; y comparar las mediciones de corriente con el valor cuando el periodo de funcionamiento del compresor (12) en el estado de ejecución es mayor que el periodo predeterminado.

5. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la corriente continua máxima para el motor eléctrico se establece durante la fabricación de compresor (12) y se almacena en la memoria (102, 104).

40 6. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la corriente continua máxima para el motor eléctrico se puede configurar por el usuario y se almacena en la memoria (102, 104).

7. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el valor predeterminado es igual a 1,1.

45 8. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además: una caja eléctrica (130) que se configura para alojar terminales eléctricos para conectar la fuente de alimentación con el motor eléctrico, en donde el módulo de sensor se dispone dentro de la caja eléctrica (130).

50 9. Un método realizado por un sistema que comprende un módulo de sensor (32) para un compresor (12) que tiene un motor eléctrico conectado a una fuente de alimentación (50), comprendiendo el método:

recibir, por el módulo de sensor (32), las mediciones de corriente generadas por un sensor de corriente (57, 60) en función de una corriente de la fuente de alimentación (50);

caracterizado por:

55 determinar, por el módulo de sensor (32), una corriente continua máxima para el motor eléctrico establecida en función de un tipo de refrigerante usado por el compresor (12);
comparar selectivamente, por el módulo de sensor (32), las mediciones de corriente con un valor igual a la corriente continua máxima multiplicada por un valor predeterminado;
60 generar una señal cuando las mediciones de corriente son mayores que el valor para un periodo predeterminado; y
usando al menos uno de un módulo de control (30) y un controlador del sistema (34), ajustar selectivamente al menos uno del funcionamiento del compresor (12) y del sistema de refrigeración en función de la generación de la señal.

65 10. El método de la reivindicación 9 que comprende además determinar si comparar las mediciones de corriente con

el valor en respuesta a una determinación de que un periodo en que el compresor (12) ha estado en el estado de ejecución es mayor que un periodo predeterminado.

5 11. El método de la reivindicación 10 que comprende además deshabilitar la comparación en respuesta a una determinación de que el periodo es menor que el periodo predeterminado.

10 12. El método de la reivindicación 9 que comprende además: deshabilitar la comparación de las mediciones de corriente con el valor cuando el compresor (12) no está en el estado de ejecución; deshabilitar la comparación de las mediciones de corriente con el valor cuando un periodo de funcionamiento del compresor (12) en el estado de ejecución es menor que un periodo predeterminado; y comparar las mediciones de corriente con el valor cuando el periodo de funcionamiento del compresor (12) en el estado de ejecución es mayor que el periodo predeterminado.

15 13. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12 que comprende además establecer la corriente continua máxima para el motor eléctrico durante la fabricación del compresor (12) y almacenar el valor en la memoria (102, 104).

14. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13 que comprende además establecer la corriente continua máxima para el motor eléctrico en función de la entrada de usuario y almacenar el valor en la memoria (102, 104).

20 15. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14 en donde el valor predeterminado es igual a 1,1.

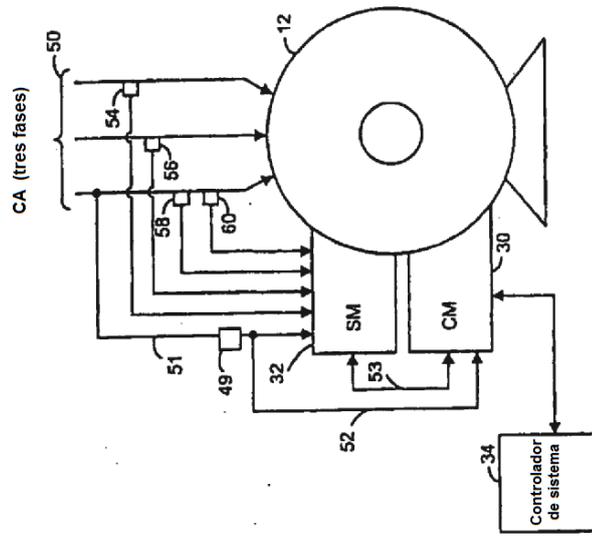


FIG 2

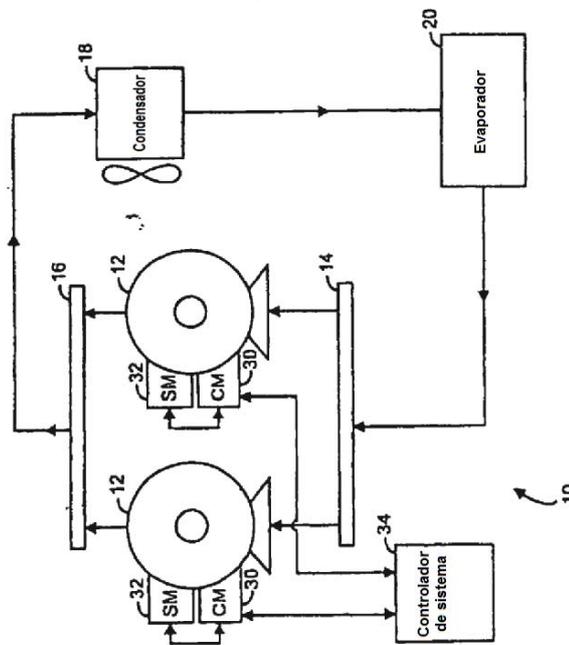


FIG 1

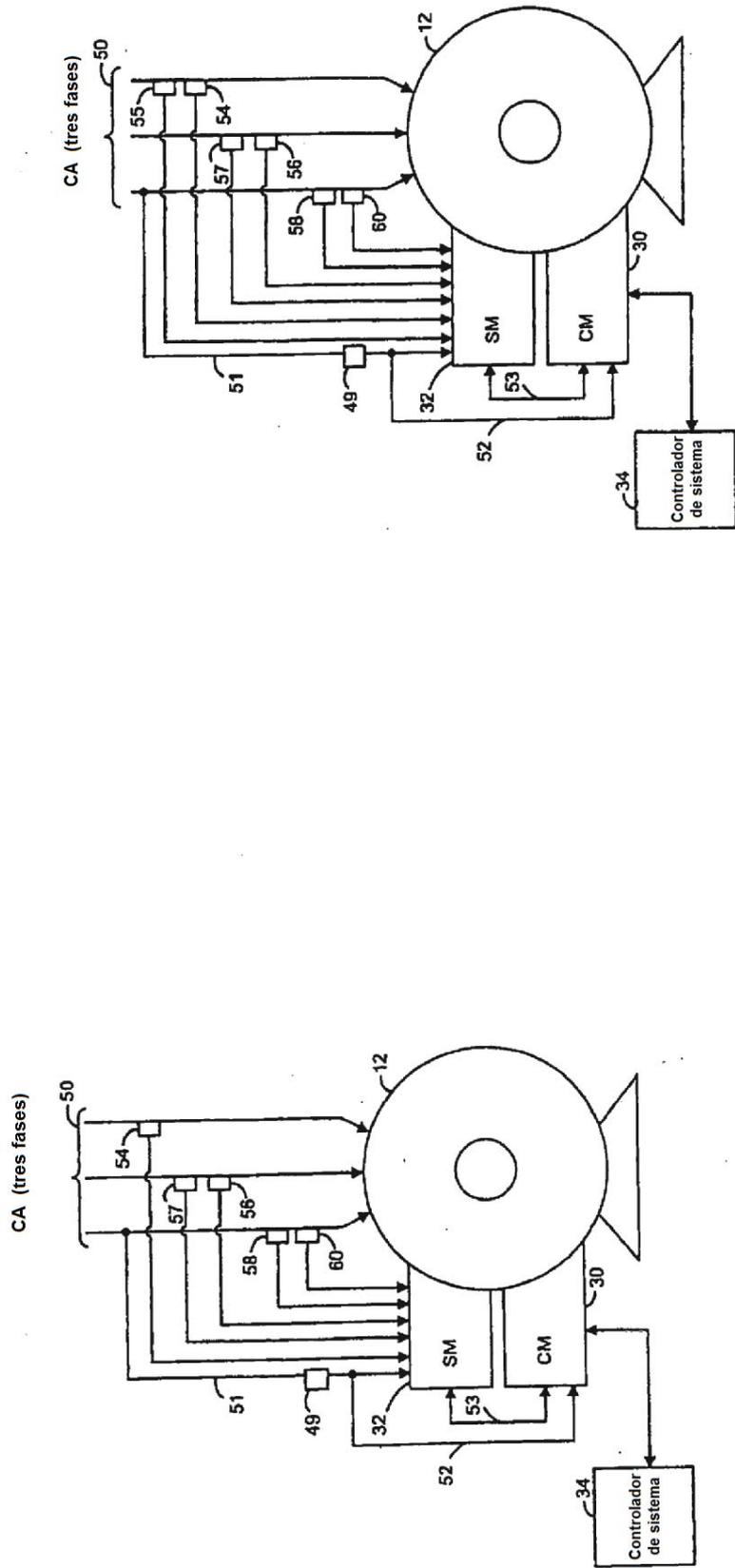


FIG 4

FIG 3

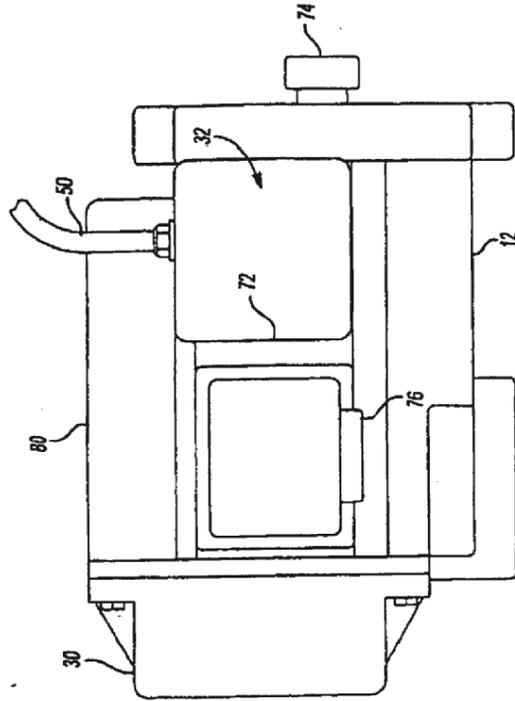


FIG 6

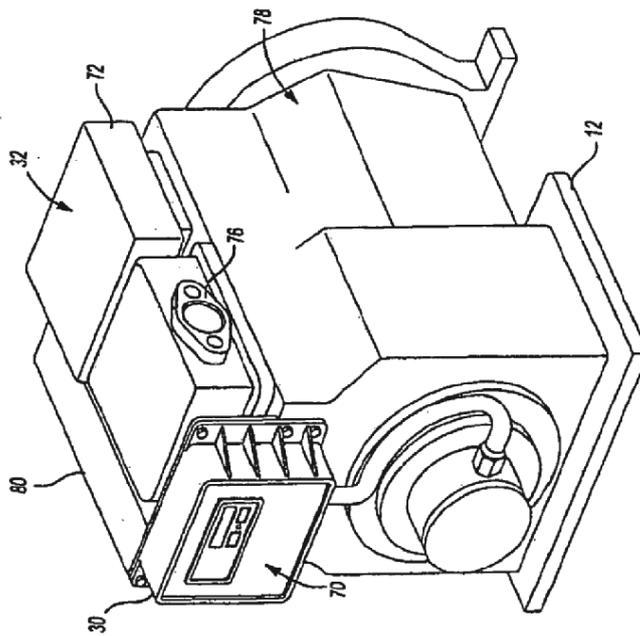


FIG 5

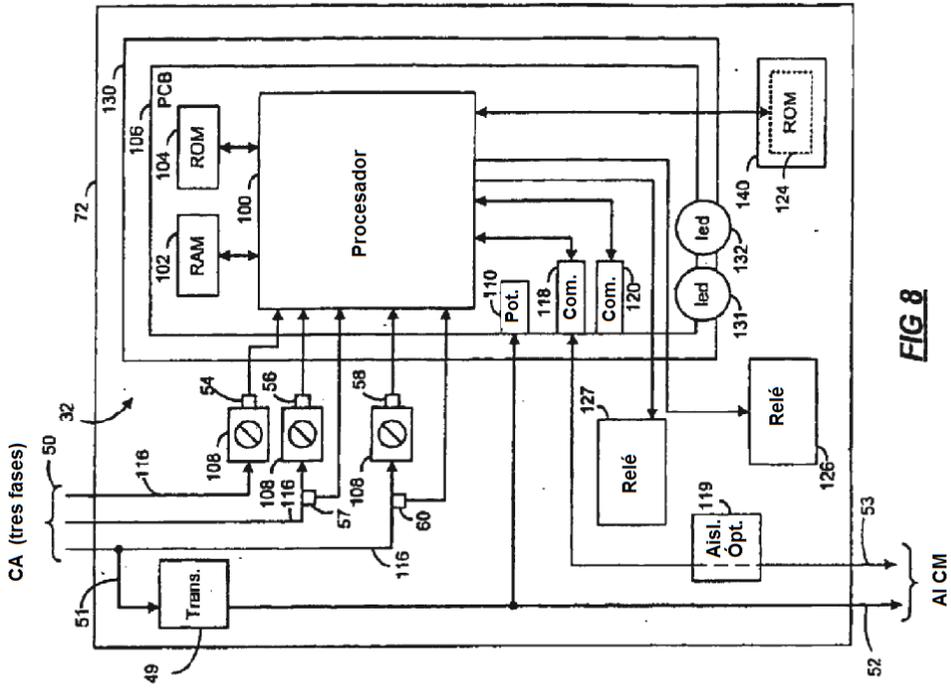


FIG 8

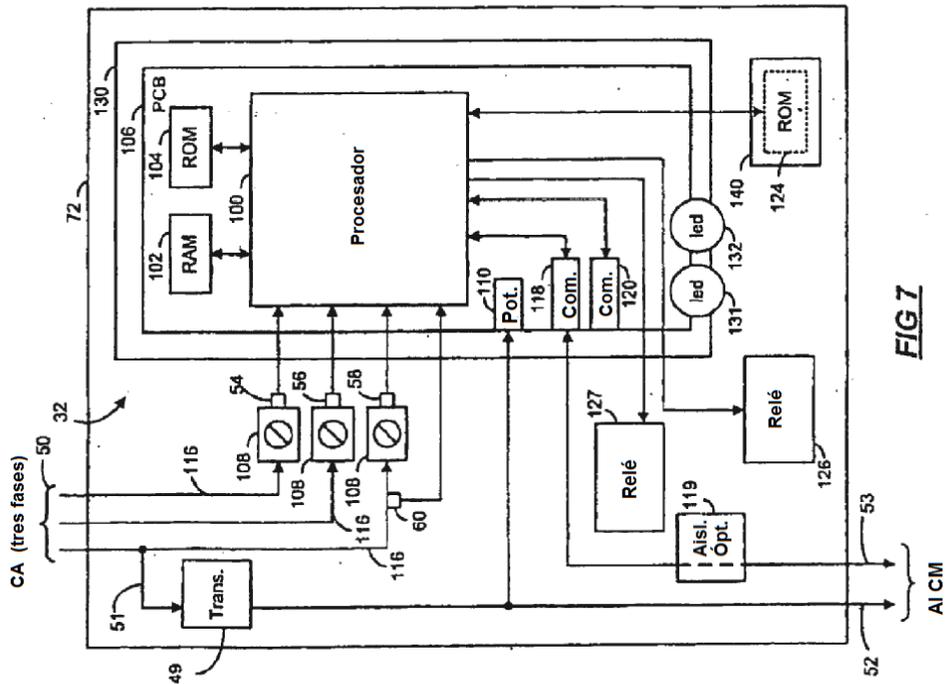


FIG 7

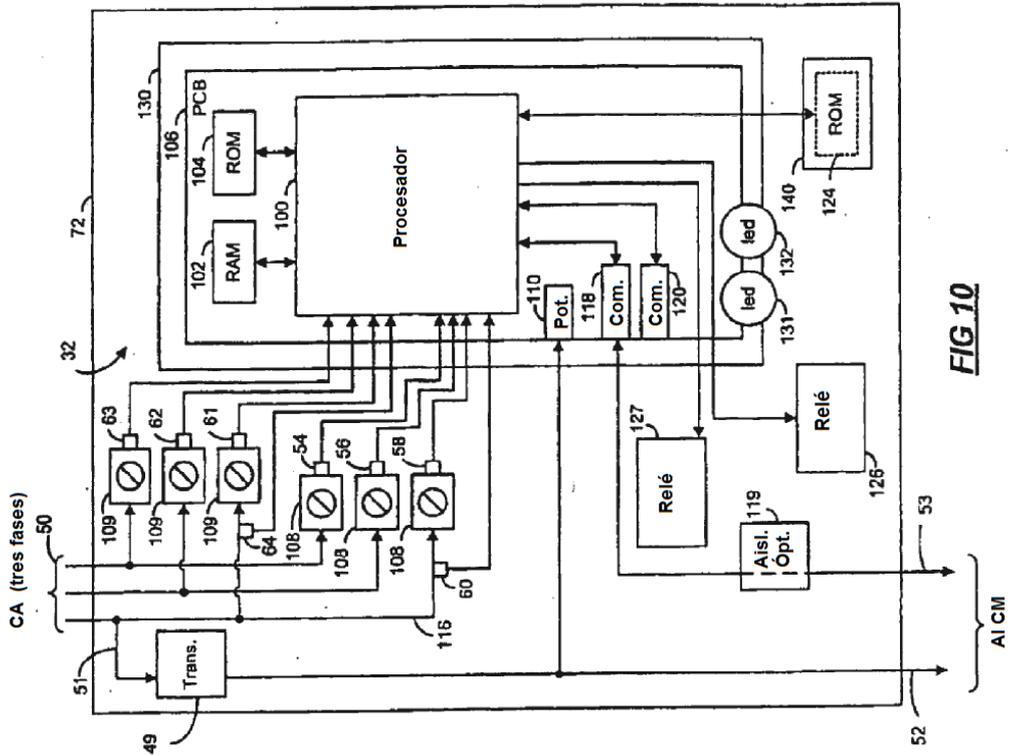


FIG 10

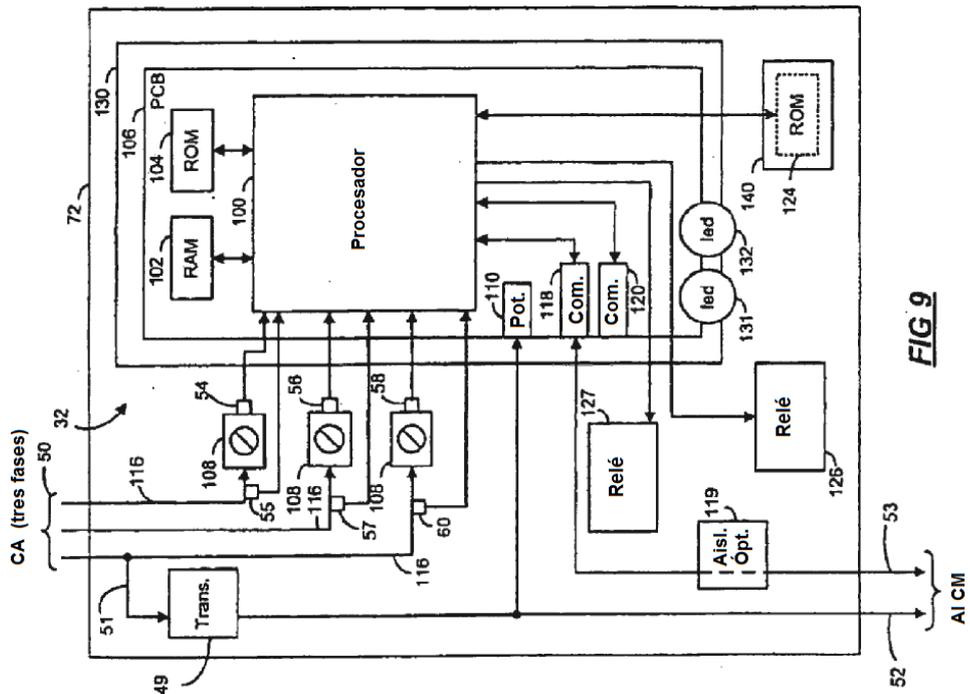
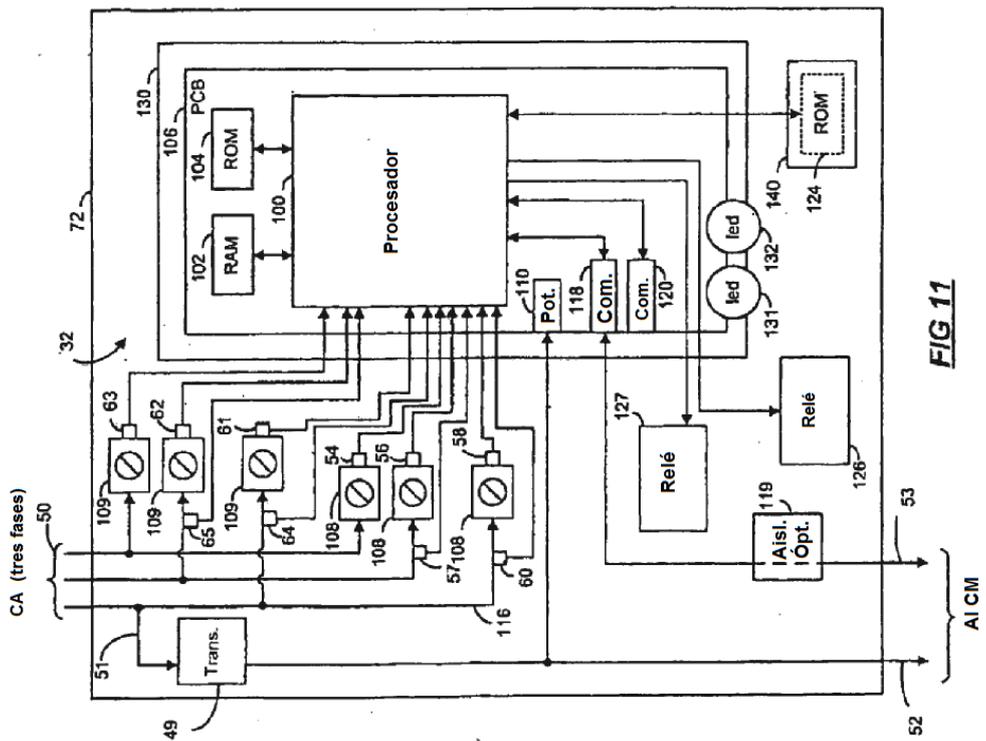
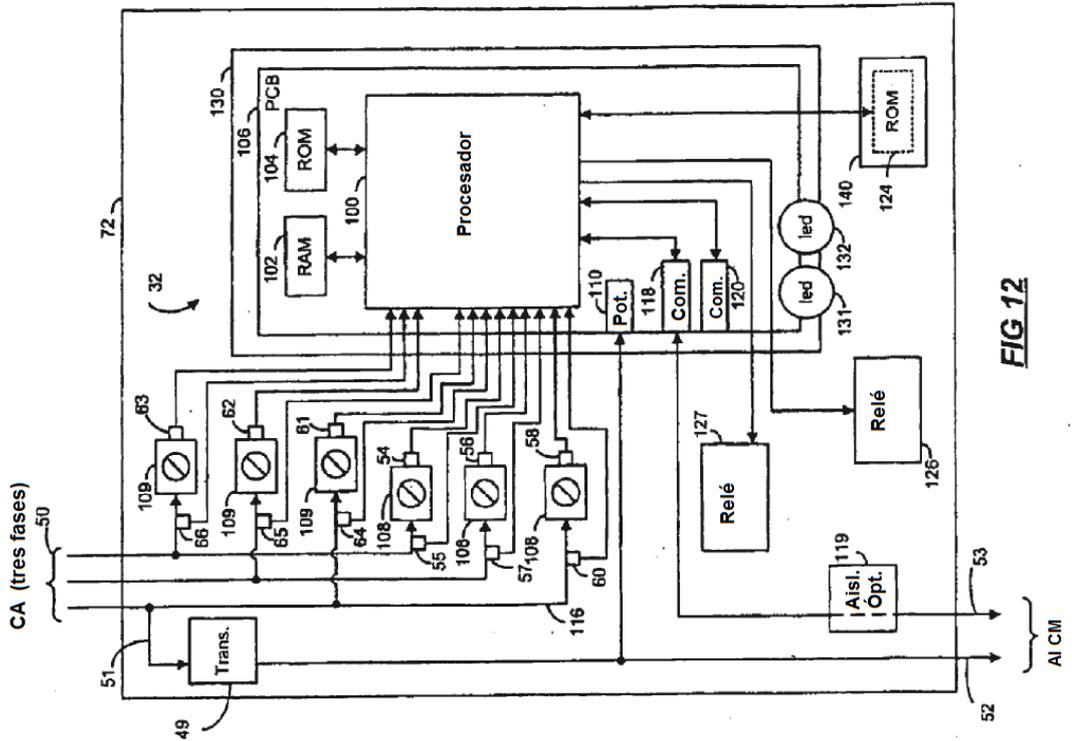


FIG 9



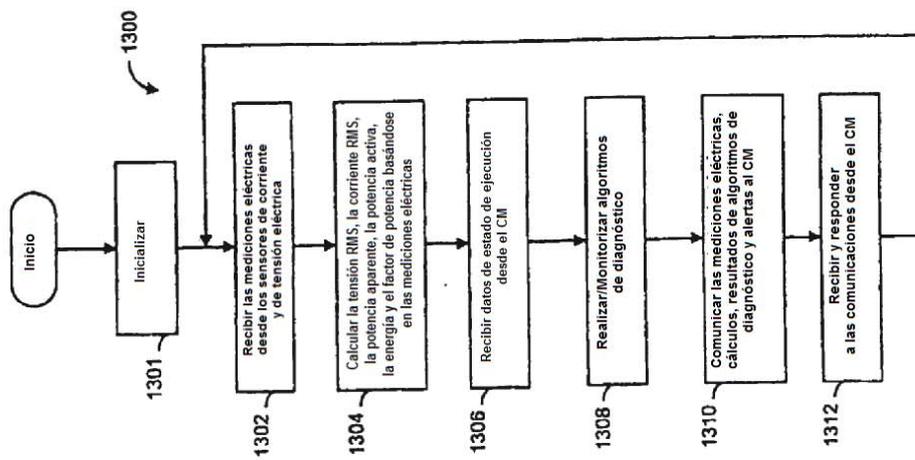


FIG 13

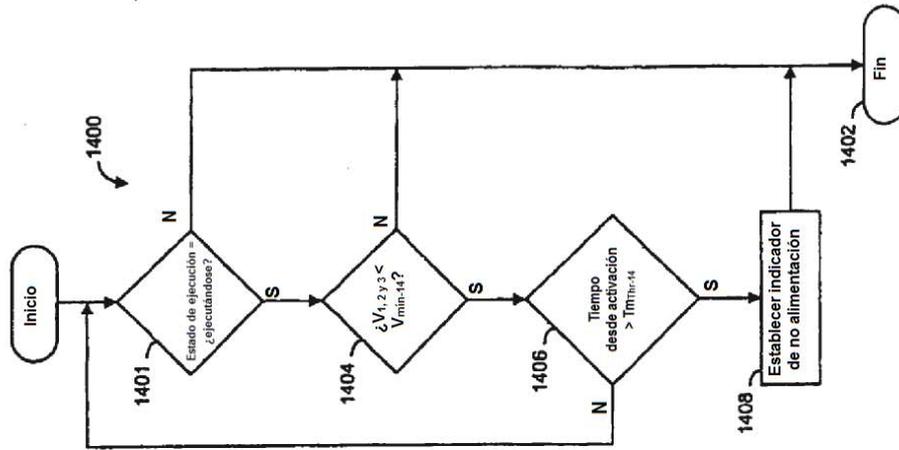


FIG 14

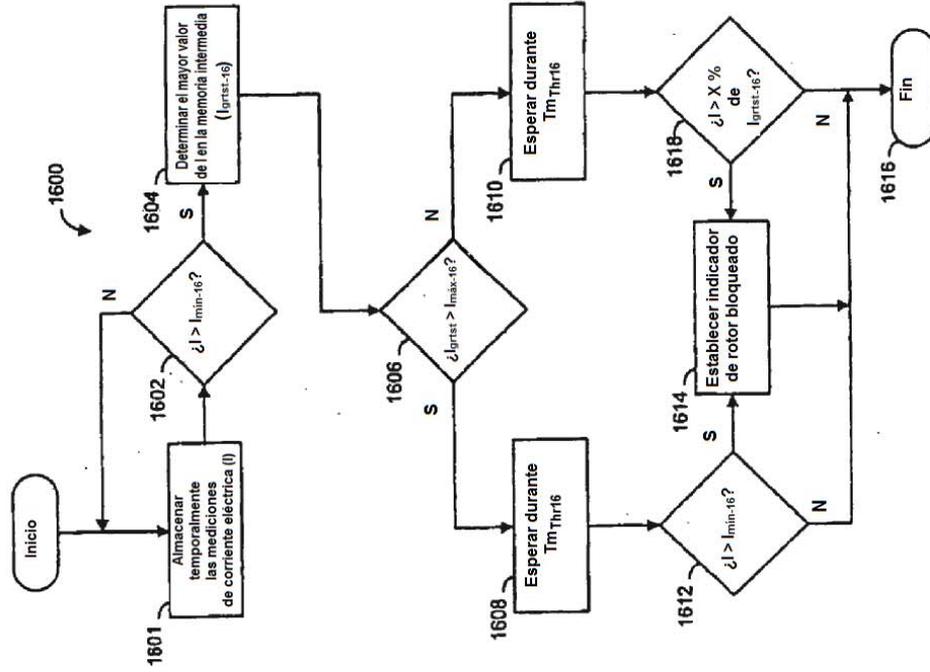


FIG 16

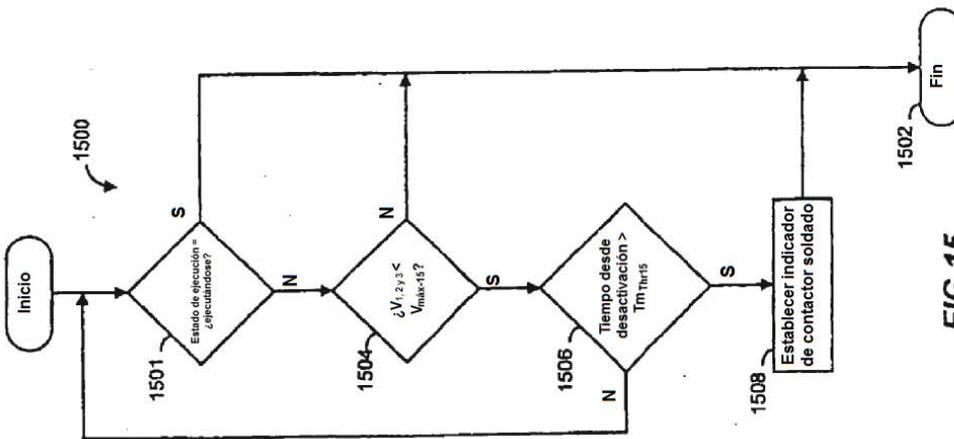


FIG 15

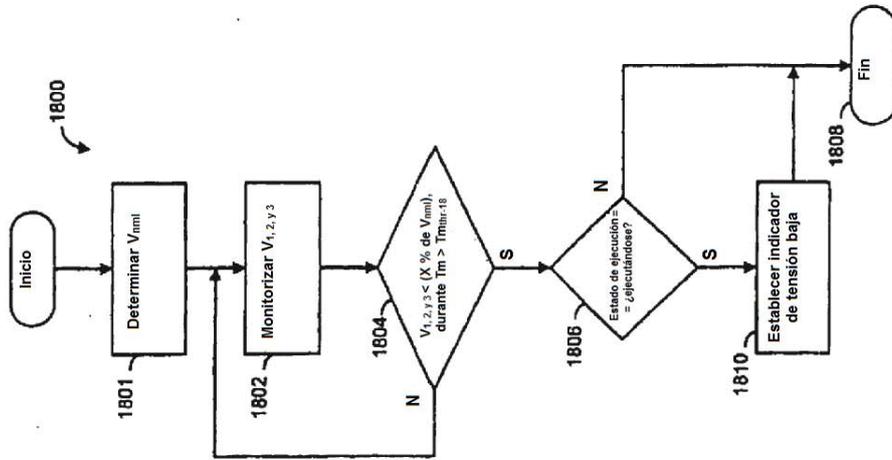


FIG 18

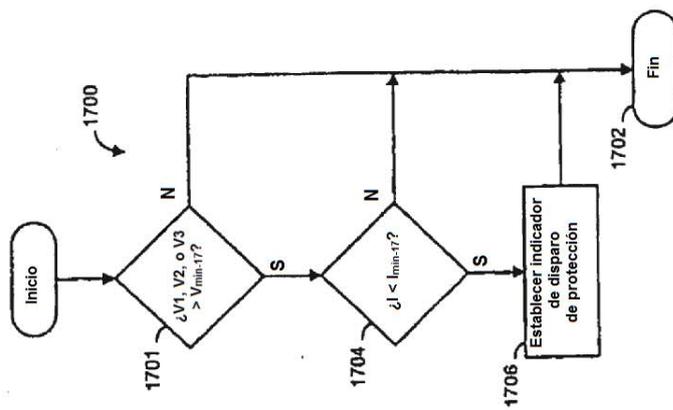


FIG 17

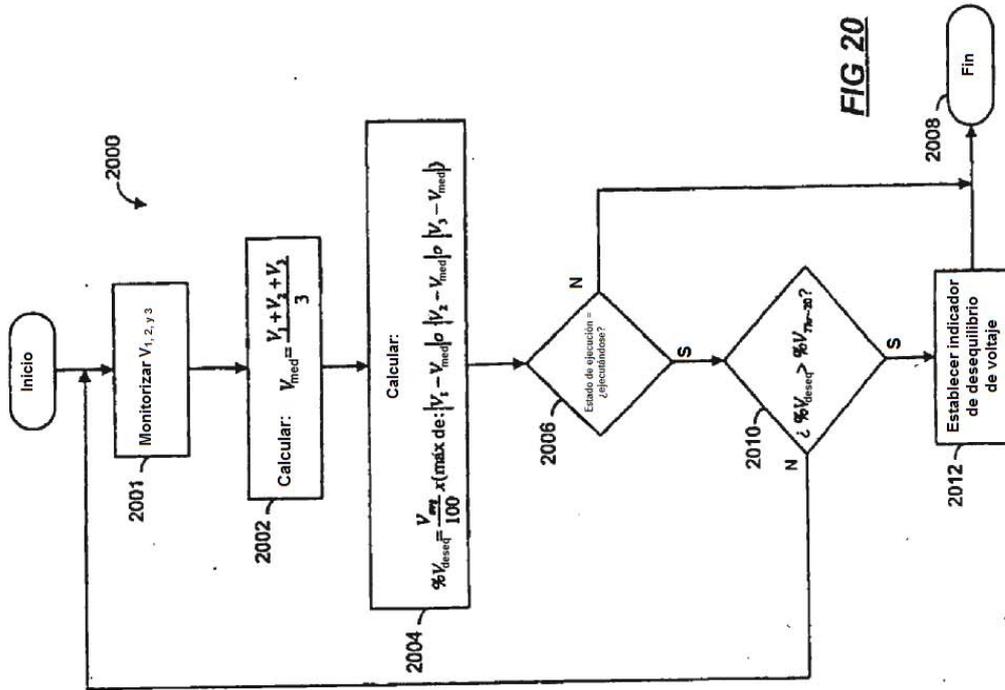


FIG 20

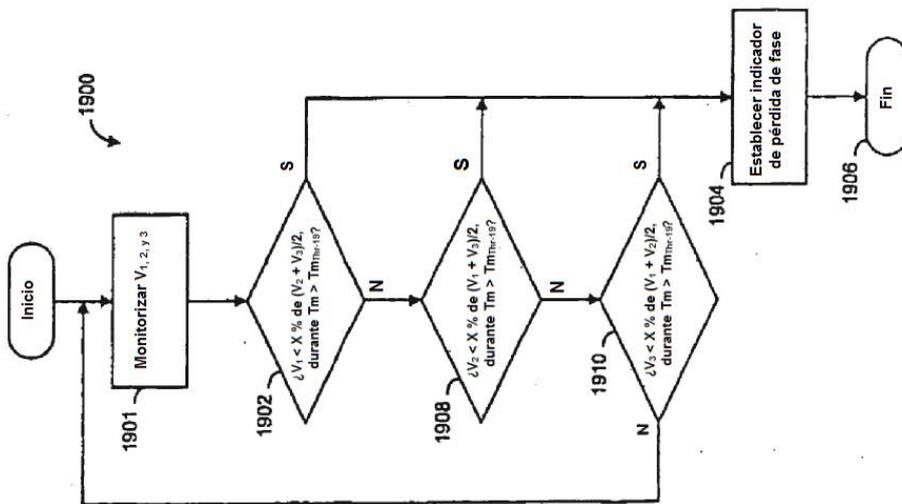


FIG 19

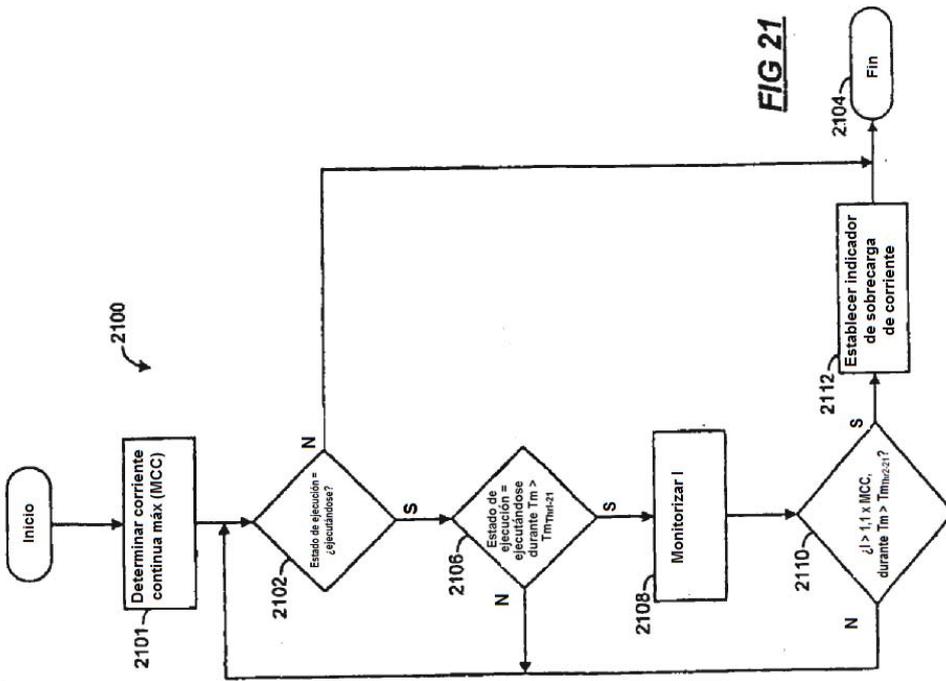


FIG 21

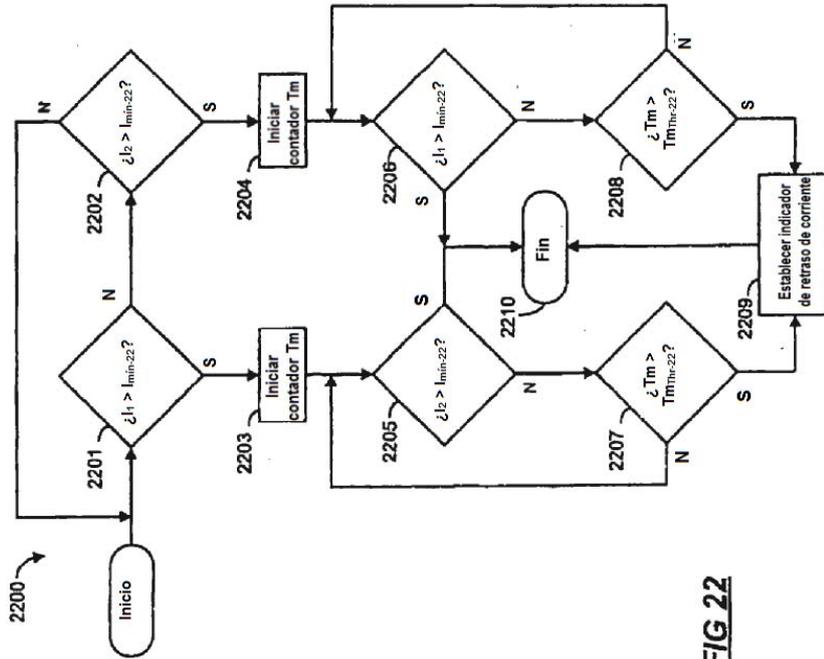


FIG 22

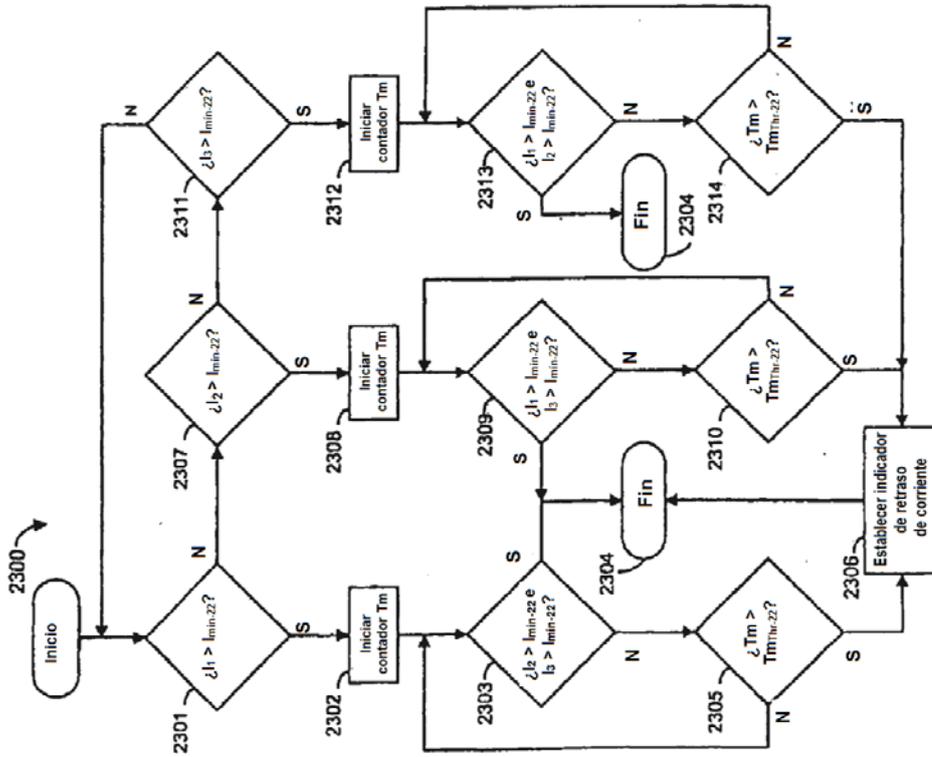


FIG 23