

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 518 965**

51 Int. Cl.:

**H02K 23/66**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.12.2004** **E 04815853 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.07.2014** **EP 1700067**

54 Título: **Sistema de protección y diagnóstico de compresor**

30 Prioridad:

**30.12.2003 US 533236 P**

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

**06.11.2014**

73 Titular/es:

**EMERSON CLIMATE TECHNOLOGIES, INC.**  
**(100.0%)**

**1675 W. CAMPBELL ROAD**  
**SIDNEY, OH 45365-0669, US**

72 Inventor/es:

**JAYANTH, NAGARAJ**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

**ES 2 518 965 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

Sistema de protección y diagnóstico de compresor

5 Las presentes enseñanzas se refieren a compresores y, más en particular, a un sistema de diagnóstico mejorado para su uso con un compresor.

Los compresores se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones industriales y residenciales. Más en particular, los compresores se usan a menudo para hacer circular refrigerante dentro de un sistema de refrigeración o bomba  
10 de calor para proporcionar un efecto deseado de calentamiento o refrigeración. Además, los compresores se usan también para inflar o impartir de otro modo una fuerza fluida en un objeto externo tal como un neumático, un sistema de aspersores o una herramienta neumática. En cualquiera de las aplicaciones anteriores, es deseable que un compresor proporcione un funcionamiento consistente y eficaz para asegurar que la aplicación en particular (es decir, el sistema de refrigeración o la herramienta neumática) funcione apropiadamente. Para este fin, avisar cuando  
15 un compresor ha fallado o necesita reparación ayuda a evitar daños innecesarios en el compresor y averías en el sistema.

Los compresores están previstos para funcionar sin problemas durante toda la vida del compresor y proporcionar un suministro consistente de fluido comprimido. Si bien los compresores son cada vez más fiables, la supervisión del  
20 funcionamiento del compresor permite interrumpir su funcionamiento en caso de que se produzca un error o un fallo. Probablemente, la interrupción del uso del compresor de espirales en condiciones desfavorables puede prevenir daños en el compresor.

Los fallos que hacen que un compresor se apague pueden ser de naturaleza eléctrica o mecánica. Los fallos  
25 eléctricos generalmente tienen un efecto directo en el motor eléctrico en el compresor, y pueden destruir el motor eléctrico o sus componentes asociados. Los fallos mecánicos pueden incluir cojinetes defectuosos o partes rotas, y normalmente elevan la temperatura interna de los componentes respectivos a niveles muy altos que, a veces, provocan fallos de funcionamiento y daños en el compresor. Además de fallos mecánicos y eléctricos, pueden producirse fallos del "sistema", como los que proceden de un nivel adverso de refrigerante o lubricante o de una  
30 condición de flujo bloqueado. Dichos fallos de sistema pueden elevar la presión o la temperatura interna del compresor a niveles altos, que pueden dañar el compresor.

El documento US5615071 da a conocer un protector térmico para un compresor hermético accionado  
35 eléctricamente. El conjunto de sensores es un conmutador térmico capaz de interrumpir el suministro de energía al motor eléctrico del compresor y de este modo no está operativo para supervisar las condiciones de funcionamiento del compresor.

El documento US5200872 da a conocer un circuito de protección para un compresor hermético. Un sensor de  
40 temperatura que detecta la temperatura de un elemento de espiral estático es capaz de hacer que los contactos del conmutador de línea del motor eléctrico se abran.

La invención está definida en las reivindicaciones.

Un conjunto de compresor generalmente incluye una cubierta, un compresor alojado dentro de la cubierta y un motor  
45 conectado con accionamiento al compresor. Se proporciona un conjunto de sensores para supervisar los parámetros de funcionamiento del conjunto de compresor, que incluyen la temperatura de un conductor eléctrico que suministra corriente al motor. Preferentemente, los circuitos de procesamiento en comunicación con el conjunto de sensores procesan los parámetros operativos del compresor. Preferentemente, un conjunto de terminales está asegurado herméticamente a la cubierta y se encuentra en comunicación con el conjunto de sensores, mientras que un  
50 conector está unido al conjunto de terminales fuera de la cubierta y sirve para conectar operativamente los circuitos de procesamiento con el conjunto de sensores.

Las presentes enseñanzas se comprenderán de forma más completa a partir de la descripción detallada y de los  
55 dibujos adjuntos, en los que:

La FIG. 1 es una vista en perspectiva de un compresor que incorpora un primer sistema de protección de acuerdo con las enseñanzas;

La FIG. 2 es una vista en sección transversal del compresor de la FIG. 1;

- La FIG. 3 es una vista en sección transversal más detallada del sistema de protección de la FIG. 2;
- La FIG. 4 es una vista en perspectiva del sistema de protección de la FIG. 2;
- 5 La FIG. 5 es una representación esquemática del sistema de protección de la FIG. 2;
- La FIG. 6 es una representación esquemática alternativa del sistema de protección de la FIG. 2;
- 10 La FIG. 7 es una vista en perspectiva de un compresor que incorpora un segundo sistema de protección de acuerdo con las enseñanzas;
- La FIG. 8 es una vista en sección transversal del compresor de la FIG. 7;
- 15 La FIG. 9 es una vista en sección transversal más detallada del sistema de protección de la FIG. 7;
- La FIG. 10 es una vista en perspectiva del sistema de protección de la FIG. 7;
- La FIG. 11 es una representación esquemática del sistema de protección de la FIG. 7;
- 20 La FIG. 12 es una vista en perspectiva de un compresor que incorpora un tercer sistema de protección de acuerdo con las enseñanzas;
- La FIG. 13 es una vista en perspectiva de una caja de conectores del sistema de protección de la FIG. 12;
- 25 La FIG. 14 es una vista en perspectiva de la caja de conectores de la FIG. 13 incorporada en un conjunto de sensores de corriente;
- La FIG. 15 es una vista frontal de la caja de conectores y el conjunto de sensores de corriente de la FIG. 14
- 30 incorporados en un alojamiento;
- La FIG. 16 es una vista frontal de la caja de conectores y el conjunto de sensores de corriente de la FIG. 14 incorporados en un alojamiento y montados en el compresor de la FIG. 12;
- 35 La FIG. 17 es un organigrama que ilustra el funcionamiento de un compresor de acuerdo con las enseñanzas;
- La FIG. 18 es un organigrama que ilustra el funcionamiento de un compresor entre una condición de marcha y una condición de apagado de acuerdo con las enseñanzas;
- 40 La FIG. 19 es una vista en perspectiva de un compresor que incorpora un cuarto sistema de protección de acuerdo con las enseñanzas;
- La FIG. 20 es una vista en sección transversal del compresor de la FIG. 19;
- 45 La FIG. 21 es una vista en perspectiva del sistema de protección de la FIG. 19;
- La FIG. 22 es una vista en perspectiva del sistema de protección de la FIG. 20 que muestra una configuración de detección de corriente; y
- 50 La FIG. 23 es una representación esquemática de una red de compresores de acuerdo con las enseñanzas.
- La siguiente descripción es de naturaleza meramente ilustrativa y en ningún modo pretende limitar las enseñanzas, su aplicación o sus usos.
- 55 Haciendo referencia a las figuras, se proporciona un compresor de espirales (10) e incluye un sistema de control y protección (12) del compresor. El sistema de control y protección (12) puede accionarse para apagar selectivamente el compresor (10) en respuesta a parámetros de compresor detectados en un esfuerzo por proteger el compresor (10) y evitar el funcionamiento del mismo cuando las condiciones son desfavorables. Aunque en la presente memoria descriptiva se describirá un compresor de espirales (10), debe entenderse que podría usarse cualquier

compresor con el sistema de control y protección (12) de la presente invención.

Haciendo referencia, en particular, a las FIG. 1 y 2, se muestra que el compresor (10) incluye una cubierta (14) hermética generalmente cilíndrica que tiene una tapa (16) soldada en una parte superior y una base (18) que tiene una pluralidad de patas (20) soldadas en una parte inferior. La tapa (16) y la base (18) están ajustadas a la cubierta (14) de tal manera que se define un volumen interior (22) del compresor (10). La tapa (16) está provista con una toma de descarga (24), mientras que la cubierta (14) está similarmente provista de una toma de entrada (26), dispuesta generalmente entre la tapa (16) y la base (14), como se muestra mejor en las FIG. 2 y 8. Además, un armario eléctrico (28) está acoplado de forma fija a la cubierta (14) generalmente entre la tapa (16) y la base (18) y soporta funcionalmente una parte del sistema de protección (12) en el mismo, tal como se expondrá en mayor detalle más adelante.

Un cigüeñal (30) se acciona de forma giratoria por medio de un motor eléctrico (32) con respecto a la cubierta (14). El motor (32) incluye un estator (34) soportado de forma fija por la cubierta hermética (14), bobinados (36) que pasan a través de dicho estator (34), y un rotor (38) acoplado a presión en el cigüeñal (30). El motor (32) y el estator asociado (34), los bobinados (36) y el rotor (38) pueden accionarse para mover el cigüeñal (30) con respecto a la cubierta (14) y de ese modo comprimir un fluido.

El compresor (10) incluye además un miembro de espiral orbitante (40) que tiene un arrollamiento o álabe espiral (42) en la superficie superior del mismo para su utilización en la recepción y compresión de un fluido. Se coloca un acoplamiento Oldham (44) entre el miembro de espiral orbitante (40) y un asiento de cojinete (46) y está conectado con un miembro de espiral orbitante (40) y a un miembro de espiral no orbitante (48). El acoplamiento Oldham (44) puede accionarse para transmitir fuerzas de rotación desde el cigüeñal (30) al miembro de espiral orbitante (40) y de ese modo comprimir un fluido dispuesto entre el miembro de espiral orbitante (40) y el miembro de espiral no orbitante (48). El acoplamiento Oldham (44) y su interacción con el miembro de espiral orbitante (40) y el miembro de espiral no orbitante (48) es preferentemente del tipo desvelado en la patente de EE.UU. de propiedad común del cesionario US5320506.

El miembro de espiral no orbitante (48) también incluye un arrollamiento (50) colocado en un acoplamiento de malla (52) con el arrollamiento (42) del miembro de espiral orbitante (40). El miembro de espiral no orbitante (48) tiene un paso de descarga de disposición central (52) que se comunica con un rebaje abierto hacia arriba (54). El rebaje (54) está en comunicación fluida con la toma de descarga (24) definido por la tapa (16) y el tabique (56), de tal manera que el fluido comprimido sale de la cubierta (14) a través del paso (52), el rebaje (54) y la toma (24). El miembro de espiral no orbitante (48) está diseñado para ser montado en el asiento de cojinete (46) de una manera adecuada tal como se desvela en la patente de EE.UU. US4877382 o la patente de EE.UU. US5102316.

Ahora, en referencia a la FIG. 2, el armario eléctrico (28) incluye un alojamiento inferior (58), un alojamiento superior (60) y una cavidad (62). El alojamiento inferior (58) está montado en la cubierta (14) utilizando una pluralidad de espárragos (64) que están soldados o sujetos por otros medios de forma fija a la cubierta (14). El alojamiento superior (60) es recibido de forma correspondiente por el alojamiento inferior (58) y define la cavidad (62) entre ellos. La cavidad (62) puede accionarse para alojar los componentes respectivos del sistema de control y protección de compresor (12), tal como se expondrá adicionalmente más adelante.

Con referencia en particular a las FIG. 1 a 6, se muestra el sistema de control y protección de compresor (12) que incluye un sistema de sensores (66), circuitos de procesamiento (68) y un sistema de interrupción de energía (70). El sistema de sensores (66), los circuitos de procesamiento (68) y el sistema de interrupción de energía (70) cooperan para detectar y corregir condiciones de fallo en un esfuerzo por evitar daños en el compresor (10) y alertar a un usuario de la condición de fallo (por ejemplo, a través de dispositivos de emisión de luz (LED) y similares). El sistema de control y protección de compresor (12) detecta y responde ante retardo de bobinado de marcha, sobrecarga del motor, fase ausente, fase invertida, desequilibrio de corriente de bobinado del motor, circuito abierto, baja tensión, corrientes de rotor bloqueado, temperatura de bobinado del motor excesiva, condiciones de alta temperatura de descarga, baja presión de aceite, falta de alimentación trifásica, termistores abiertos, contactores soldados o abiertos y ciclo corto. Por ejemplo, un sistema de control y protección de compresor (12) para un compresor de tipo y tamaño determinados puede ser tal como se resume en la Tabla 1, si bien otros tipos y tamaños de compresor pueden tener umbrales, parámetros, indicadores y límites diferentes.

Tabla 1

ALARMA	SUCESO	ACCIÓN	LED	BLOQUEO	REINICIO
Retardo de bobinado de marcha	Retardo excesivo en energizar un bobinado tras energizar un primer bobinado	Desconectar (abrir relé de contactor), esperar 5 minutos, después cerrar relé de contactor	Destellos en rojo una vez entre pausas	10 desconexiones consecutivas	Funcionamiento de bobinado de marcha normal O apagar y encender
Fase ausente	Una fase está ausente	Desconectar (abrir relé de contactor), esperar 5 minutos, después cerrar relé de contactor	Destellos en rojo dos veces entre pausas	10 desconexiones consecutivas	Las tres fases presentes O apagar y encender
Fase invertida	Los cables de alimentación trifásica están conectados de forma incorrecta, lo que hace que el motor funcione en sentido inverso	Desconectar (abrir relé de contactor), esperar 5 minutos, después cerrar relé de contactor	Destellos en rojo tres veces entre pausas	4 desconexiones consecutivas	Orientación de fase correcta O apagar y encender
Contactador soldado	El contactor está proporcionando alimentación trifásica al compresor cuando el contactor debería estar abierto	Ninguna	Destellos en rojo cuatro veces entre pausas	Ninguno	N/D
Baja tensión	La tensión de alimentación a AMP está por debajo del umbral de alarma	Desconectar (abrir relé de contactor), esperar 5 minutos	Destellos en rojo cinco veces entre pausas	Ninguno	La tensión de alimentación permanece en el intervalo "normal"
Ausencia de alimentación trifásica	No se detecta corriente en los terminales del compresor cuando existe demanda	Ninguna	Destellos en rojo cinco veces entre pausas	Ninguno	Se detecta corriente trifásica cuando existe demanda O no existe demanda y no se detecta corriente
Baja presión de aceite	La presión de aceite es demasiado baja durante un periodo de tiempo extendido	Desconectar (abrir relé de contactor), cerrar relé de contactor cuando se cierra el relé de aceite	Destellos en rojo una vez entre pausas	Ninguno	El relé de alarma del sensor de presión de aceite está abierto
Temperatura de descarga	La temperatura de descarga es demasiado elevada	Desconectar (abrir relé de contactor), esperar 30 minutos, después cerrar relé de contactor	Destellos en rojo dos veces entre pausas	4 desconexiones en 3 horas	Las temperaturas de descarga permanecen en el intervalo "normal" O apagar y encender
Temperatura del motor	La temperatura del motor es demasiado elevada O el sensor de temperatura del motor está en cortocircuito	Desconectar (abrir relé de contactor), esperar 30 minutos, después cerrar relé de contactor	Destellos en rojo tres veces entre pausas	4 desconexiones en 3 horas	Las temperaturas del motor permanecen en el intervalo "normal" O apagar y encender
Rotor bloqueado	La corriente en el compresor es superior a 300 Amp o no consigue reducirse desde un nivel inicial de corriente de rotor bloqueado o supera	Desconectar (abrir relé de contactor), esperar 5 minutos, después cerrar relé de contactor	Destellos en rojo cuatro veces entre pausas	4 desconexiones consecutivas	La corriente en el compresor permanece en el intervalo "normal" O apagar y encender

	300 Amp o el 40 % del máximo de amperaje de rotor bloqueado (LRA) durante el funcionamiento				
Sobrecarga del motor	La corriente en el compresor supera el valor nominal de corriente continua máxima (CCM)	Desconectar (abrir relé de contactor), esperar 5 minutos, después cerrar relé de contactor	Destellos en rojo cinco veces entre pausas	Ninguno	La corriente en el compresor permanece en el intervalo "normal"
Termistor abierto	Uno o más sensores de temperatura de descarga/motor están desconectados	Desconectar (abrir relé de contactor), esperar 30 minutos, después cerrar relé de contactor	Destellos en rojo seis veces entre pausas	Ninguno	Las temperaturas de descarga permanecen en el intervalo "normal" O apagar y encender

Tal como se muestra anteriormente en la Tabla 1, el retardo de bobinado de marcha se define generalmente como un retardo excesivo en energizar un bobinado después de que se energiza un primer bobinado. Cuando se ha energizado un bobinado de arranque, debe energizarse un bobinado de marcha en un lapso de dos segundos. Si el bobinado de marcha no se energiza dentro de este periodo de tiempo, el sistema (12) apaga el motor del compresor (32). Si el bobinado de marcha se energiza primero, el bobinado de arranque debe energizarse en un lapso de dos segundos. Si el bobinado de arranque no se energiza dentro de este periodo de tiempo, el sistema (12) apaga análogamente el motor (32). Para un compresor múltiple (10c) (FIG. 19) el sistema (12) detecta la corriente en el bobinado de arranque y el bobinado de marcha en el arranque. Cuando el compresor (10c) se encuentra en el estado operativo, si el bobinado de arranque o el bobinado de marcha se interrumpen completamente durante más de dos segundos, el sistema (12) apaga el motor (32).

Un fallo por fase ausente se define generalmente cuando una fase del motor (32) está ausente. Una vez que el bobinado de arranque se energiza, el sistema (12) asegura que la corriente esté presente en todas las fases en un lapso de 700 milisegundos después de que se detecta corriente en una de las fases. Si se detecta corriente en al menos una fase y no se detecta corriente en la otra o las otras fases, entonces el sistema (12) apaga el motor (32). En términos generales, se requiere un desequilibrio de corriente de más del 50 % antes de que el motor (32) se interrumpa. El bobinado de marcha es supervisado y protegido frente a fase ausente de una forma similar. Durante la operación de funcionamiento normal (es decir, mientras existe demanda), si se detecta una pérdida de corriente en cualquier fase del motor (32) durante un periodo de un segundo, el motor (32) se apaga.

Una fase invertida se define generalmente cuando los cables de alimentación trifásica están conectados de forma incorrecta, haciendo de ese modo que el motor (32) funcione en sentido inverso. Si la secuencia de fase de la alimentación trifásica es incorrecta, el sistema (12) apaga el compresor (10). La secuencia de fase se mide aproximadamente 700 milisegundos después de que se detecta la señal y la corriente de demanda en el bobinado de arranque. Debe observarse que el motor (32) puede girar "hacia atrás" durante un breve periodo de tiempo después de que se haya retirado la alimentación del compresor (10) debido a la igualación de presión. Por causa de este fenómeno, la fase invertida sólo se supervisa durante aproximadamente los primeros cinco segundos de cada ciclo de inicio del compresor.

Se declara un fallo de contactor soldado cuando un contactor suministra alimentación trifásica al compresor (10) cuando el contactor debe estar abierto. Esta condición se detecta después de que el motor (32) se ha apagado. Si persiste corriente después de aproximadamente dos segundos de apagado, se supondrá entonces que los contactos se han soldado o se han "atascado" mecánicamente.

Una condición de sobrecarga del motor se refiere generalmente a una situación en la que la corriente en el compresor (10) supera un valor nominal de corriente continua máxima (CCM). La corriente de sobrecarga se define como la corriente que supera el 110 % de la CCM nominal durante más de 60 segundos. Si la corriente del motor del bobinado en cualquier pata del bobinado de arranque o de marcha supera el límite preprogramado, entonces el sistema (12) apaga el motor (32). La detección de sobrecarga de CCM no se inicia hasta cinco segundos después del arranque y continúa hasta el apagado. Si no se ha programado una CCM del compresor, la corriente de sobrecarga se detecta mediante uno o varios sensores de temperatura del motor. El sistema (12) detecta un

## ES 2 518 965 T3

parámetro de CCM de compresor ausente cuando determina que el valor de CCM se ajusta a cero Amp, que es el ajuste por defecto para el compresor (10).

- Se declara una condición de rotor bloqueado cuando la corriente en el compresor (10) supera aproximadamente 300 Amp, no consigue reducirse desde un nivel inicial de corriente de rotor bloqueado, supera 300 Amp o es de aproximadamente el 40 % del máximo de amperaje de rotor bloqueado (LRA, *locked rotor Amps*) durante la marcha. La corriente de rotor bloqueado durante el arranque se espera que se reduzca en el lapso de un segundo después de que el motor (32) se acelera hasta una velocidad y se asienta después hasta un nivel normal de corriente de marcha. El sistema mantiene un tiempo intermedio de 100 milisegundos de las lecturas de corriente para los bobinados de marcha y de arranque. Cuando la demanda del compresor es elevada, lo que indica que el compresor ha arrancado, el máximo pico de corriente en el tiempo intermedio se registra como la corriente de rotor bloqueado. El máximo de corriente de rotor bloqueado se registra como superior a 300 Amp, o como el valor pico específico si es menor que 300 Amp.
- 15 Si el máximo de corriente de rotor bloqueado en el bobinado de arranque es superior a 300 Amp, se realiza una segunda lectura aproximadamente 800 milisegundos después del arranque (la demanda de compresor se mide elevada). Si el valor de corriente del bobinado de arranque es superior a 300 Amp 800 milisegundos después del arranque, entonces el sistema (12) asume que el motor (32) se agarra mecánicamente y que debería interrumpirse la alimentación eléctrica del motor (32). Si el máximo de corriente de rotor bloqueado en el bobinado de arranque es menor que 300 Amp, se realiza una segunda lectura aproximadamente 800 milisegundos después del arranque (la demanda de compresor se mide alta). Si la segunda lectura no ha descendido a un nivel inferior al 40 % del LRA pico medido, se interrumpe la alimentación en el motor del compresor (32).

- Para condiciones de rotor bloqueado que tienen lugar después de que se ha completado el arranque, se usa el máximo de corriente de rotor bloqueado medida. Si el máximo de corriente de rotor bloqueado es superior a 300 Amp, y la corriente de marcha se mide por encima de 300 Amp durante 500 milisegundos, se interrumpe la alimentación en el motor (32). Si el máximo de corriente de rotor bloqueado es inferior a 300 Amp, y la corriente de marcha es superior al 40 % de la del máximo de corriente de rotor bloqueado medido y registrado, análogamente se interrumpe la alimentación. Si se mide un máximo de corriente de rotor bloqueado inferior a 100 Amp, se inhabilita la detección de rotor bloqueado para que el compresor reanude la marcha. Dicho control elimina desconexiones molestas si el tiempo del arranque se ve perturbado durante la resolución de averías del equipo.

- Se declara un fallo por baja tensión, y el compresor (12) se apaga, si la fuente de alimentación de 220 V c.a. del sistema (12) se sitúa por debajo de 170 V c.a. cuando existe una señal de demanda de compresor. Cuando la tensión desciende a este nivel, no se permite que el compresor (10) arranque. Una formación de arcos excesiva debida a vibración de las bobinas del contactor durante las condiciones de baja tensión puede conducir a un contactor soldado y por tanto en tales circunstancias el compresor (10) se apaga. La aparición de baja tensión debe persistir durante aproximadamente dos segundos antes de que se registre una alarma y se interrumpa la alimentación eléctrica del motor (32). La tensión debe elevarse por encima de 180 V c.a. durante un mínimo de dos segundos para reiniciar la alarma.

- La temperatura de descarga se supervisa para asegurarse de que la temperatura de descarga no está por encima de un valor umbral predeterminado en un esfuerzo por proteger el motor (32) y las espirales asociadas (40, 48). El sistema (12) supervisa la temperatura de descarga en al menos dos posiciones y, si un valor de resistencia es superior a aproximadamente 1,33 k $\Omega$  +/- 5 %, se interrumpe la alimentación eléctrica del motor (32). La alimentación permanece interrumpida hasta que la resistencia desciende por debajo de aproximadamente 600  $\Omega$  +/- 5 % y se ha completado un retardo de treinta (30) minutos.

- La temperatura del motor (32) se supervisa usando al menos un dispositivo de coeficiente de temperatura positivo (PTC) o un dispositivo de coeficiente de temperatura negativo (NTC), que puede ser un sensor de tipo termistor. Si un valor de resistencia PTC es superior a aproximadamente 4,5 k $\Omega$  +/- 5 %, la alimentación eléctrica del motor (32) se interrumpe y permanece así hasta que la resistencia PTC desciende por debajo de aproximadamente 2,75 k $\Omega$  +/- 5 % y se ha completado un retardo de treinta (30) minutos. Una entrada de termistor en cortocircuito se lee como un valor de resistencia bajo e indica que el sensor de temperatura del motor se puentea o que un componente de la placa ha fallado. Cualquier resistencia PTC inferior a aproximadamente 100 ohmios se interpreta como un termistor en cortocircuito.

Se declara un fallo por termistor abierto, y se interrumpe la alimentación eléctrica del motor (32), si alguna entrada del termistor se lee como circuito abierto. Un circuito abierto se define para termistores NTC y PTC como una

resistencia superior a aproximadamente 100 kΩ. La resistencia debe leerse en este nivel durante 60 segundos mientras el compresor (10) está en funcionamiento.

Si una entrada de demanda de compresor se lee como alta durante dos segundos, y no se lee corriente en cualquiera de las entradas de transformador de corriente, se declara una alarma de ausencia de alimentación trifásica. Siempre que se detecte corriente en cualquier entrada de transformador de corriente o si las entradas de demanda se leen como bajas durante dos segundos, se reinicia la alarma.

Además de detectar y comunicar las condiciones de fallo descritas anteriormente (Tabla 1), el sistema también detecta y supervisa "condiciones de aviso". Las condiciones de aviso no son tan graves como las condiciones de fallo, y por tanto no provocan una acción de protección (es decir, interrupción de la alimentación eléctrica del motor (32)), aunque aun así las condiciones de aviso son objeto de seguimiento y se usan como diagnóstico y en prevención de condiciones de fallo. Las condiciones de aviso incluyen un aviso de alta temperatura ambiente, un aviso de sobrecarga del motor, un aviso de rotor bloqueado, un aviso de baja tensión de alimentación, un aviso de alta tensión de alimentación, un aviso de alta temperatura de descarga, un aviso de cortocircuito de sensor de temperatura de descarga, un aviso de alta temperatura del motor, un aviso de no configuración y un aviso de fin de vida del contactor, cada de uno de los cuales se describe brevemente a continuación.

Se detecta un aviso de alta temperatura ambiente cuando un sensor de temperatura ambiente mide una temperatura por encima de aproximadamente 60 grados Celsius durante más de 60 segundos de forma continua. El aviso de alta temperatura ambiente se reinicia cuando el sensor de temperatura ambiente mide por debajo de 60 grados Celsius durante más de 60 segundos de forma continua.

Se detecta un aviso de sobrecarga del motor cuando la corriente del motor está al nivel del 100 % de la corriente CCM durante más de 60 segundos. El aviso de sobrecarga del motor se reinicia cuando el nivel de corriente del motor ha descendido por debajo del 100 % del nivel de corriente CCM durante más de 60 segundos o cuando se activa una alarma de sobrecarga del motor.

Se detecta un aviso de rotor bloqueado cuando se detecta un episodio de rotor bloqueado. A diferencia de la alarma, que requiere múltiples episodios, el aviso se detecta con un único episodio. El aviso de rotor bloqueado se reinicia cuando el compresor (10) ha funcionado durante cinco minutos de forma continua sin un episodio de rotor bloqueado, o cuando se activa una alarma de rotor bloqueado.

Se detecta un aviso de baja tensión de alimentación cuando la tensión de alimentación es inferior a 180 V c.a. durante dos segundos. Un aviso de baja tensión de alimentación se reinicia cuando la tensión de alimentación es superior a 190 V c.a. durante dos segundos o cuando se activa una alarma de tensión de alimentación baja.

Se detecta un aviso de alta tensión de alimentación cuando la tensión de alimentación está por encima de 250 V c.a. durante dos segundos. Un aviso de alta tensión de alimentación se reinicia cuando la tensión de alimentación está por encima de 240 V c.a. durante dos segundos.

Se detecta un aviso de alta temperatura de descarga cuando la temperatura de descarga es inferior a 10 grados Celsius por debajo del punto de ajuste de alarma para cada sensor durante dos segundos. Un aviso de alta temperatura de descarga se reinicia cuando la temperatura de descarga es superior a 15 grados Celsius por debajo del punto de ajuste de alarma para cada sensor durante dos segundos, o se activa una alarma de alta temperatura de descarga.

Se detecta un aviso de cortocircuito de sensor de temperatura de descarga cuando la resistencia medida en los sensores de temperatura de descarga es inferior a 100 Ω durante dos segundos. Un aviso de cortocircuito de sensor de temperatura de descarga se reinicia cuando la resistencia medida es superior a 1 kΩ durante dos segundos.

Se detecta un aviso de alta temperatura del motor cuando la temperatura del motor es inferior a 10 grados Celsius por debajo del punto de ajuste de alarma durante dos segundos.

Un aviso de alta temperatura del motor se reiniciará cuando la temperatura del motor es superior a 15 grados Celsius por debajo del punto de ajuste de alarma durante dos segundos, o se activa una alarma de alta temperatura del motor.

Se detecta un aviso de no configuración cuando el número de modelo del compresor, el número de serie y la corriente CCM no están programados en la memoria. Un aviso de no configuración se reinicia cuando el número de modelo del compresor, el número de serie y la corriente CCM están programados en la memoria. No existe ninguna  
 5 verificación de la exactitud del texto introducido para el modelo y el número de serie y para el valor de CCM es válido cualquier número distinto de cero.

Se detecta un aviso de fin de vida del contactor cuando el número de arranques del compresor es igual a 50.000 o a un múltiplo de 50.000 (es decir, 100 k, 150 k, 200 k, etc.). Un aviso de fin de vida del contactor se reinicia cuando el  
 10 módulo del sistema se enciende y se apaga, indicando que el contactor ha sido inspeccionado y/o sustituido.

En general, el sistema de sensores (66) detecta condiciones de funcionamiento del compresor tales como los fallos del compresor enumerados anteriormente en la Tabla 1 y las condiciones de aviso del compresor, y proporciona una señal a los circuitos de procesamiento (68) indicativa de las mismas. Los circuitos de procesamiento (68) son un  
 15 microcontrolador o un microprocesador como por ejemplo un número de modelo de microcontrolador PIC18F242, fabricado por Microchip Technology de Chandler, Arizona. Los circuitos de procesamiento (68) están en comunicación con el sistema de interrupción de energía (70) y accionan selectivamente el sistema de interrupción de energía (70) en respuesta a condiciones desfavorables detectadas por el sistema de sensores (66) como, pero sin limitarse a, las "condiciones de fallo" mencionadas anteriormente. Más en particular, el sistema de interrupción de  
 20 energía (70) restringe selectivamente la alimentación eléctrica del motor del compresor (32) en respuesta a la instrucción de los circuitos de procesamiento (68) para prevenir daños en el compresor (10) cuando las condiciones de funcionamiento del compresor detectadas están fuera de un límite predeterminado.

Con referencia en particular a las FIG. 3 a 6, se muestra el sistema de sensores (66) que incluye un sensor de espirales (72), un sensor de temperatura del motor (74) y un sensor de rotor (76). El sensor de espirales (72) está colocado generalmente próximo al miembro de espiral orbitante (40) y el miembro de espiral no orbitante (48) de tal manera que puede detectarse la temperatura en un área que rodea al miembro de espiral orbitante (40) y el miembro de espiral no orbitante (48). El sensor de temperatura del motor (74) está colocado generalmente próximo a los bobinados (36) del motor eléctrico (32) y detecta la temperatura que rodea generalmente a los bobinados (36).  
 30

El sensor de rotor (76) está colocado próximo al rotor (38) del motor eléctrico (32) y detecta cuándo el rotor (38) está en una "condición de rotor bloqueado". Cuando se limita el movimiento del rotor (38) con respecto a los bobinados (36), se aplica una fuerza entre los bobinados (36) y el rotor (38) cuando el cigüeñal (30) intenta hacer girar los bobinados (36). Como puede apreciarse, cuando el motor (32) intenta hacer girar el cigüeñal (30) y se limita que lo haga debido a la condición del rotor bloqueado (38) con respecto a los bobinados (36), se consume una corriente excesiva de una fuente de alimentación externa y el rotor (38) empieza a experimentar una temperatura elevada. El aumento en la corriente consumida es supervisado por el sensor de rotor (76) de manera que el compresor (10) puede apagarse si se detecta una corriente predeterminada, tal como se expondrá adicionalmente más adelante.  
 35

Con referencia en particular a la FIG. 4, se muestra el sistema de sensores (66) que incluye además una caja de conectores (78) y una placa de circuito impreso (PCB) (80). La caja de conectores (78) incluye un alojamiento (82), aberturas de alimentación (84) y aberturas de sensor (86). Las aberturas de alimentación (84) están conectadas a tres cables de alta tensión (88) que se extienden desde el alojamiento (82). Los cables de alta tensión (88) pueden accionarse para alimentar el motor eléctrico (32) con potencia y de ese modo accionar el cigüeñal (30) y el miembro de espiral orbitante (40). Los cables de alta tensión (88) se extienden desde el alojamiento (82) y terminan en la PCB (80), tal como se muestra mejor en la FIG. 4.  
 40  
 45

La PCB (80) soporta operativamente el sensor de temperatura del motor (74) y el sensor de rotor (76) en estrecha proximidad con el motor eléctrico (32). El sensor de temperatura del motor (74) está dispuesto en una superficie inferior de la PCB (80) y se mantiene en estrecha proximidad con los bobinados (36) del motor (32) de tal manera que el sensor de temperatura del motor (74) sea capaz de detectar cambios de temperatura en los bobinados (36). El sensor de temperatura del motor (74) es un termistor capaz de detectar fluctuaciones de temperatura en los bobinados (36) y puede configurarse como un dispositivo NTC o como un PTC, dependiendo de la aplicación en particular. Si el sensor de temperatura del motor (74) está configurado como un dispositivo NTC, las señales que proceden del sensor de temperatura del motor (74) están conectadas en paralelo. Si el sensor de temperatura del motor (74) está configurado como un dispositivo PTC, entonces las señales detectadas que proceden del sensor de temperatura del motor (74) están conectadas en serie.  
 50  
 55

El sensor de rotor (76) está dispuesto generalmente en un lado opuesto de la PCB (80) al del sensor de temperatura

del motor (74), como se muestra mejor en la FIG. 4. El sensor de rotor (76) incluye generalmente una patilla de sensor (90) conectada eléctricamente a un extremo terminal de cada cable de alta tensión (88). Las patillas de sensor (90) son elementos de transporte de corriente diseñados específicamente y pueden accionarse para localizar una resistencia eléctrica inherente de cada patilla en un punto específico a lo largo de su geometría indicativo de la corriente que circula a través de cada patilla (90). Como puede apreciarse, la corriente que circula a través de cada patilla de sensor (90) está dictada por la cantidad de potencia consumida por el motor eléctrico (32). Cuando el rotor (38) está en una condición bloqueada, el motor (32) empieza a consumir más corriente a través de cada patilla (90), aumentando de ese modo la temperatura de cada patilla (90) en el punto localizado, tal como se describirá adicionalmente más adelante.

10

Además de las patillas de sensor (90), el sensor de rotor (76) incluye también un sensor de temperatura (92) dispuesto próximo a cada patilla de sensor (90), como se muestra mejor en la FIG. 4. Los sensores de temperatura (92) detectan un cambio en temperatura en toda la longitud de la patilla de sensor (90), y pueden estar configurados como un termistor NTC o PTC. En términos generales, cada sensor de temperatura (92) está colocado en toda la longitud de cada patilla de sensor (90) de tal manera que está próximo al punto localizado de resistencia eléctrica aumentada de manera que se detecte mejor un cambio de temperatura en toda la longitud de cada patilla individual (90). Como puede apreciarse, al aumentar la corriente que se consume a través de cada patilla de sensor (90) por el motor eléctrico (32), cada patilla (90) experimentará una resistencia eléctrica en el punto localizado, tal como se expuso anteriormente. Al colocar cada sensor de temperatura (92) próximo al punto localizado de resistencia a lo largo de cada patilla de sensor (90), las fluctuaciones de temperatura causadas por un aumento de la corriente consumida a través de cada patilla de sensor (90) serán detectadas de forma rápida y precisa y pueden reenviarse a los circuitos de procesamiento (68), tal como se expondrá adicionalmente más adelante.

Además de soportar el sensor de temperatura del motor (74) y el sensor de rotor (76), la PCB (80) está conectada también operativamente con el sensor de espirales (72), como se muestra mejor en la FIG. 4. El sensor de espirales (72) es un sensor de temperatura y puede accionarse para detectar fluctuaciones de temperatura próximas a, o provocadas por, el miembro de espiral orbitante (40) y el miembro de espiral no orbitante (48). El sensor de espirales (72) es un termistor y puede estar configurado como un termistor NTC o un termistor PTC, dependiendo de la aplicación en particular.

30

La PCB (80) actúa como un punto de terminación para el sensor de espirales (72), el sensor de temperatura del motor (74), las patillas de sensor (90) y los sensores de temperatura (92). Específicamente, el sensor de espirales (72) está conectado operativamente con la PCB (80) a través de cables de baja tensión (94), mientras que el sensor de temperatura del motor (74) y los sensores de temperatura (92) están conectados directamente y soportados por la PCB (80), como se muestra mejor en la FIG. 4. Tal como se expuso anteriormente, cada uno entre el sensor de espirales (72), el sensor de temperatura del motor (74) y el sensor de rotor (76) puede accionarse para detectar fluctuaciones de temperatura respectivas dentro de la cubierta (14) del compresor (10). Dado que cada uno entre el sensor de espirales (72), el sensor de temperatura del motor (74) y el sensor de rotor (76) termina en la PCB (80), la PCB (80) actúa como un relé para transmitir las señales detectadas desde cada uno de los sensores respectivos (72, 74, 76), a través de la cubierta (14) del compresor (10) a los circuitos de procesamiento (68) y el sistema de interrupción de energía (70).

Un cable de baja tensión (96) se extiende desde la PCB (80) a la caja de conectores (78) y está conectado con las aberturas de sensor (86). Como puede apreciarse, el número de cables de baja tensión (96) que se extienden desde la PCB (80) a la caja de conectores (78) dependerá del número de sensores dispuestos dentro del volumen interior (22) del compresor (10). En otras palabras, el número de cables de baja tensión que se extienden desde la PCB (80) a la caja de conectores (78) será generalmente igual al número de sensores (72, 74, 92) dispuestos en el compresor (10). Sin embargo, cada una de las señales de los sensores respectivos (72, 74, 92) puede combinarse y enviarse desde la PCB (80) a la caja de conectores (78) para su transmisión a los circuitos de procesamiento (68) y (70), requiriendo de ese modo un único cable que se extiende entre la PCB (80) y la caja de conectores (78). Como puede apreciarse, combinando las señales de los sensores respectivos (72, 74, 92), puede obtenerse una reducción en el número de cables (96) que se extienden desde la PCB (80) a la caja de conectores (78).

Tal como se expuso anteriormente, el conjunto de sensores (66) está en comunicación con los circuitos de procesamiento (68). Para mantener un cierre hermético dentro del volumen (22) del compresor (10), se proporciona un conjunto de terminales hermético (98) con el fin de establecer una conexión eléctrica entre el conjunto de sensores (66) y los circuitos de procesamiento (68), como se muestra mejor en la FIG. 3.

El conjunto de terminales hermético (98) incluye un alojamiento (100), una pluralidad de patillas de alta tensión

(102), una pluralidad de patillas de baja tensión (104) y un material de cierre hermético (106) que rodea a las patillas de alta y baja tensión (102, 104). El alojamiento (100) está unido de forma fija a la cubierta (14) del compresor (10) por un medio adecuado tal como soldadura o soldadura fuerte. Las patillas de alta tensión y de baja tensión (102, 104) se extienden a través del alojamiento (100) de tal manera que las patillas de alta tensión y de baja tensión (102, 104) se extienden desde el volumen interior (22) a una superficie exterior del compresor (10), como se muestra mejor en la FIG. 3. Las patillas de alta tensión y de baja tensión (102, 104) están rodeadas por el material de cierre hermético (106) de tal manera que se forma un cierre hermético desde una superficie exterior de cada patilla (102, 104) y el alojamiento (100). De esta manera, el conjunto de terminales (98) permite eficazmente la comunicación entre el conjunto de sensores (66) y los circuitos de procesamiento (68) a la vez que mantiene el cierre hermético del compresor (10).

Los circuitos de procesamiento (68) están dispuestos en una superficie exterior del compresor (10) y se encuentran en comunicación con el conjunto de terminales (98) y con el conjunto de sensores (66). Específicamente, los circuitos de procesamiento (68) están alojados en general dentro del armario eléctrico (28) y pueden incorporarse en una clavija adecuada (108) para su interacción con el conjunto de terminales hermético (98). Tras el montaje, la clavija (108) recibe cada una de las patillas de alta tensión y de baja tensión (102, 104) de tal manera que se forma una conexión eléctrica entre los circuitos de procesamiento (68) y el conjunto de terminales hermético (98). Además, las patillas de alta tensión y de baja tensión (102, 104) son recibidas en las aberturas de alimentación (84) y las aberturas de sensor (86), respectivamente, de la caja de conectores (78). De esta manera, se forma una conexión eléctrica entre los circuitos de procesamiento (68) y el conjunto de sensores (66) a través del conjunto de terminales hermético (98) y la clavija (108). Aunque se ha descrito una clavija (108), debe entenderse que puede usarse cualquier conector adecuado para transmitir una señal desde el interior del compresor (10) a los circuitos de procesamiento (68).

Además de estar conectados eléctricamente con el conjunto de terminales hermético (98) y con el conjunto de sensores (66), los circuitos de procesamiento (68) están conectados también con el sistema de interrupción de energía (70). El sistema de interrupción de energía (70) está dispuesto en una superficie externa del compresor (10) y puede accionarse para permitir o restringir selectivamente la alimentación eléctrica del motor eléctrico (32). Como puede apreciarse, cuando los sensores (72, 74, 92) indican que las condiciones son desfavorables en el compresor (10), los circuitos de procesamiento (68) dirigirán el sistema de interrupción de energía (70) para impedir que la alimentación alcance el motor eléctrico (32), apagando así eficazmente el compresor (10). De esta manera, el conjunto de sensores (66), los circuitos de procesamiento (68) y el sistema de interrupción de energía (70) pueden accionarse para apagar el compresor (10) a través de la limitación de la alimentación eléctrica del motor eléctrico (32) cuando las condiciones en el compresor (10), o dentro de un sistema al cual el compresor (10) puede estar asociado, son desfavorables para un funcionamiento adicional.

Además de lo anterior, los circuitos de procesamiento (68) también almacenan los parámetros de configuración del compresor (10). Específicamente, el modelo de compresor, el número de serie del compresor, el tipo de sensor del motor, el nivel de CCM, la temperatura de descarga, la temperatura del motor, el desplazamiento de calibrado del transformador de corriente, el direccionamiento de dispositivos esclavos y el nombre del dispositivo se almacenan en los circuitos de procesamiento (68). De los parámetros anteriores, sólo el modelo de compresor, el número de serie, el direccionamiento de dispositivos esclavos y el nombre del dispositivo son configurables por campos.

Con referencia en particular a las FIG. 5 y 6, a continuación se describirá en detalle el funcionamiento del compresor (10) y el sistema asociado de control y protección de compresor (12). Tal como se expuso anteriormente, el sistema de interrupción de energía (70) regula la alimentación dirigida al motor eléctrico (32) del compresor (10) por el acoplamiento selectivo de un contacto (110) dispuesto de forma externa desde el compresor (10) para restringir y limitar así selectivamente la alimentación eléctrica del motor eléctrico (32).

En funcionamiento, el procesador (68) supervisa la señal combinada del sensor de temperatura del motor (74) y el sensor de temperatura de la espiral (72) y apaga selectivamente el compresor (10) en respuesta a los parámetros detectados del sistema. Específicamente, si el valor real de la temperatura detectada por el sensor de temperatura del motor (74) o el sensor de temperatura de la espiral (72) supera un límite preprogramado de tal manera que se detecta una condición de fallo, los circuitos de procesamiento (68) dirigen el sistema de interrupción de energía (70) para que desconecte el contacto (110), impidiendo de ese modo que la alimentación llegue al motor eléctrico (32). Además, los circuitos de procesamiento (68) crean también una señal de fallo y dirigen dicha señal a una salida de diagnóstico (112) para su registro. Como puede apreciarse, los fallos registrados en el compresor (10) pueden ser valiosas herramientas de diagnóstico para el seguimiento y la prevención de fallos posteriores en el compresor (10). Al enviar señales de fallo a la salida de diagnóstico (112), los circuitos de procesamiento (68) registran eficazmente

cada vez que el compresor (10) se apaga y mantienen un registro de cada condición de fallo experimentada.

Tal como se expuso anteriormente, el sensor de rotor (76) detecta cuando el rotor (38) se bloquea con respecto a los bobinados (36). Cuando el rotor (38) está en una "condición de rotor bloqueado" el motor eléctrico (32) sigue consumiendo corriente a través de las patillas de sensor (90) en un esfuerzo por hacer girar el cigüeñal (30) y el rotor (38) con respecto a los bobinados (36). Al hacerlo, el motor eléctrico (32) consume una cantidad importante de corriente a través de cada patilla de sensor (90) para superar la condición bloqueada entre el rotor (38) y los bobinados (36), aumentando de ese modo la temperatura de cada patilla de sensor (90). Cuando las patillas de sensor (90) experimentan un aumento de la temperatura, los sensores de temperatura (92) retransmiten una señal indicativa del aumento de temperatura a los circuitos de procesamiento (68).

Cuando los sensores de temperatura (92) indican un aumento en la temperatura en cada patilla (90), los circuitos de procesamiento (68) correlacionan la temperatura detectada con una corriente que circula a través de cada patilla (90). De esta manera, los sensores de temperatura (92) cooperan con los circuitos de procesamiento (68) para actuar eficazmente como un sensor de corriente con el fin de supervisar la corriente a través de cada patilla (90) y detectar una condición de rotor bloqueado. Cuando se ha establecido una corriente umbral a través de las patillas (90), los circuitos de procesamiento (68) pueden accionarse para dirigir el sistema de interrupción de energía (70) de manera que restrinja la alimentación eléctrica del motor (32) y apague el compresor (10).

Además de enviar una señal al sistema de interrupción de energía (70), los circuitos de procesamiento (68) también envían una señal de diagnóstico a la salida de diagnóstico (112) para registrar el fallo de "rotor bloqueado" experimentado en el compresor (10). Al almacenar y llevar un seguimiento de los fallos, el sistema de control y protección de compresor (12) permite eficazmente que un usuario supervise y realice un seguimiento de los problemas experimentados por el compresor (10) en un esfuerzo por prevenir y detectar problemas en el futuro, tal como se expuso anteriormente.

Hasta ahora se ha descrito que el sistema de control y protección de compresor (12) tiene tres sensores de temperatura (92), cada uno dispuesto próximo a las patillas de sensor (90). La FIG. 5 representa esquemáticamente una entrada a los circuitos de procesamiento (68) desde cada uno de los sensores de temperatura (92). Debe entenderse, sin embargo, que los tres sensores de temperatura (92) podrían ser alimentados con una señal, de manera que la señal en solitario es enviada a los circuitos de procesamiento (68) a través del conjunto de terminales hermético (98), como se muestra mejor en la FIG. 6. En dicha relación, el sistema (12) se simplifica reduciendo el número de señales que proceden de los sensores de temperatura individuales (92). Además de los sensores mencionados anteriormente (72, 74, 76), debe entenderse que podrían usarse otros sensores en el compresor (10) y deberían considerarse parte de la presente invención. Específicamente, se anticipa que también podría incorporarse un sensor del nivel de aceite sensor o un sensor de temperatura del aceite, referidos genéricamente en la FIG. 6 como (114), en el sistema de control y protección de compresor (12) para su uso en el diagnóstico de seguimiento en el compresor (10), y deben considerarse dentro del alcance de la presente invención.

Con referencia en particular a las FIG. 7 a 11, se describirá en detalle una segunda realización del sistema de control y protección de compresor (12). A la vista de la semejanza sustancial en estructura y función de los componentes asociados con el sistema de control y protección de compresor (12) y el sistema de control y protección de compresor (12a), en este caso y en los dibujos se usan números de referencia iguales para identificar los componentes iguales.

El sistema de control y protección de compresor (12a) funciona de una forma similar a la del sistema de control y protección de compresor (12), con respecto al sensor de espirales (72) y el sensor de temperatura del motor (74). De esta manera, se prescinde de las descripciones detalladas del sensor de espirales (72) y el sensor de temperatura del motor (74).

El sensor de rotor (76a) está dispuesto dentro del cuadro eléctrico (28) e incluye generalmente una patilla de sensor (90) conectada eléctricamente a un cable de alta tensión (88). Las patillas de sensor (90) son elementos de transporte de corriente diseñados específicamente y localizan una resistencia eléctrica inherente de cada patilla en un punto específico a lo largo de su geometría indicativo de la corriente que circula a través de cada patilla (90). Como puede apreciarse, la corriente que circula a través de cada patilla de sensor (90) está dictada por la cantidad de potencia consumida por el motor eléctrico (32). Cuando el rotor (38) está en una condición bloqueada, el motor (32) empieza a consumir más corriente a través de cada patilla (90), aumentando de ese modo la temperatura de cada patilla (90) en el punto localizado, tal como se describirá adicionalmente más adelante.

Además de las patillas de sensor (90), el sensor de rotor (76a) incluye también un sensor de temperatura (92) dispuesto próximo a cada patilla de sensor (90). Los sensores de temperatura (92) pueden accionarse para detectar un cambio de temperatura en toda la longitud de la patilla de sensor (90), y pueden estar configurados como un termistor NTC o PTC. En términos generales, cada sensor de temperatura (92) está colocado en toda la longitud de cada patilla de sensor (90) de tal manera que está próximo al punto localizado de resistencia eléctrica aumentada de modo que detecte de forma óptima un cambio de temperatura en toda la longitud de cada patilla individual (90). Como puede apreciarse, al consumirse más corriente a través de cada patilla de sensor (90) por el motor eléctrico (32), cada patilla (90) experimenta resistencia eléctrica en el punto localizado. Al colocar cada sensor de temperatura (92) próximo al punto localizado de resistencia a lo largo de cada patilla de sensor (90), las fluctuaciones de temperatura causadas por el aumento de corriente consumida a través de cada patilla de sensor (90) serán detectadas de forma rápida y precisa y pueden reenviarse a los circuitos de procesamiento (68).

El sensor de rotor (76a) permite que los circuitos de procesamiento (68) respondan con más rapidez a un aumento en el consumo de corriente por el motor (32) e incrementa por tanto la capacidad del sistema de control y protección de compresor (12a) de proteger el compresor (10). Más en particular, dado que el sensor de rotor (76a) está dispuesto externo al espacio interior (22) del compresor, la potencia consumida por el motor (32) puede ser supervisada antes de que entre realmente en la cubierta del compresor (14). La supervisión del consumo de corriente por delante del motor (32) permite un tiempo de respuesta más rápido de manera que no es necesario que los circuitos de procesamiento (68) esperen a que la corriente circule a lo largo de los cables de alta tensión (88) y a través de la interfaz hermética (98) antes de realizar una lectura. El tiempo de respuesta mejorado permite que los circuitos de procesamiento (68) dirijan con más rapidez el sistema de interrupción de energía (70) de manera que restrinja la alimentación eléctrica del motor (32), y así, reducen la probabilidad de daños en el compresor.

Con referencia en particular a las FIG. 12 a 18, se describirá en detalle una tercera realización del sistema de control y protección de compresor (12). A la vista de la semejanza sustancial en estructura y función de los componentes asociados con el sistema de control y protección de compresor (12) y el sistema de control y protección de compresor (12b), en este caso y en los dibujos se usan números de referencia iguales para identificar componentes iguales.

El sistema de control y protección de compresor (12b) funciona de una forma similar a la del sistema de control y protección de compresor (12), con respecto al sensor de espirales (72) y el sensor de temperatura del motor (74). De esta manera, se prescinde de las descripciones detalladas del sensor de espirales (72) y el sensor de temperatura del motor (74).

El sensor de rotor (76b) está dispuesto dentro del armario eléctrico (28b) de tal manera que el sensor de rotor (76b) es retirado del espacio interior (22) del compresor (10). El sensor de rotor (76b) incluye una caja de conectores (116) que se acopla de forma correspondiente con el conjunto de terminales hermético (98) y un sensor de corriente (118) que detecta una corriente consumida por el motor eléctrico (32).

La caja de conectores (116) incluye un par de brazos (120) que flanquean a un cuerpo central (122), como se muestra mejor en la FIG. 13. Cada uno de los brazos (120) y el cuerpo central (122) incluyen un cable de alta tensión (88) que se extiende desde los mismos. Además, el cuerpo principal (122) incluye un par de cables de baja tensión (96) que se extienden desde el mismo para recibir y emitir señales desde el conjunto de sensores (66b), tal como se describirá adicionalmente más adelante. Como se muestra mejor en la FIG. 13, la caja de conectores (116) se acopla de forma correspondiente con el conjunto de terminales hermético (98) de tal manera que cada uno de los cables de alta tensión (98) se acopla con las patillas de alta tensión (102) y los cables de baja tensión (96) se acoplan con las patillas de baja tensión (104). De esta manera, la caja de conectores (116) conecta eficazmente los cables de alimentación de alta tensión (88) y los cables de sensor de baja tensión (96) con el sistema de sensores (66a) y el motor (32) dispuesto en el compresor (10).

El sensor de corriente (118) está dispuesto próximo a la caja de conectores (116), como se muestra mejor en la FIG. 14. El sensor de corriente (76b) incluye una serie de elementos de detección individuales (124), cada uno de los cuales tiene un cable de alta tensión (88) que se extiende a su través. Los elementos de sensor (124) detectan una corriente que circula a través de cada uno de los cables de alta tensión (88) y producen una señal indicativa de la misma. La señal producida por los elementos de detección (124) es enviada a los circuitos de procesamiento (68b) para comparar la corriente detectada con un límite umbral y determinar si el motor eléctrico (32) está en un "estado de rotor bloqueado" u otra condición de fallo.

Si los circuitos de procesamiento (68b) determinan que la corriente que circula a través de los cables de alta tensión

(88) supera el límite umbral, los circuitos de procesamiento (68b) enviarán una señal al sistema de interrupción de energía (70) para restringir la alimentación eléctrica del motor eléctrico (32) y apagar el compresor (10).

Tal como se expuso anteriormente, los circuitos de procesamiento (68b) envían una señal al sistema de interrupción de energía (70) para restringir la alimentación eléctrica del motor eléctrico (32) si se experimentara una condición no deseable en el compresor (10). Además, los circuitos de procesamiento (68b) también alertan a un operador de que se ha producido un fallo del sistema en el compresor (10) encendiendo una serie de dispositivos de emisión de luz (LED) (126), tal como se expondrá adicionalmente más adelante.

10 Con referencia en particular a las FIG. 14 a 18, se describirá en detalle el funcionamiento del compresor (10) y el sistema asociado de control y protección de compresor (12b). Tal como se expuso anteriormente, el sensor de espirales (72), el sensor de temperatura del motor (74) y el sensor de rotor (76b) detectan condiciones de funcionamiento y parámetros del compresor (10). Las señales detectadas desde los sensores individuales (72, 74, 76b) son enviadas a los circuitos de procesamiento (68b) para su comparación con un conjunto de parámetros operativos del compresor predeterminados. Si los circuitos de procesamiento (68b) determinan que los parámetros detectados a partir de los sensores individuales (72, 74, 76b) superan los parámetros operativos del compresor predeterminados, los circuitos de procesamiento (68b) alertarán al sistema de interrupción de energía (70) para que restrinja la alimentación eléctrica del motor eléctrico (32) y de ese modo apagar el compresor (10).

20 Cuando el compresor (10) se arranca inicialmente, el sistema está en un modo listo, tal como se indica en la FIG. 17. En este punto, los circuitos de procesamiento (68b) verifican cualquier condición de fallo. Si se detecta una condición de fallo, los circuitos de procesamiento (68b) sortean el modo de marcha del compresor (10) y hacen que el compresor (10) entre en un modo de apagado. En el modo de apagado, el compresor (10) intenta recuperar el sistema sin interrumpir completamente la alimentación eléctrica del motor eléctrico (32), dependiendo de la condición de fallo experimentada en particular. Sin embargo, si la condición de fallo experimentada es un fallo importante, el modo de apagado introduce un bloqueo o una fase de ausencia de control, con lo que será preciso que el compresor (10) se apague por completo de tal manera que se evita que la alimentación llegue al motor eléctrico (32). En esta condición, el compresor (10) no es capaz de introducir el modo de marcha hasta que los circuitos de procesamiento (68b) dirijan el sistema de interrupción de energía (70) para que restrinja la alimentación eléctrica del motor eléctrico (32). El arranque del compresor (10) restringiendo la alimentación a menudo resuelve el fallo y permite que el compresor (10) funcione adecuadamente.

35 Cuando el compresor (10) vuelve al modo listo, o cuando el compresor (10) se arranca inicialmente desde el arranque y no se detectan condiciones de fallo, el compresor (10) introduce el modo de marcha, tal como se indica en las FIG. 17 y 18. El compresor (10) continúa funcionando y los circuitos de procesamiento (68b) harán que el diagnóstico (112) registre continuamente cada acción de marcha con éxito. Una vez que se han conseguido diez marchas con éxito, los circuitos de procesamiento (68b) borran la memoria de fallos y reinician de nuevo el sistema. De esta manera, los circuitos de procesamiento (68b) reciben los parámetros del sistema detectados de los sensores individuales (72, 74, 76b) y apagan selectivamente el compresor (10) cuando lo exigen las condiciones del sistema. Además, los circuitos de procesamiento (68b) también recopilan datos durante un modo de operación del compresor (10) a través del diagnóstico (112) para así almacenar y llevar un seguimiento de los fallos. Como puede apreciarse, al almacenar y llevar un seguimiento de dichos fallos, los circuitos de procesamiento (68b) tienen capacidad para detectar y prevenir posibles averías y fallos futuros a causa del compresor (10).

45 Cuando el compresor (10) está en el modo de marcha, el LED (126) enciende una luz verde para indicar que el compresor (10) está en funcionamiento en condiciones normales, como se muestra mejor en la FIG. 18. Además, puede encenderse también un segundo LED (126) para indicar que el contactor (110) está suministrando la alimentación eléctrica del motor eléctrico (32). En el caso en que se detecte un fallo, se enciende un LED amarillo (126) para indicar que el compresor (10) ha experimentado un fallo y debe ser objeto de atención. Si los circuitos de procesamiento (68b) determinan que la condición de fallo es un fallo importante, de tal manera que el compresor (10) no tenga capacidad para recuperarse sin apagado, los circuitos de procesamiento (68b) dirigen al sistema de interrupción de energía (70) para que restrinja la alimentación del compresor (10), tal como se expuso anteriormente.

55 Cuando el sistema de interrupción de energía (70) apaga el compresor (10), se enciende un LED rojo (126) para alertar a un operador de que el compresor (10) se ha apagado debido a una condición de fallo. En este punto, los LED verdes de "marcha" y "contactor" (126) se apagan para indicar que el compresor (10) ha dejado de funcionar en condiciones normales, y que el contactor (110) se ha desacoplado de la fuente de alimentación. Debe observarse que en este punto, el único LED (126) encendido es la alarma roja, que indica que el compresor (10) se ha apagado y ha registrado un fallo. Como puede apreciarse, usando dichos LED (126), el sistema de control y protección de

compresor (12b) permite que el compresor (10) indique cuándo se ha producido una condición de fallo de manera que puedan adoptarse las acciones apropiadas, como se muestra mejor en la FIG. 18.

En términos generales, las alarmas LED se dividen en alarmas de fuente de alimentación y alarmas de compresor.

- 5 Las alarmas de fuente de alimentación y de compresor respectivas son comunicadas al usuario denotando una alarma específica con un número reservado de destellos LED. Específicamente, las alarmas de fuente de alimentación incluyen retardo de bobinado de marcha (un destello), fase ausente (dos destellos), fase invertida (tres destellos), contactor soldado (cuatro destellos), baja tensión (cinco destellos) y ausencia de alimentación trifásica (seis destellos). Las alarmas de compresor incluyen baja presión de aceite (un destello), temperatura de descarga (dos destellos), temperatura del motor (tres destellos), rotor bloqueado (cuatro destellos), sobrecarga del motor (cinco destellos) y termistor abierto (seis destellos). Por tanto, el usuario puede determinar fácilmente la condición de fallo respectiva simplemente refiriéndose al LED respectivo (126).

- 15 Con referencia en particular a las FIG. 19-20, se describirá en detalle una cuarta realización del sistema de control y protección de compresor (12). A la vista de la semejanza sustancial en estructura y función de los componentes asociados con el sistema de control y protección de compresor (12) y el sistema de control y protección de compresor (12c), en este caso y en los dibujos se usan números de referencia iguales para identificar componentes iguales.

- 20 Con referencia a la FIG. 19, se muestra el compresor múltiple (10c) que incluye una cubierta hermética generalmente cilíndrica (14c) que tiene un par de tapas soldadas (16c, 18c) y una pluralidad de patas (20c). Las tapas (16c, 18c) están ajustadas a la cubierta (14c) de tal manera que se define un volumen interior (22c) del compresor (10c). Además, un armario eléctrico (28c) está unido de forma fija a la cubierta (14c) generalmente entre las tapas (16c, 18c) y soporta operativamente una parte del sistema de protección (12c) en el mismo, tal como se  
25 expondrá adicionalmente más adelante.

- Un cigüeñal (30c) es accionado de forma rotativa por un motor eléctrico (32c) con respecto a la cubierta (14c). El motor (32c) incluye un estator (34c) soportado de forma fija por la cubierta hermética (14c), los bobinados (36c) que pasan a su través y un rotor (38c) ajustado a presión en el cigüeñal (30c). El motor (32c) y el estator asociado (34c),  
30 los bobinados (36c) y el rotor (38c) pueden accionarse para impulsar el cigüeñal (30c) con respecto a la cubierta (14c) y de ese modo comprimir un fluido.

- El compresor múltiple (10c) incluye además un par de miembros de espiral orbitante (40c), cada uno de los cuales tiene un arrollamiento o álabe espiral (42c) en la superficie superior del mismo para su uso para recibir y comprimir  
35 un fluido. Un acoplamiento Oldham (44c) está colocado entre los miembros de espiral orbitante (40c) y un asiento de cojinete (46c) y está conectado con los miembros de espiral orbitante (40c) y un par de miembros de espiral no orbitante (48c). El acoplamiento Oldham (44c) puede accionarse para transmitir fuerzas rotacionales desde el cigüeñal (30c) a los miembros de espiral orbitante (40c) para comprimir de ese modo un fluido dispuesto entre los miembros de espiral orbitante (40c) y los miembros de espiral no orbitante (48c). El acoplamiento Oldham (44c) y su  
40 interacción con los miembros de espiral orbitante (40c) y los miembros de espiral no orbitante (48c) es preferentemente del tipo desvelado en la patente de EE.UU. de propiedad común del cesionario nº 5.320.506.

- Los miembros de espiral no orbitante (48c) incluyen también un arrollamiento (50c) colocado en acoplamiento de malla con el arrollamiento (42c) de miembros de espiral orbitante (40c). Los miembros de espiral no orbitante (48c)  
45 tienen un paso de descarga de disposición central (52c) que se comunica con un rebaje abierto hacia arriba (54c). Los rebajes (54c) que sirven para almacenar fluido comprimido están dispuestos en extremos opuestos del volumen interior (22c) de tal manera que un primer rebaje (54c) está colocado próximo a la tapa (16c) y un segundo rebaje (54c) está colocado próximo a la tapa (18c).

- 50 El compresor múltiple (10c) es preferentemente del tipo desvelado en la patente de EE.UU. de propiedad común del cesionario nº 6.672.846 y el documento US-2004-0.258.542-A1.

El sistema de control y protección de compresor (12c) funciona de una forma similar a la del sistema de control y protección de compresor (12b), con respecto al sensor de espirales (72) y el sensor de temperatura del motor (74).

- 55 De esta manera, se prescinde de las descripciones detalladas del sensor de espirales (72) y el sensor de temperatura del motor (74).

El sensor de rotor (76c) está dispuesto generalmente dentro del cuadro eléctrico (28c) de tal manera que la corriente al motor (32c) es detectada antes de entrar en la cubierta (14c). El sensor de rotor (76c) es sustancialmente idéntico

al sensor (76b), pero requiere tres elementos de detección adicionales (124) para manejar un consumo de corriente adicional por parte del motor (32c). Específicamente, dado que el compresor múltiple (10c) impulsa un par de miembros de espiral orbitante (40c) con respecto a un par de miembros de espiral no orbitante (48c), se requiere un motor (32c) más grande y, así, se consume más corriente. El mayor requisito de potencia hace que se extiendan 5 líneas de alta tensión adicionales (88) entre el conjunto de terminales hermético (98) y el motor (32c). De esta manera, el sensor de rotor (76c) requiere un total de seis elementos de detección (124) para alojar los cables de alta tensión adicionales (88).

Las FIG. 21 y 22 muestran una vista en perspectiva de los circuitos de procesamiento (68c) y el sensor de rotor 10 (76c). Se muestran seis elementos de detección (124) próximos a los cables de alta tensión (88), de tal manera que se supervisa la corriente consumida por el motor (32c). Además, se muestra una pluralidad de entradas de sensor tales como entradas del nivel de aceite (134), entradas del sensor de temperatura del motor (136), entradas de temperatura de descarga (138, 140), relés de alarma (140), entradas de potencia (142) y entradas de contactor (144). Además, se muestra un puerto de comunicación (112c) para la comunicación con una red externa, tal como 15 se expondrá adicionalmente más adelante. Como puede apreciarse, las entradas pueden modificarse dependiendo de la aplicación en particular y dependerán en gran medida del sistema de sensores (66c) dispuesto en el compresor (10c). Por ejemplo, podría añadirse una entrada de temperatura de las espirales (146) si se usa un sensor de espirales (72) en el compresor (10c), como se muestra mejor en la FIG. 21.

20 Con referencia en particular a la FIG. 23, se muestran el compresor (10) y el sistema asociado de control y protección de compresor (12) incorporados en una red (128). Si bien la red (128) se describirá con referencia al compresor (10) y el sistema de control y protección de compresor (12b), debe entenderse que en dicha red podrían usarse análogamente el compresor (10c) y otros sistemas de control y protección (12, 12a, 12c). La red (128) incluye un controlador del sistema (138) y una pluralidad de compresores (10). Cada compresor (10) está en comunicación 25 con un controlador del sistema (130) a través de un puerto de comunicaciones (132). El puerto de comunicaciones (132) puede estar vinculado con el diagnóstico (112) de tal manera que los fallos registrados por los circuitos de procesamiento (68b) anotados en el diagnóstico (112) puedan ser suministrados al puerto de comunicación (132) y al controlador del sistema (130). Al hacerlo, los fallos experimentados por cada compresor individual (10) pueden ser registrados y anotados de manera que pueda realizarse el mantenimiento apropiado en cada compresor (10). Si bien 30 el sistema de control y protección de compresor (12b) se ha descrito incorporado en la red (128), debe entenderse que el sistema de control y protección de compresor (12) podría implementarse análogamente en dicha red, y como tal, debería considerarse dentro del alcance de la presente invención.

Tal como se ha descrito, el sistema de control y protección de compresor (12) y el sistema de control y protección de 35 compresor (12b) proporcionan al compresor (10) la capacidad de detectar y captar parámetros del sistema, para alertar de fallos potenciales a través del uso de LED (126), y almacenar los fallos a través del diagnóstico (112). Además, en el caso de la condición de rotor bloqueado, cada uno de los sensores de corriente (76, 76b) proporciona al sistema la capacidad de detectar el consumo de corriente por el motor (32), en lugar de depender en exclusiva de las temperaturas del motor detectadas. Como puede apreciarse, al detectar el consumo de corriente, en lugar de 40 esperar a que se produzca y se analice la señal de temperatura, los sistemas (12, 12a, 12b, 12c) proporcionan un tiempo de respuesta más rápido y de ese modo aumentan la productividad y el rendimiento del compresor (10).

La descripción es de naturaleza meramente ilustrativa y, así, las variaciones dentro del alcance de las reivindicaciones no constituyen un alejamiento con respecto al alcance de las enseñanzas.

45

**REIVINDICACIONES**

1. Un conjunto de compresor que comprende:
- 5 una cubierta (14);
- un compresor alojado dentro de dicha cubierta;
- un motor (32) conectado con accionamiento a dicho compresor;
- 10 **caracterizado por** un conjunto de sensores (166) accionable para supervisar las condiciones de funcionamiento de dicho compresor, incluyendo dicho conjunto de sensores (66) al menos un sensor (92) que detecta la temperatura de un conductor eléctrico (90) que suministra corriente a dicho motor (32).
- 15 2. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho al menos un sensor (92) es un sensor de coeficiente negativo de temperatura.
3. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho al menos un sensor (92) está dispuesto dentro de dicha cubierta (14).
- 20 4. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho al menos un sensor (92) está dispuesto externo a dicha cubierta (14).
5. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho conjunto de sensores (66) incluye una placa de circuito impreso (80) dispuesta en el interior de dicha cubierta (14) y que soporta de forma operativa dicho al menos un sensor (92).
- 25 6. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 5, en el que dicha placa de circuito impreso (80) soporta dicho conductor eléctrico (90).
- 30 7. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho conductor eléctrico incluye una patilla (90) conectada a dicho motor (32) para suministrar corriente a dicho motor (32).
8. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 7, en el que dicha patilla (90) está dispuesta en el interior de dicha cubierta (14).
- 35 9. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 7, en el que dicha patilla (90) está dispuesta externa a dicha cubierta (14).
- 40 10. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 7, en el que dicha patilla (90) incluye una región de medida dispuesta a lo largo de dicha patilla (90) y dicho al menos un sensor (92) está dispuesto próximo a dicha región de medida.
11. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 10, en el que dicha región de medida incluye un área en sección transversal menor que el resto de dicha patilla (90).
- 45 12. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 1, que incluye además circuitos de procesamiento (68, 68b) accionables para recibir información de dicho al menos un sensor (92) para determinar una condición operativa de dicho compresor.
- 50 13. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dichos circuitos de procesamiento (68b) comprenden además una serie de dispositivos de emisión de luz (126) accionables para iluminarse selectivamente en respuesta a parámetros de compresor detectados.
- 55 14. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dichos circuitos de procesamiento (68) incluyen un microprocesador.
15. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho conjunto de sensores (66) incluye también un sensor de temperatura del motor (74) accionable para monitorizar la temperatura de dicho

motor (32).

16. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho conjunto de sensores (66) incluye también un sensor de temperatura del compresor (72) accionable para monitorizar la temperatura de  
5 dicho compresor.

17. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además un conjunto  
10 pasante hermético (98) accionable para conectar dicho conjunto de sensores (66b) con dichos circuitos de procesamiento (68b) a través de dicha cubierta (14) para mantener un cierre hermético de dicho compresor.

18. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho conductor eléctrico (90)  
está conectado en serie con dicho motor (33).

19. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 18, en el que dicho conductor eléctrico (90)  
15 está conectado en serie con los bobinados de dicho motor (32).

20. El conjunto de compresor de acuerdo con la reivindicación 18, en el que dicho motor (32) está  
conectado con accionamiento con dicho compresor y dicho conjunto de sensores (66) puede accionarse para  
20 detectar condiciones de rotor bloqueado supervisando la temperatura de dicho conductor eléctrico (90).

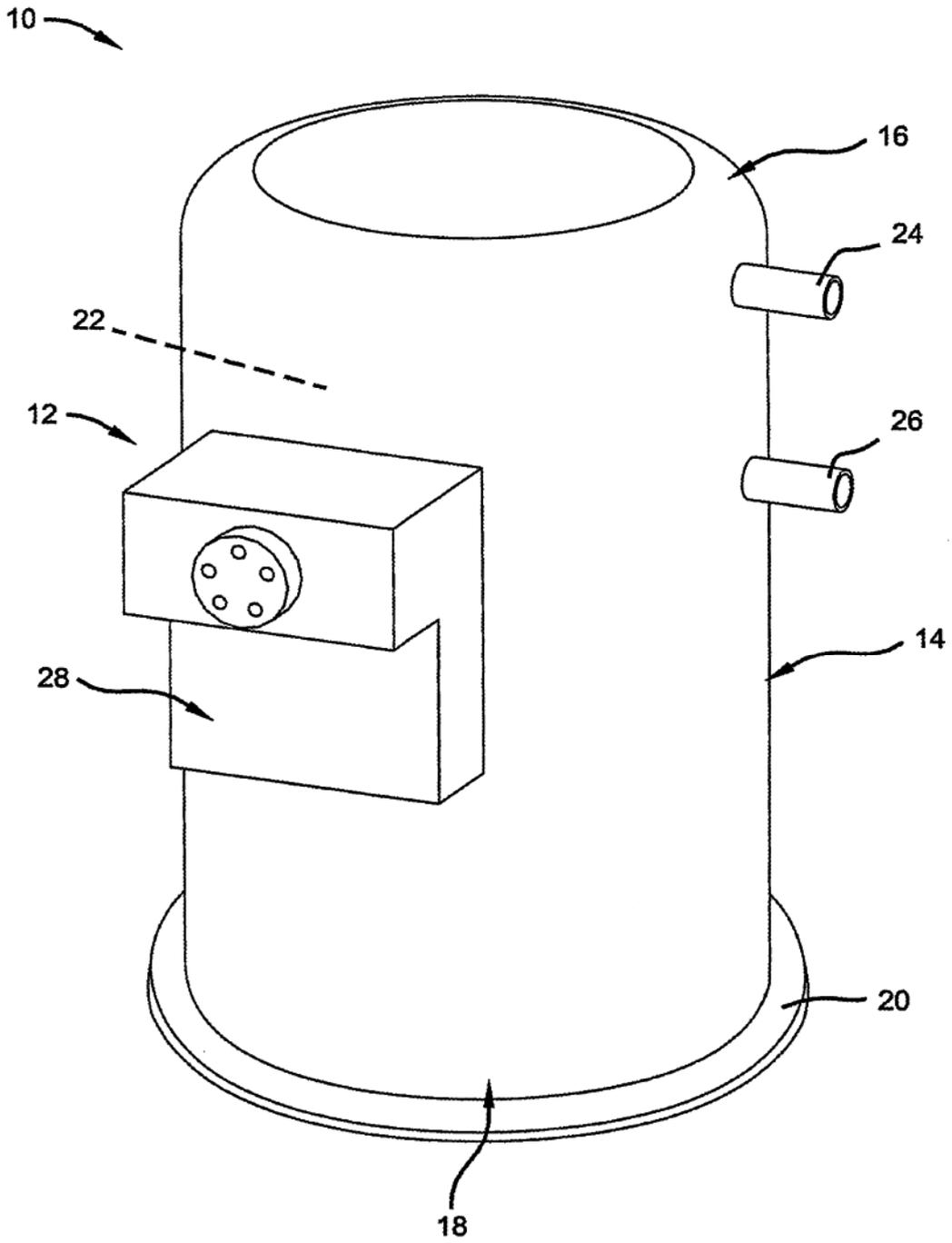


FIG 1

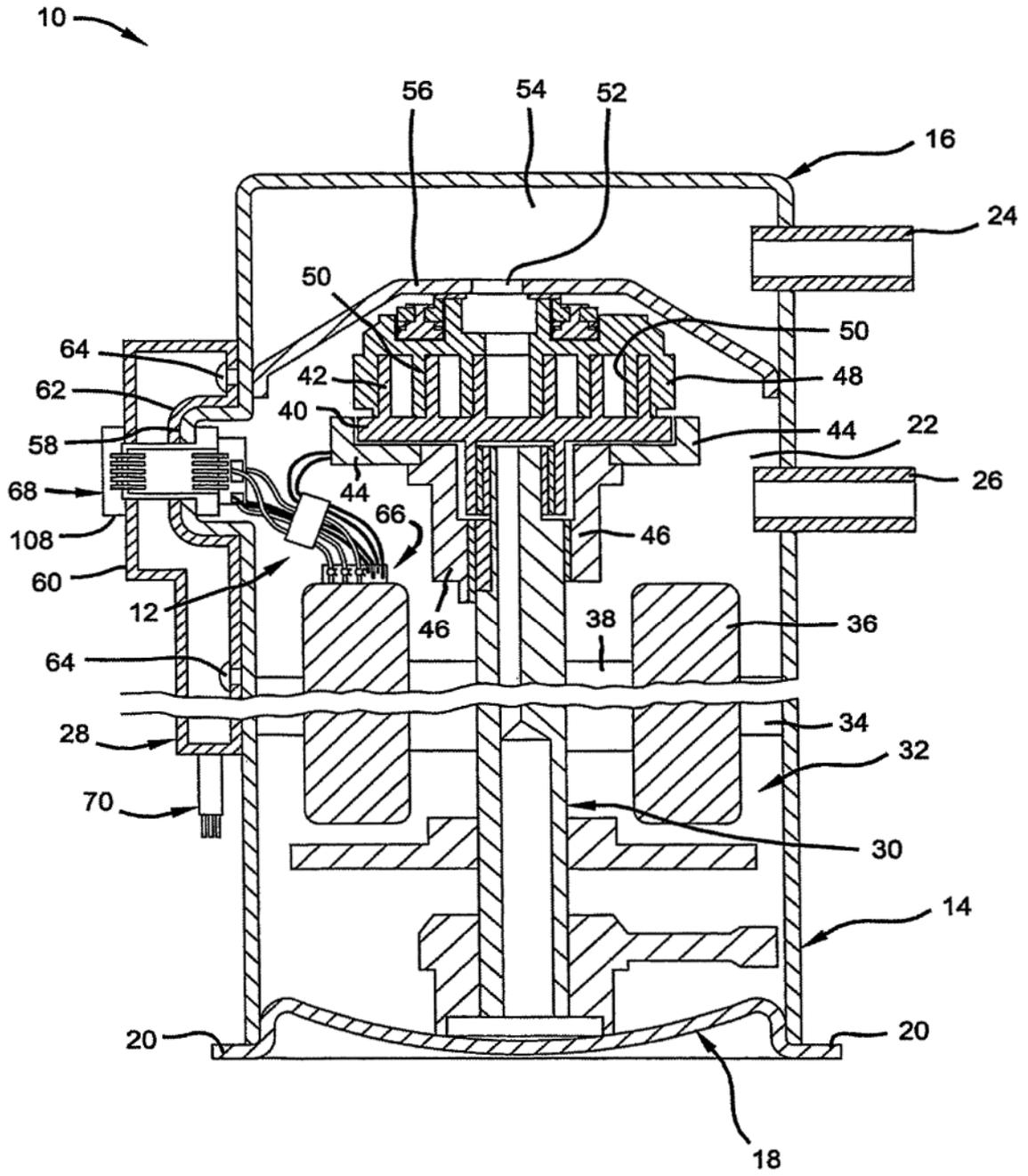


FIG 2

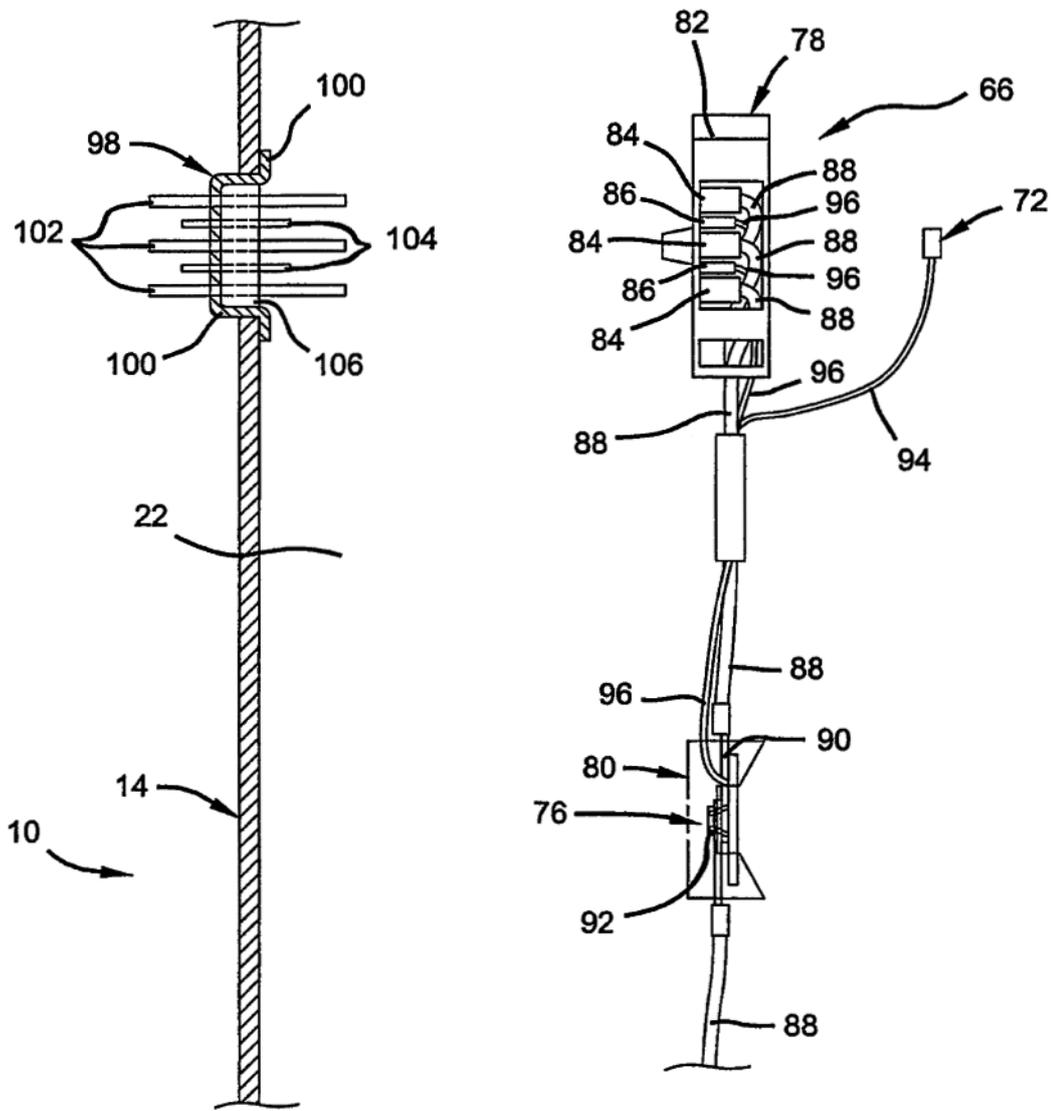


FIG 3

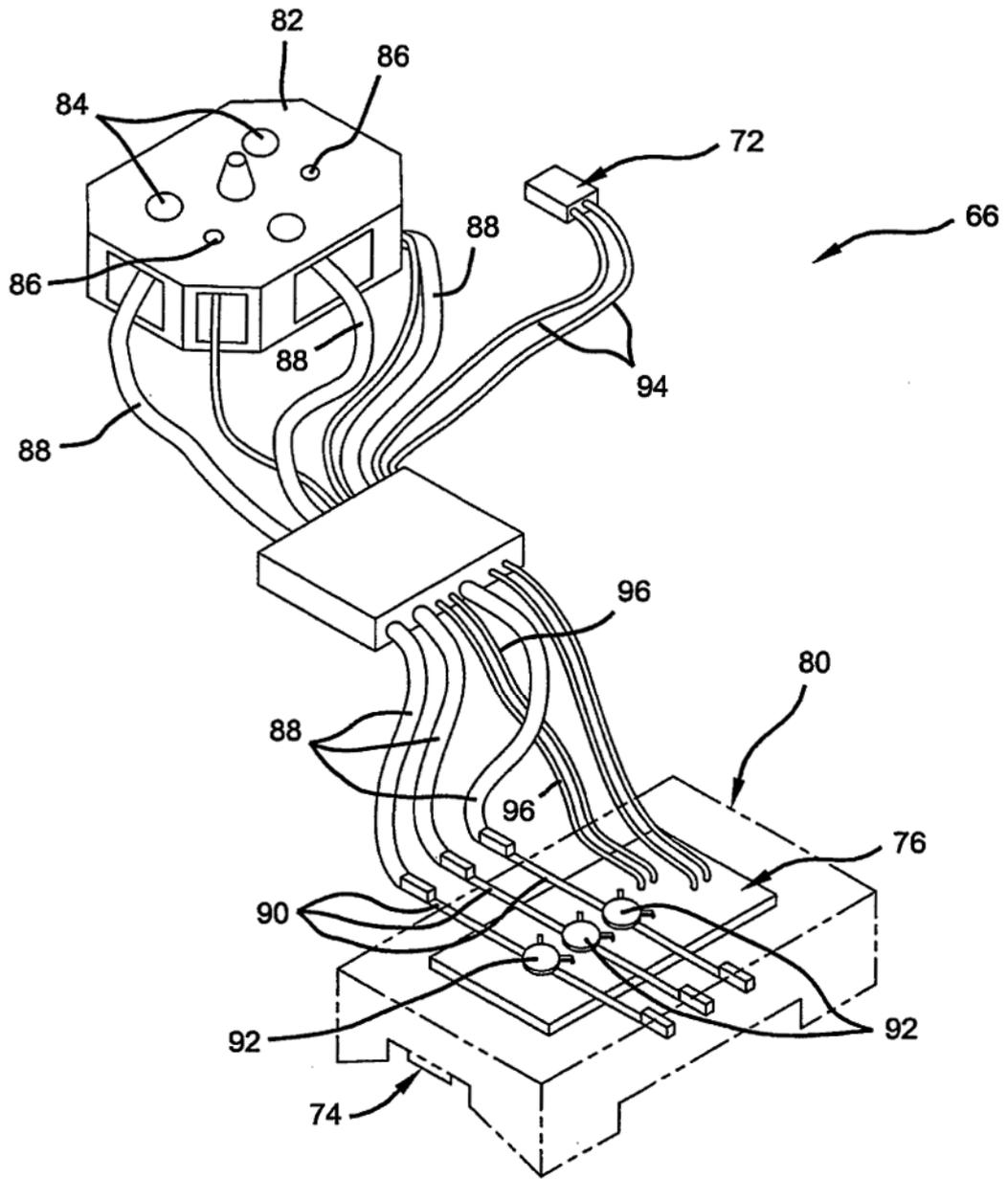


FIG 4

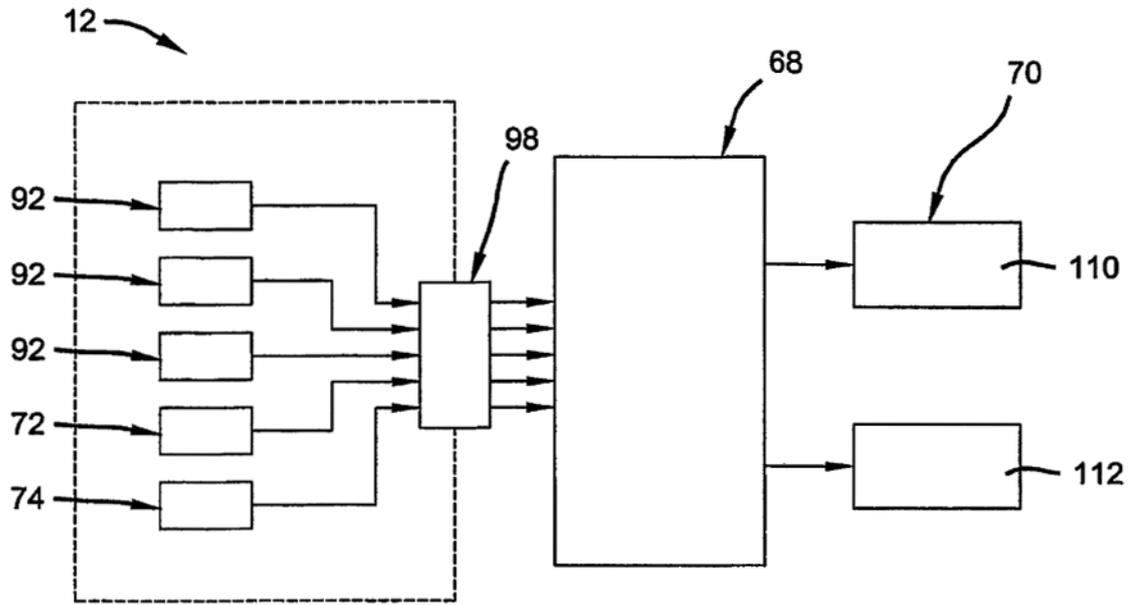


FIG 5

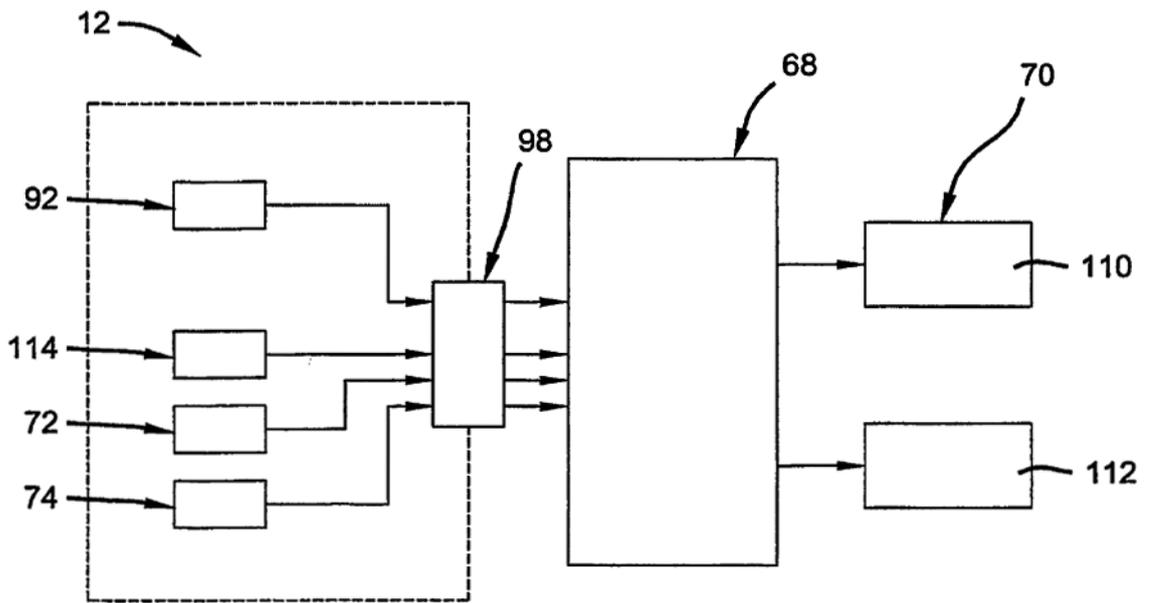


FIG 6

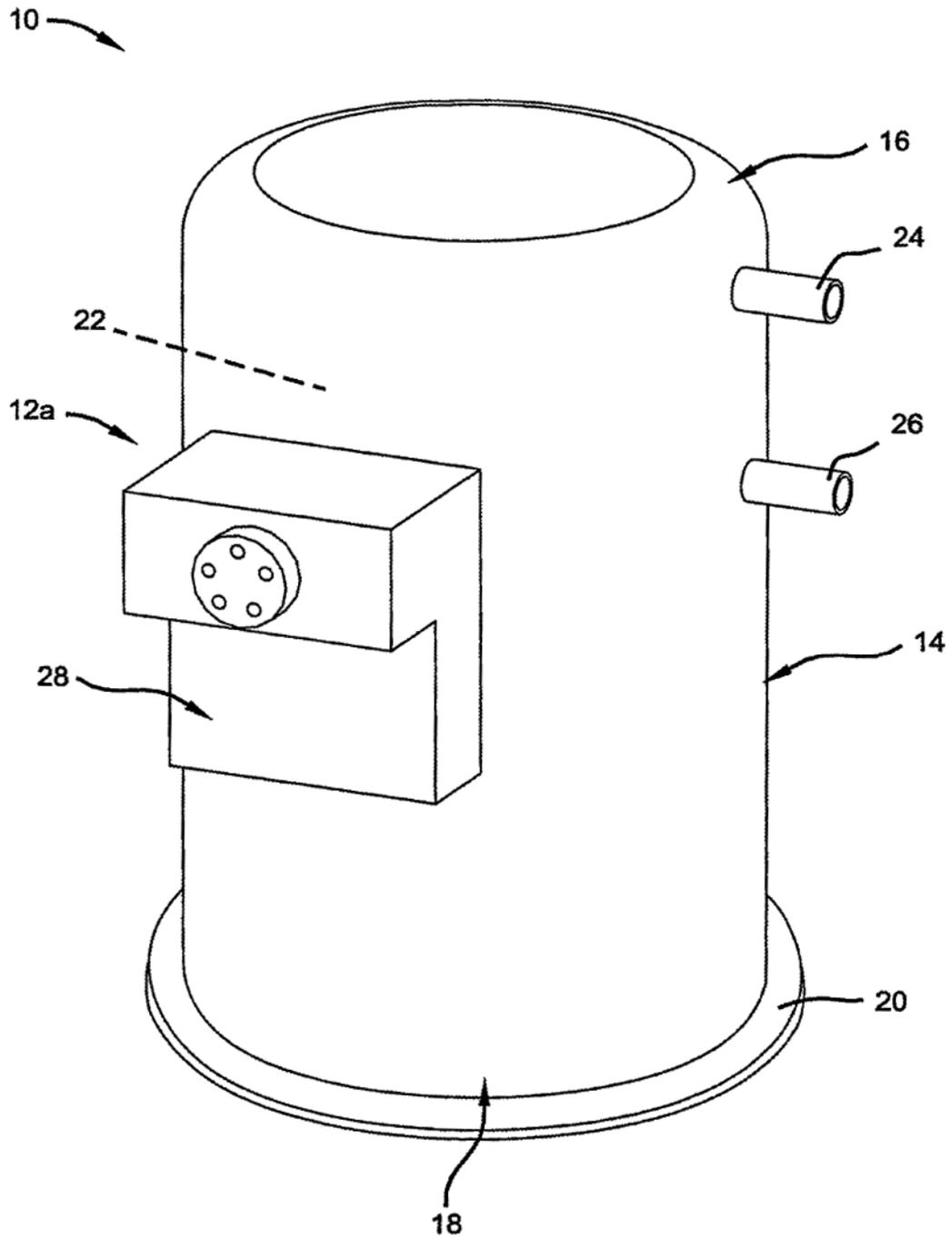


FIG 7

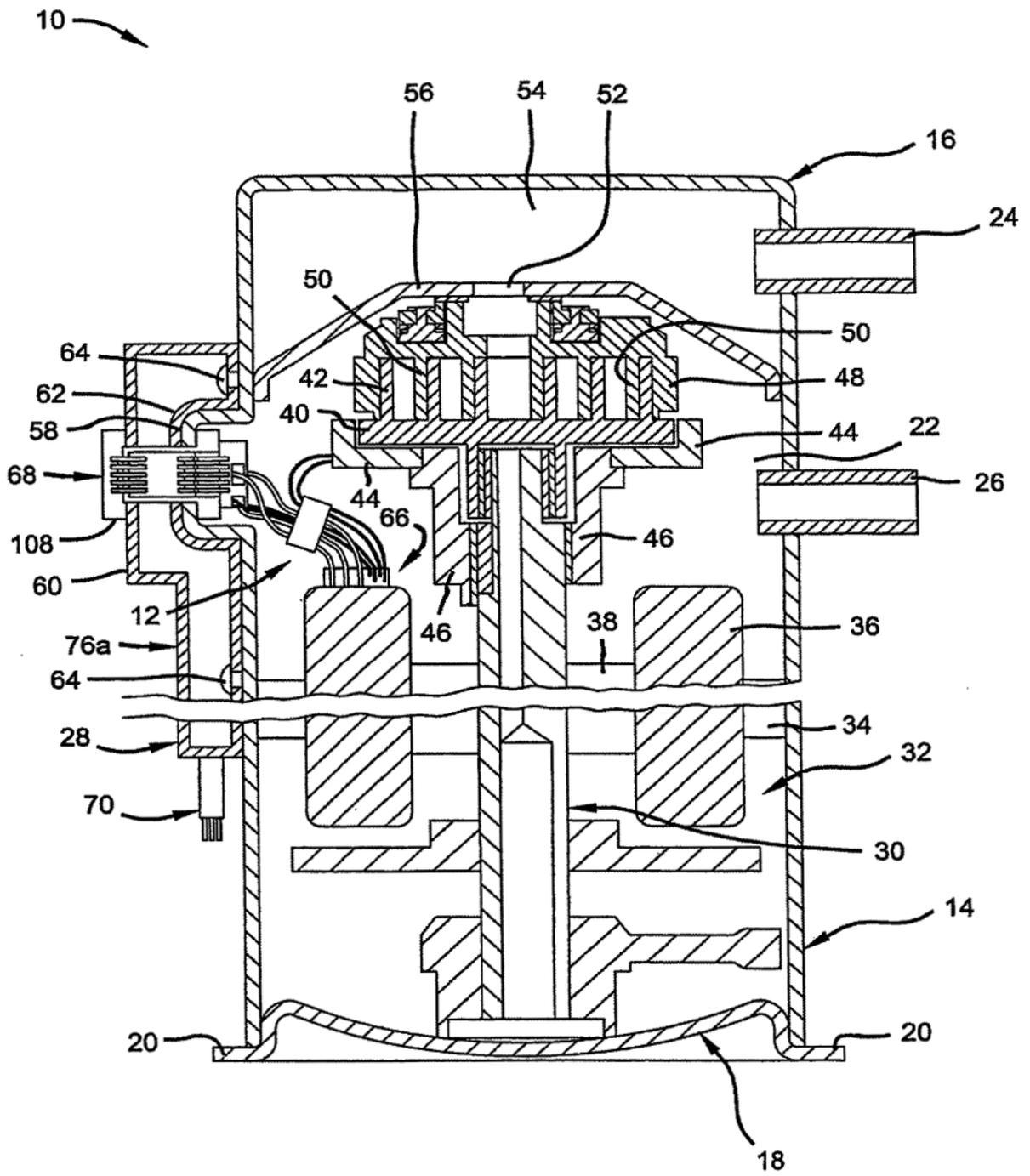


FIG 8

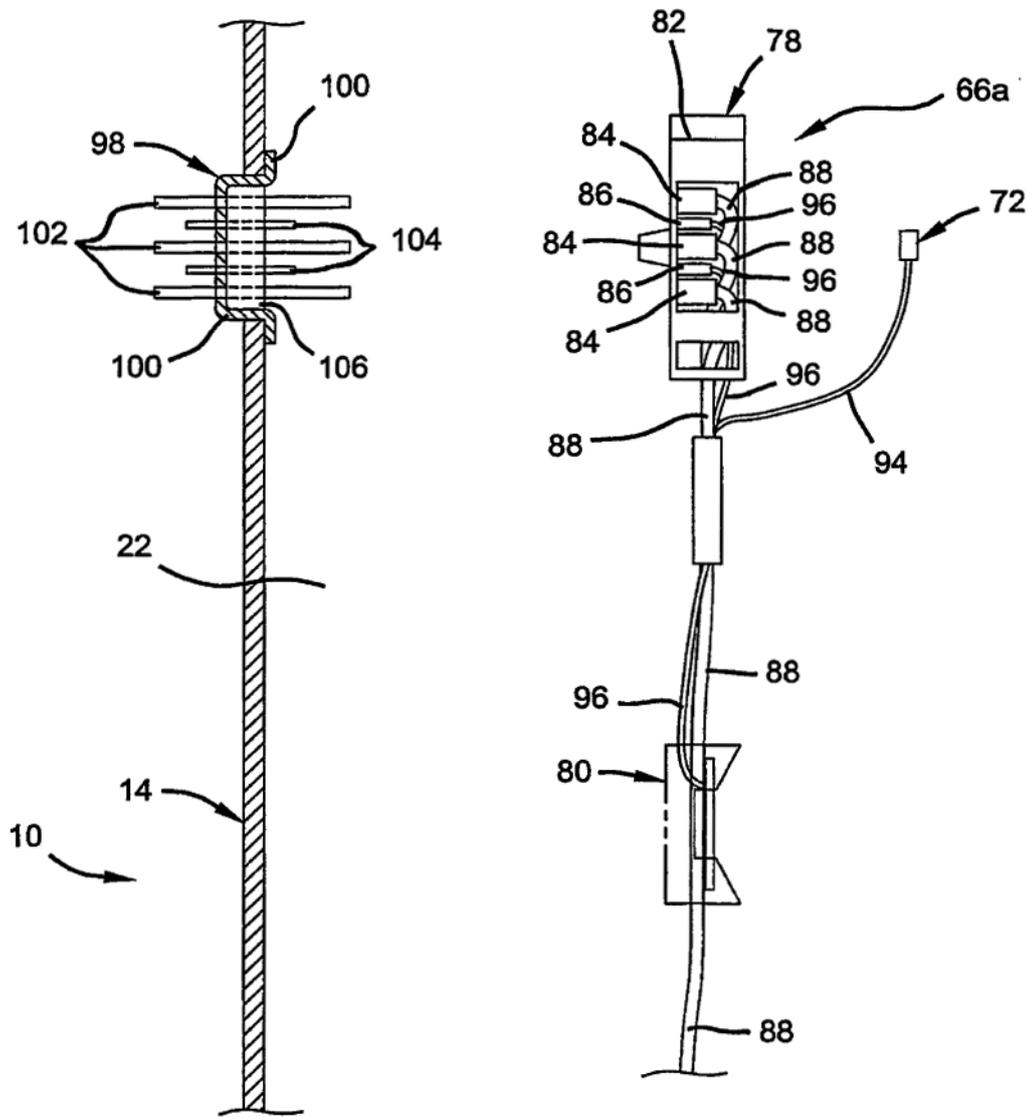


FIG 9

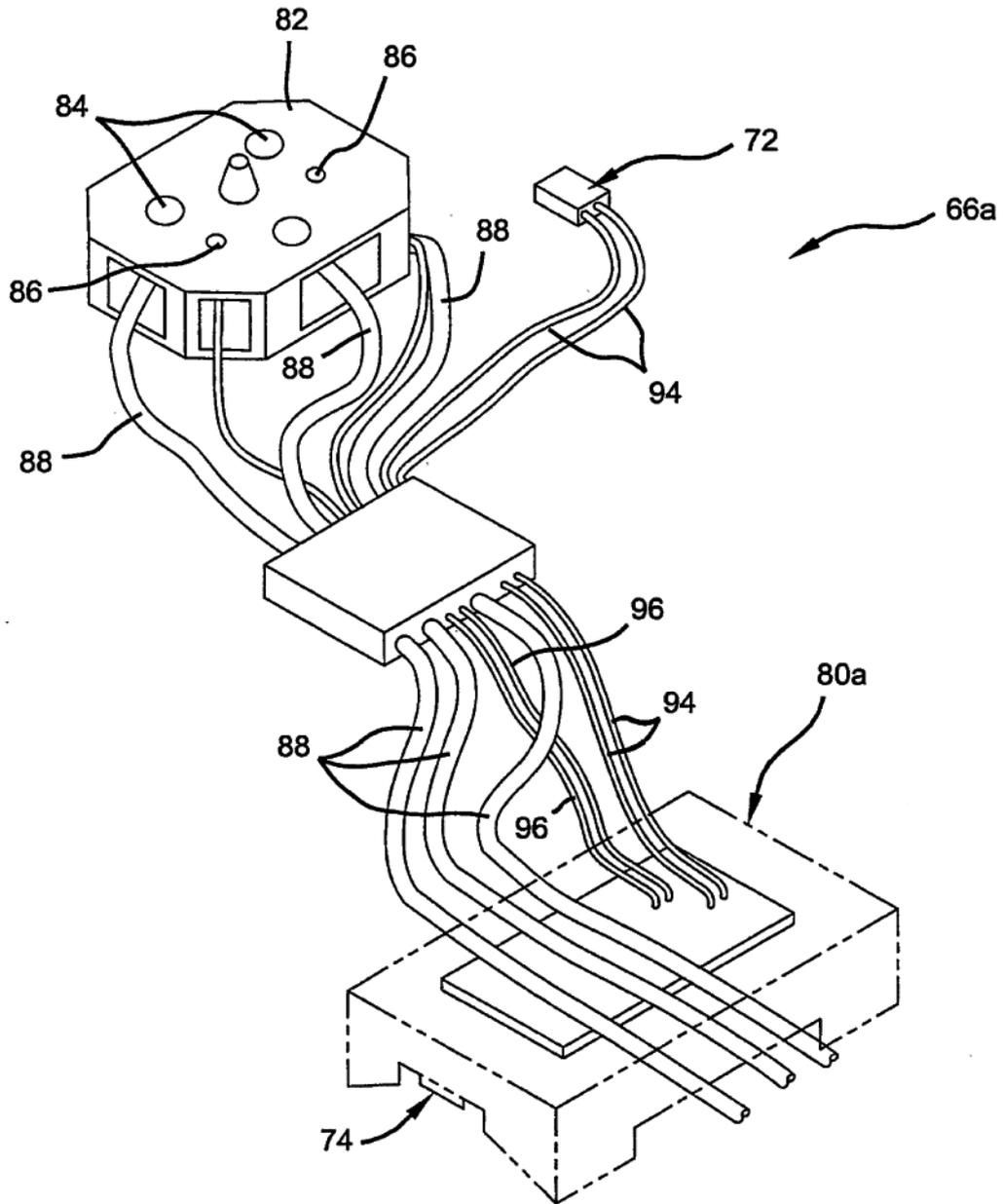


FIG 10

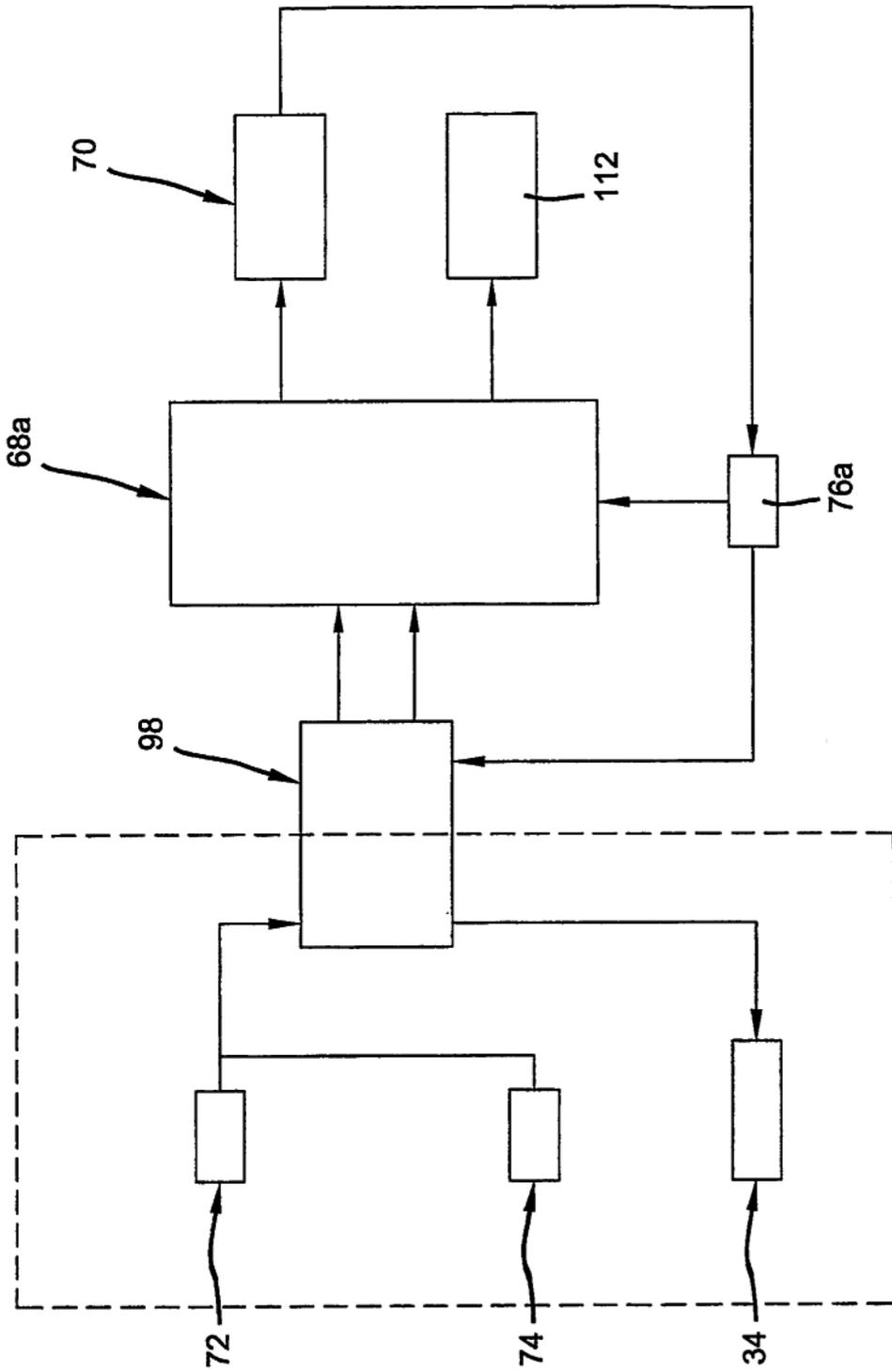


FIG 11

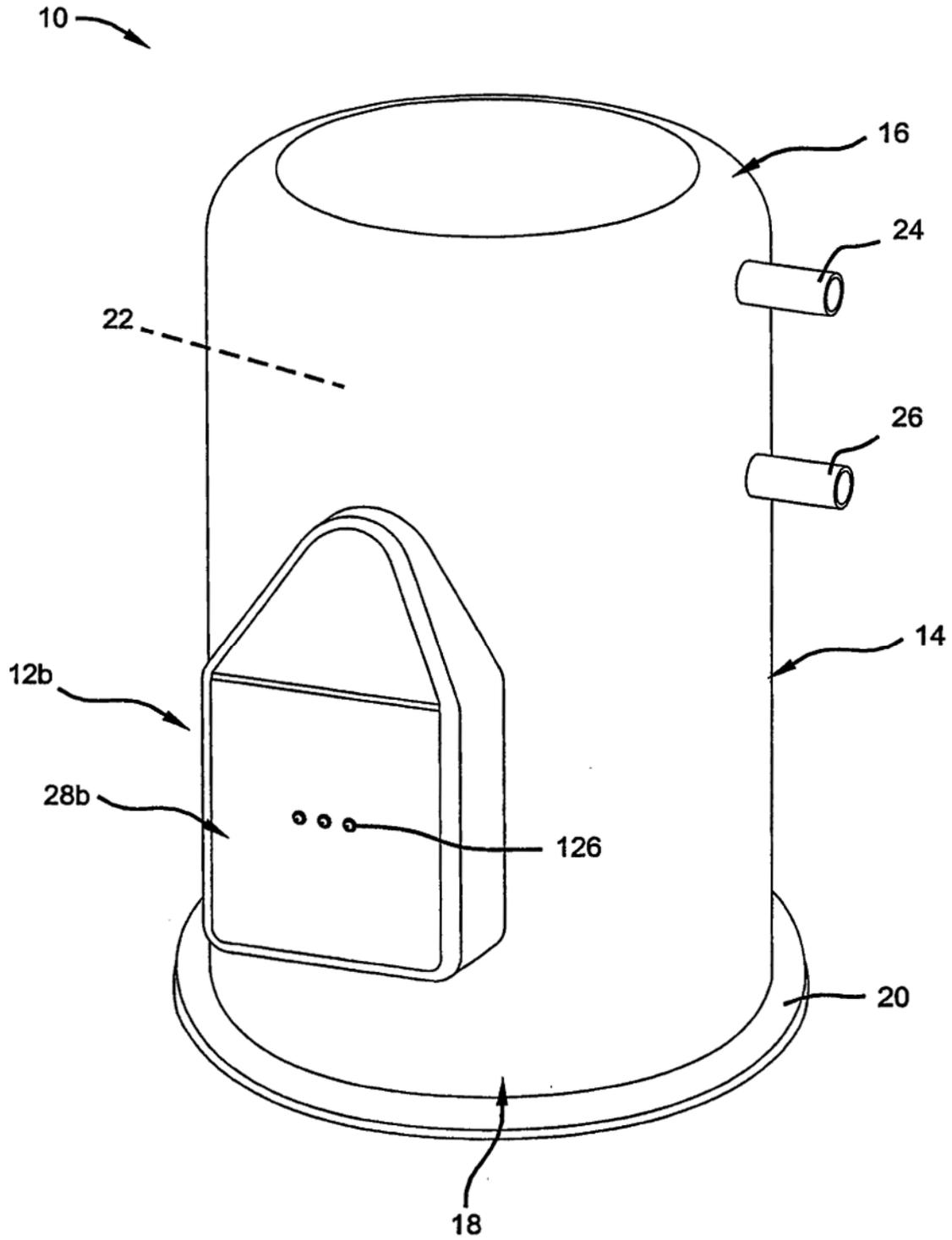


FIG 12

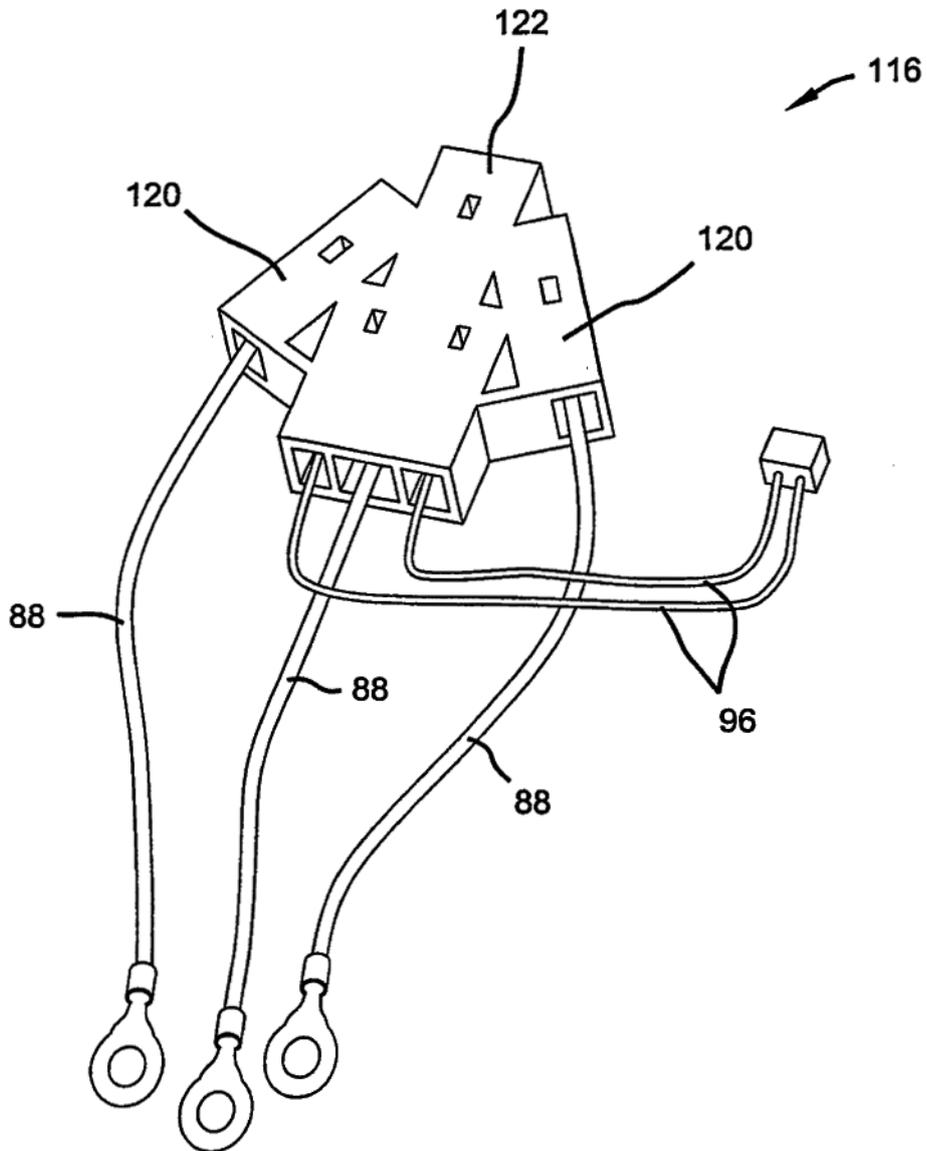


FIG 13

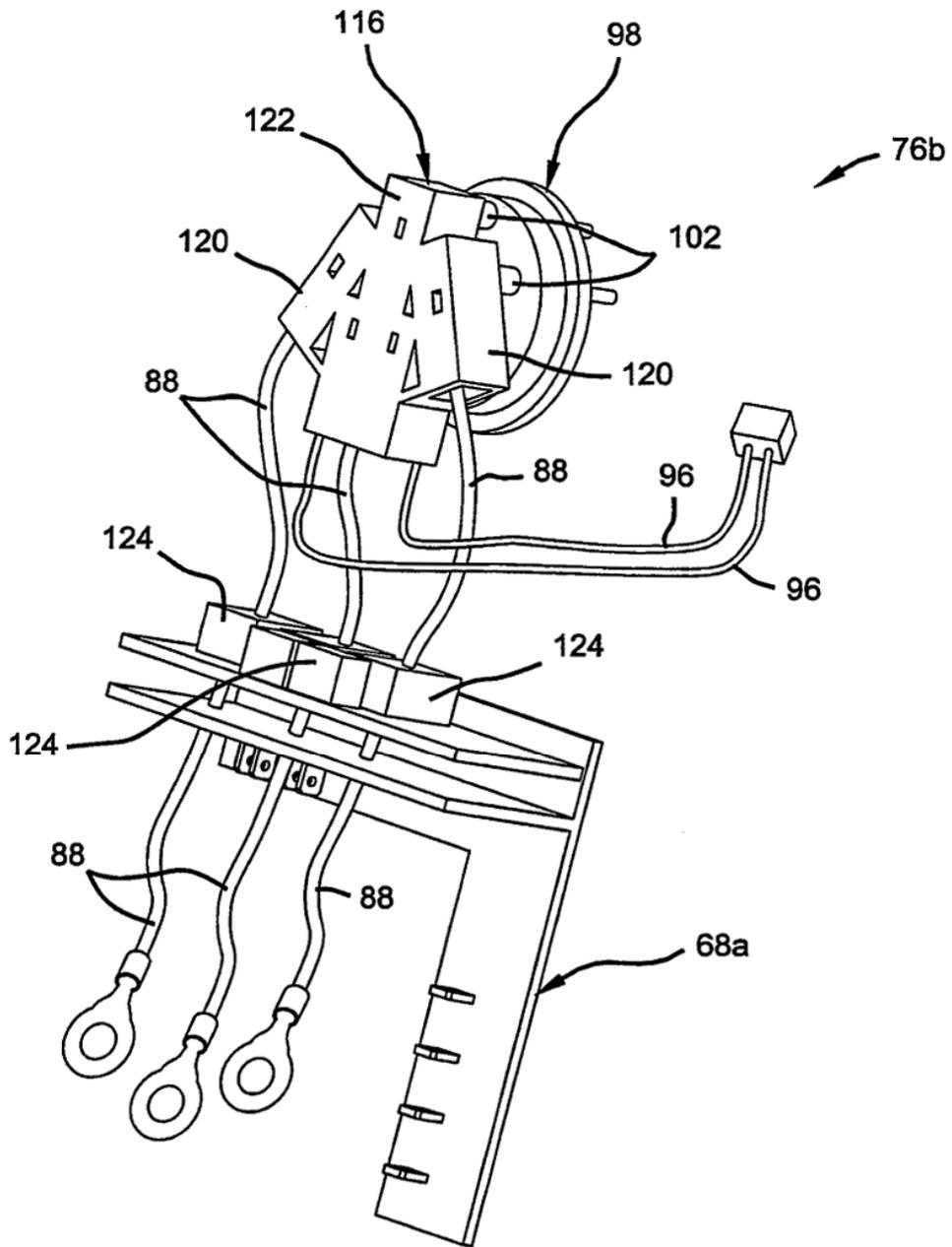


FIG 14

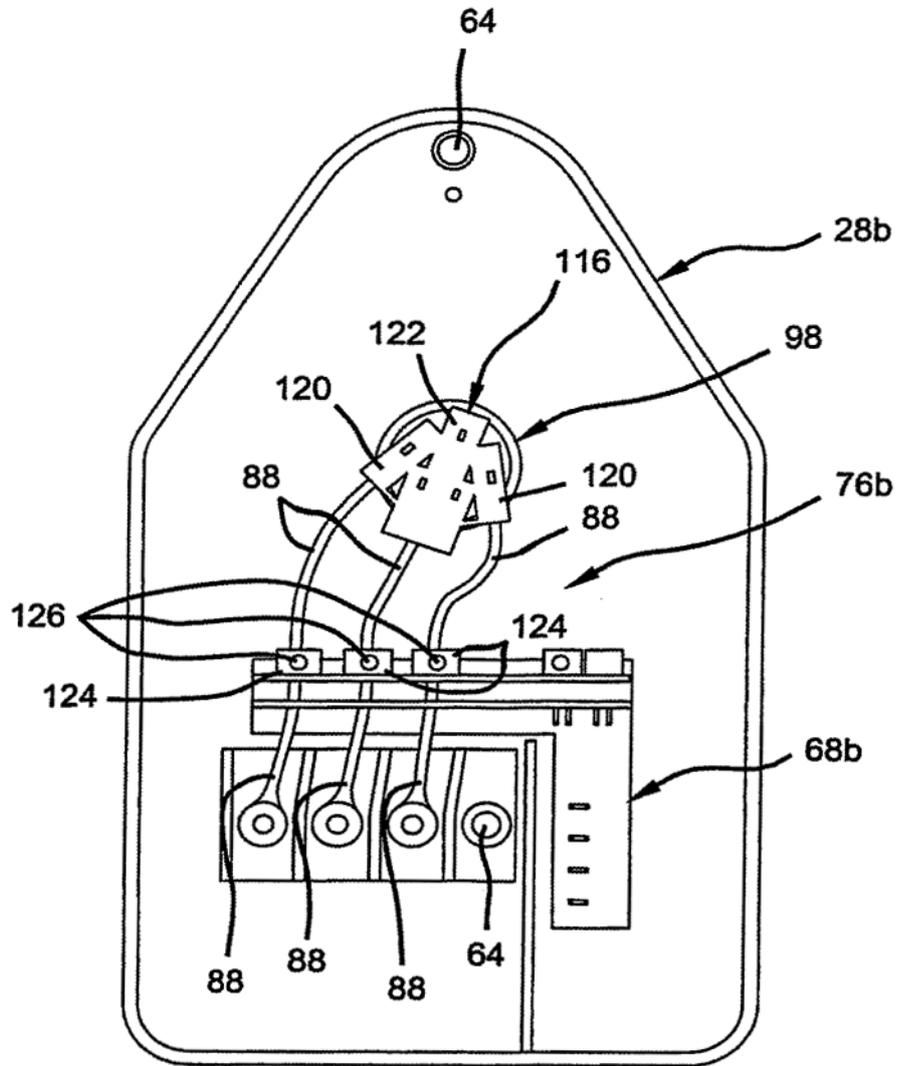


FIG 15

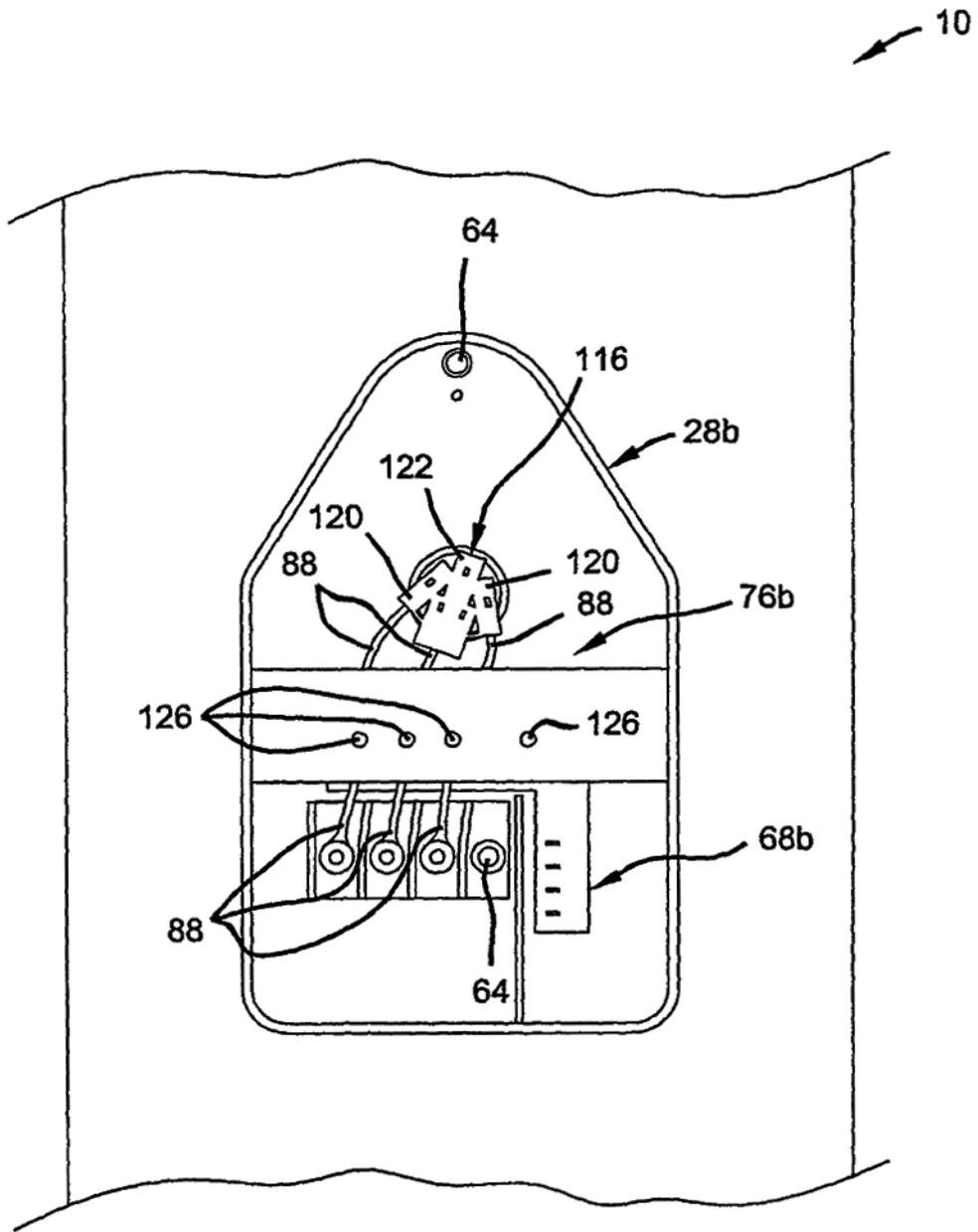


FIG 16

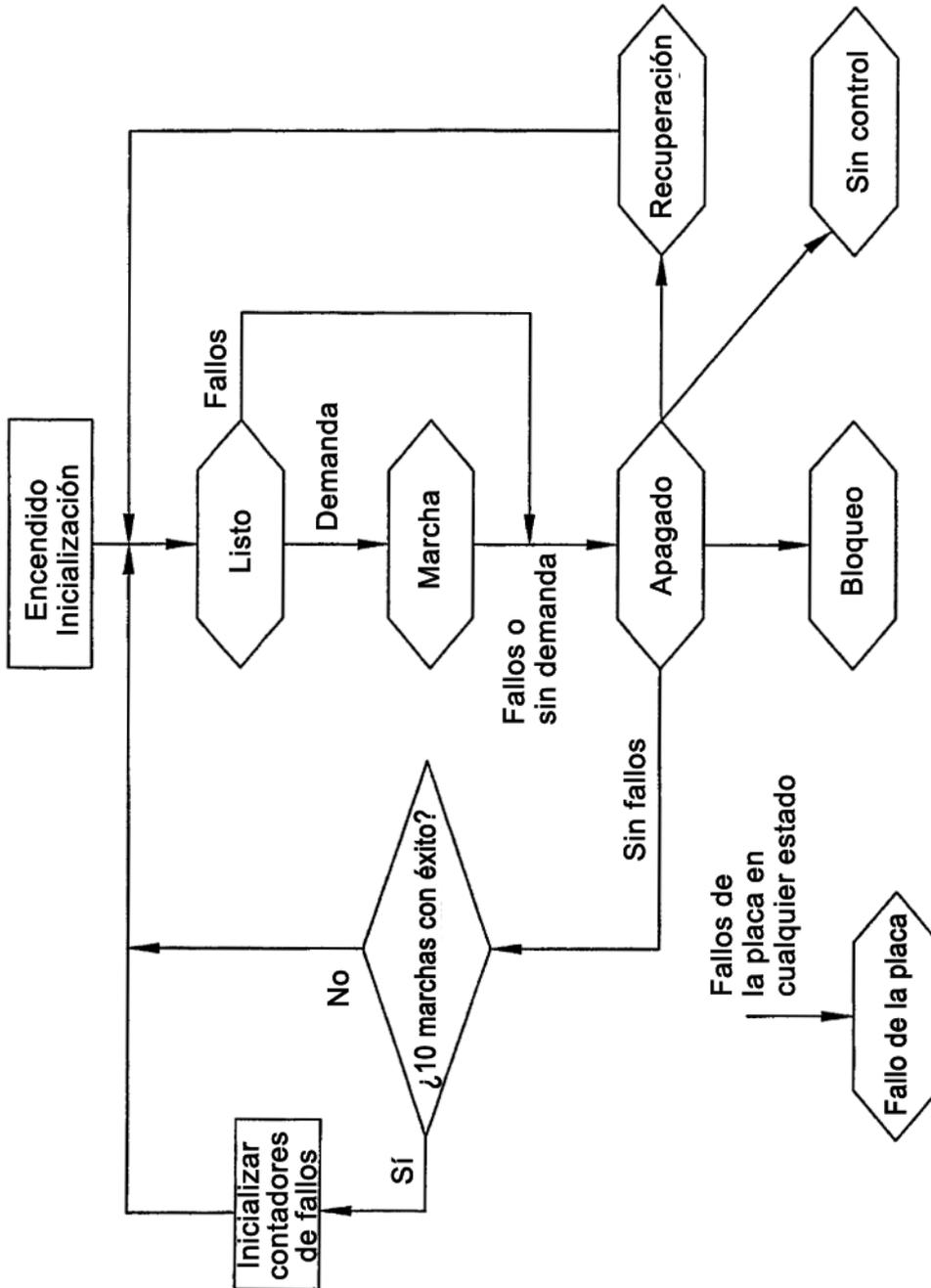


FIG 17

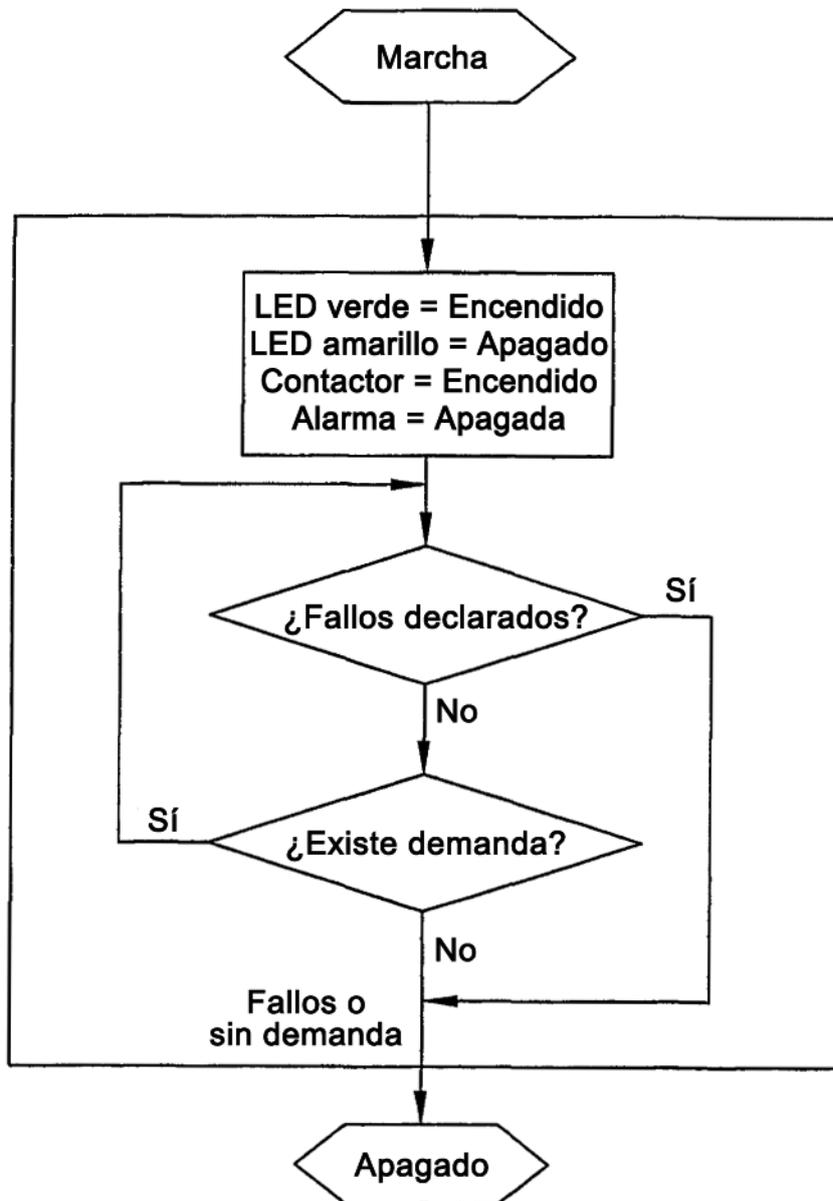


FIG 18

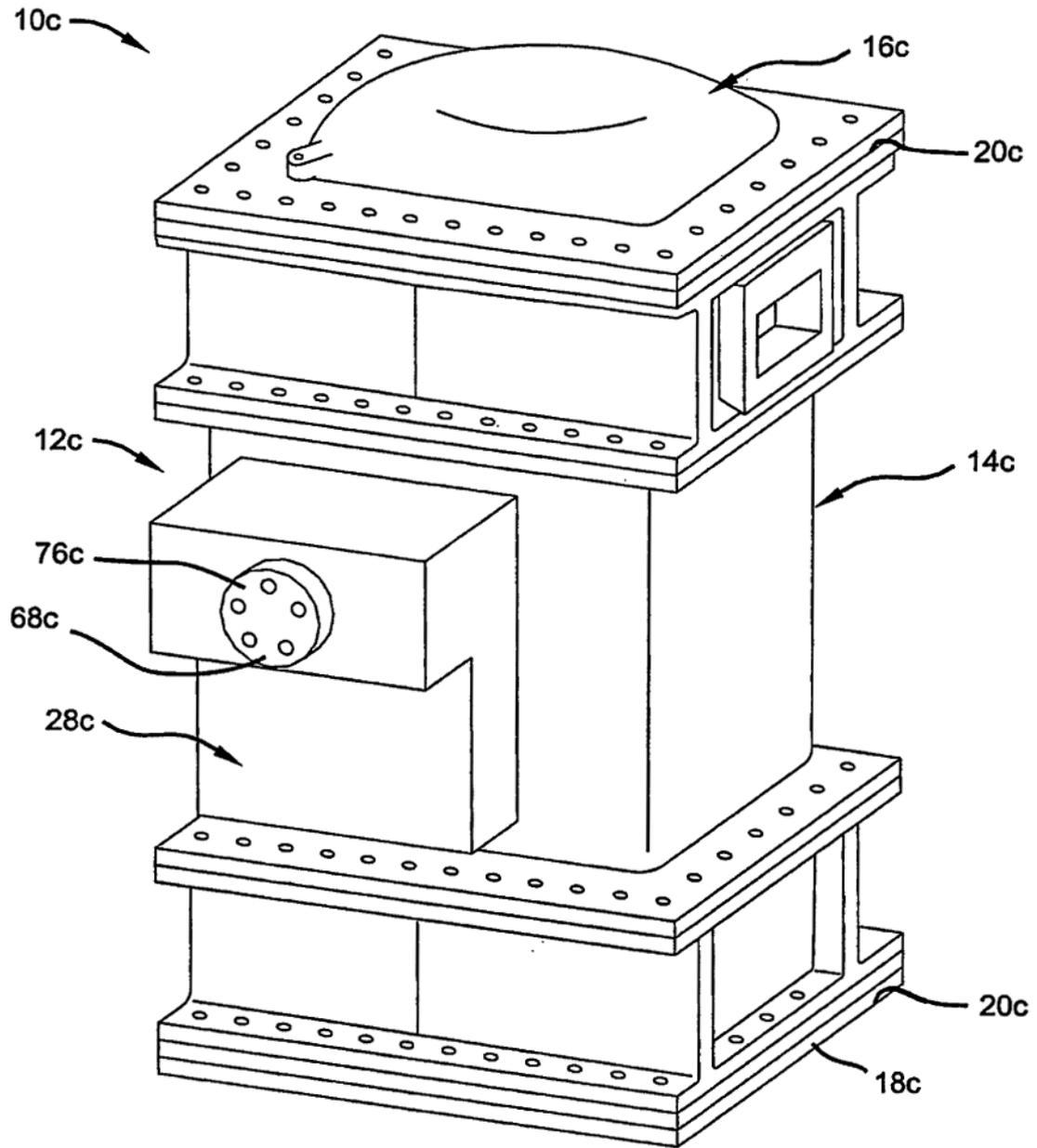


FIG 19

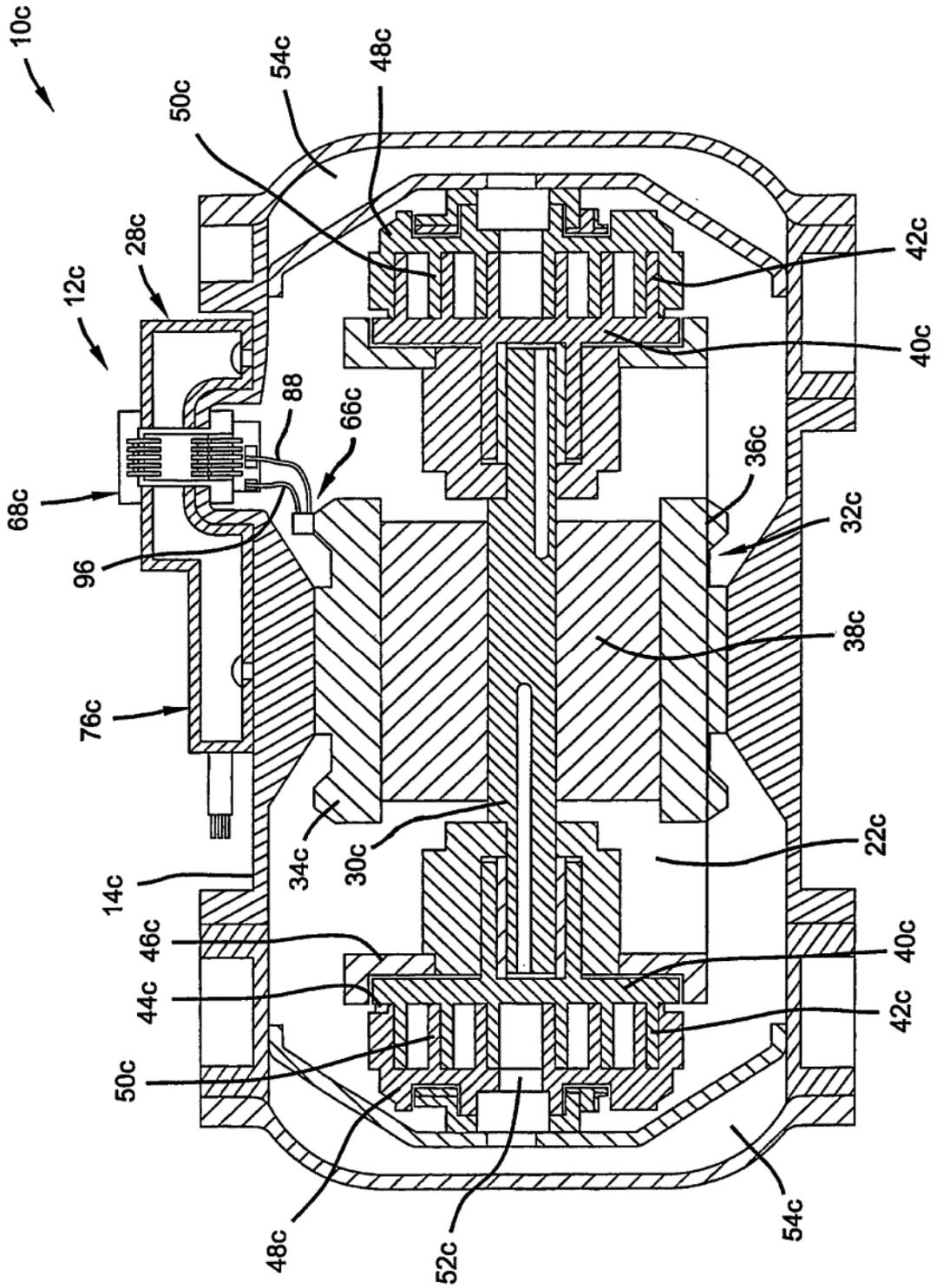


FIG 20

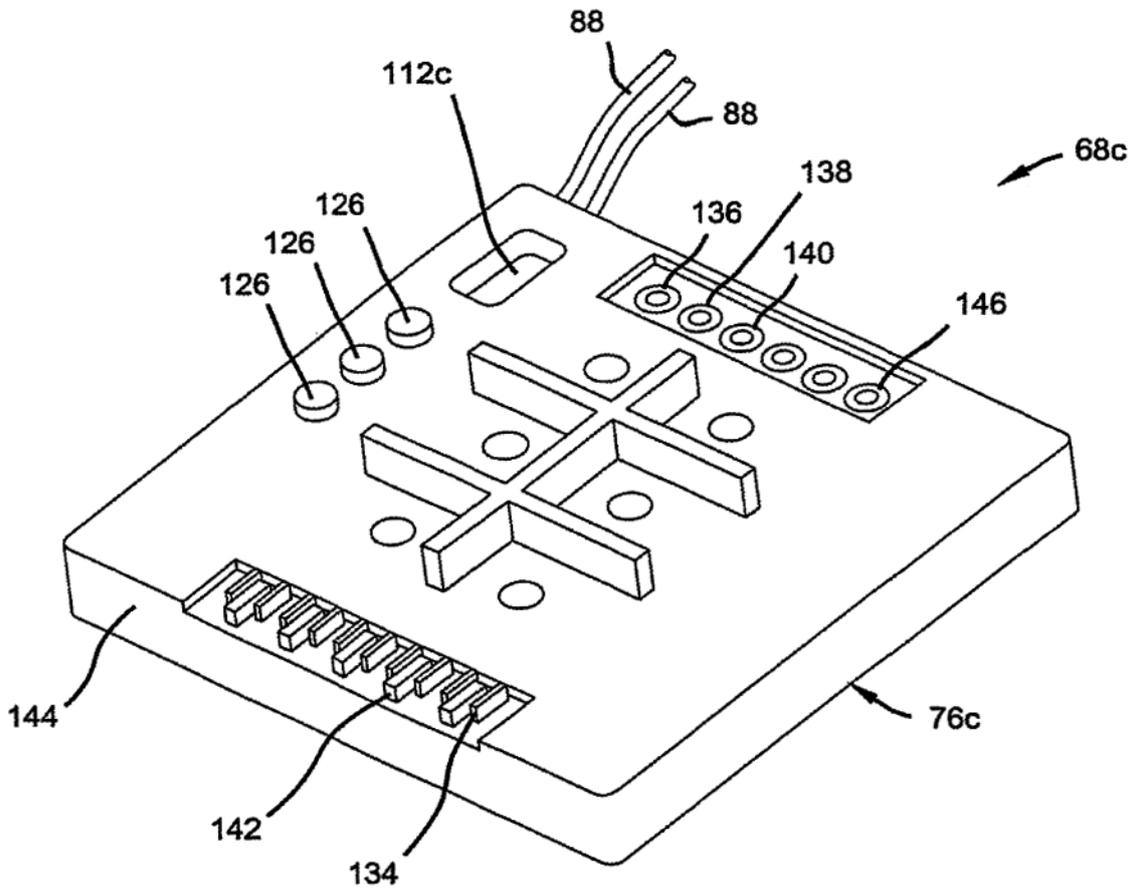


FIG 21

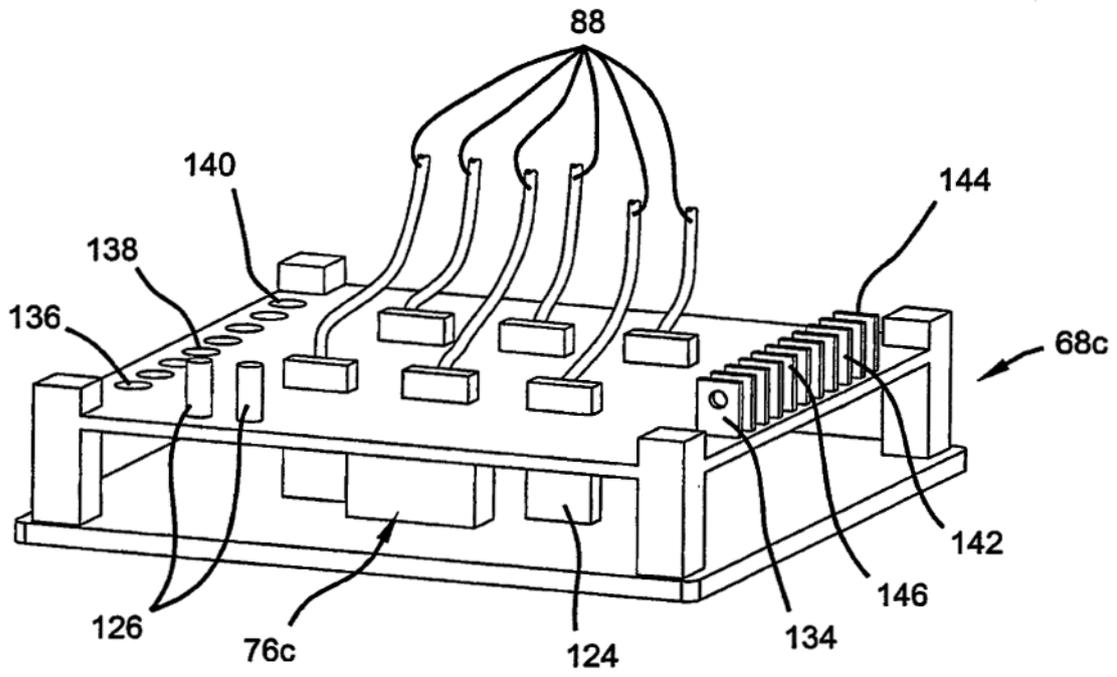


FIG 22

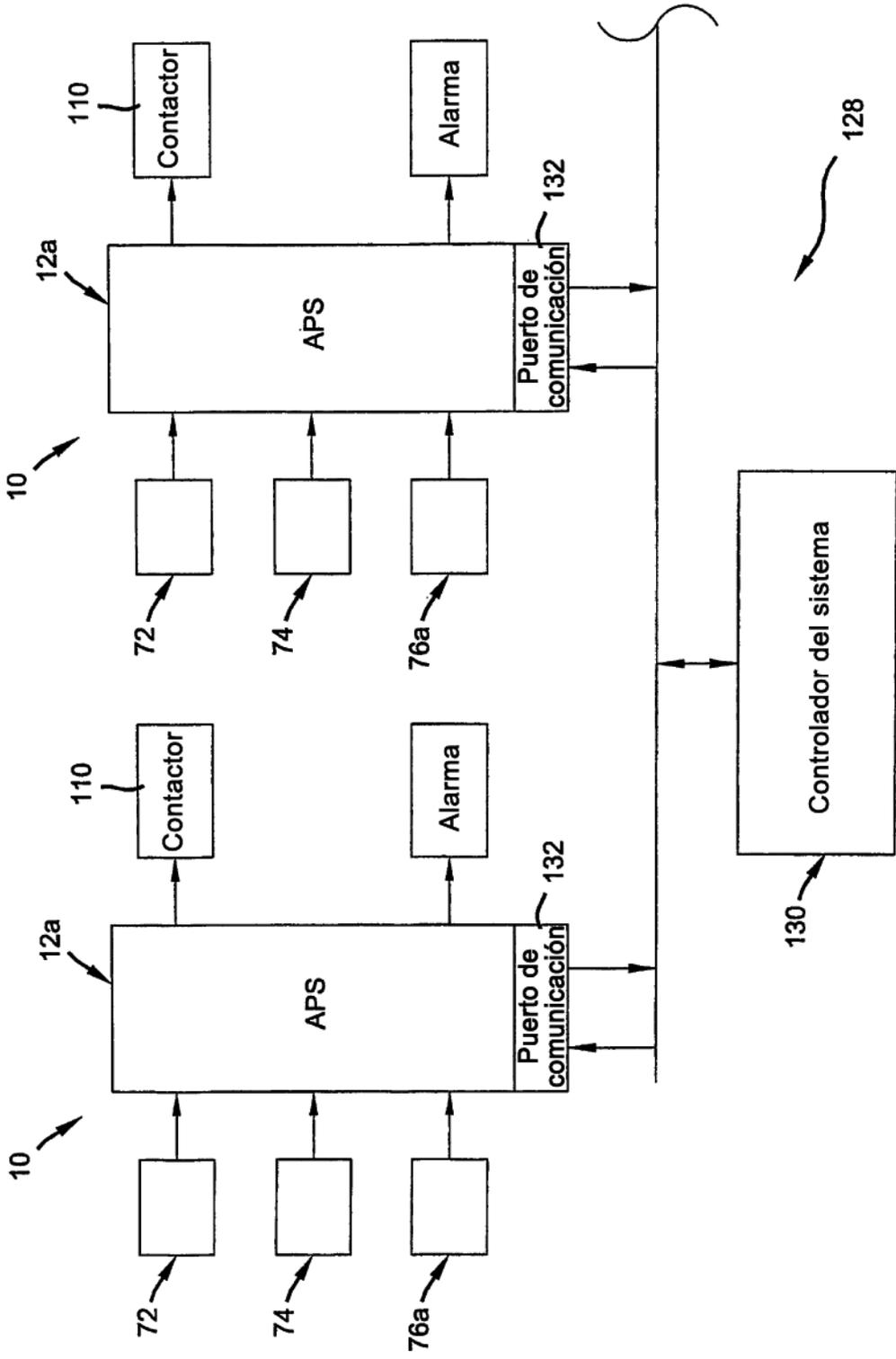


FIG 23