

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 855 008**

51 Int. Cl.:

F25B 49/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.12.2010 PCT/US2010/059606**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.06.2011 WO11075373**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2010 E 10795858 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.01.2021 EP 2513575**

54 Título: **Sistema de refrigeración de transporte y métodos para el mismo para hacer frente a las condiciones dinámicas**

30 Prioridad:

18.12.2009 US 288017 P

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

23.09.2021

73 Titular/es:

**CARRIER CORPORATION (100.0%)
One Carrier Place
Farmington, CT 06034 , US**

72 Inventor/es:

**SENF, RAYMOND, L., JR. y
REASON, JOHN, R.**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 855 008 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 refrigeración de transporte y métodos para el mismo para hacer frente a las condiciones dinámicas

- 5 Esta descripción se refiere en general a las unidades de refrigeración de transporte y, más específicamente, a los métodos y aparatos para las condiciones dinámicas en las mismas.

10 Una dificultad particular del transporte de artículos perecederos es que tales artículos deben mantenerse dentro de un rango de temperatura para reducir o prevenir, dependiendo de los artículos, el deterioro, o a la inversa daños por congelación. Una unidad de refrigeración de transporte se utiliza para mantener las temperaturas adecuadas dentro de un espacio de transporte de carga. La unidad de refrigeración de transporte puede estar bajo la dirección de un controlador. El controlador garantiza que la unidad de refrigeración de transporte mantenga un ambiente determinado (por ejemplo, un ambiente térmico) dentro del espacio de transporte de carga.

- 15 El documento WO 2008/140454 A1 describe una unidad de refrigeración de transporte y un proceso para el uso en una unidad de refrigeración de transporte que tiene un compresor, un intercambiador de calor de rechazo de calor del refrigerante, un evaporador, un economizador, una primera válvula de expansión aguas arriba del evaporador, una segunda válvula de expansión acoplada entre el economizador y el compresor, y un controlador, donde el proceso detecta una transición de modo de aumento de capacidad para el economizador.

20 Visto desde un aspecto, la invención proporciona un proceso para utilizar en una unidad de refrigeración de transporte que tiene un compresor, un condensador, un evaporador, un economizador, una segunda válvula de expansión acoplada entre el economizador y el compresor, y una primera válvula de expansión aguas arriba del evaporador, comprendiendo el proceso: detectar una transición de modo de aumento de capacidad para el economizador; y controlar adaptativamente un caudal de inyección para el economizador durante al menos una parte de la transición de modo de aumento de capacidad como respuesta a una de: la presión disponible, potencia disponible o corriente disponible para la unidad de refrigeración de transporte, donde el control adaptativo comprende operar selectivamente la segunda válvula de expansión a través de una transición de un primer caudal a un segundo caudal superior utilizando las condiciones del sistema para controlar un caudal de transición del primer caudal al segundo caudal superior que responde a la transición de modo de aumento de capacidad, donde las condiciones del sistema establecen un período de tiempo prescrito para la transición, donde el primer caudal es un caudal de inyección distinto de cero inferior al 100%, el segundo caudal es un caudal de inyección del 100% y el periodo de tiempo prescrito es superior a diez segundos.

- 35 Visto desde un segundo aspecto, la invención proporciona un producto de programa informático que comprende un medio de almacenamiento utilizable por computadora para almacenar un programa legible por computadora que, cuando se ejecuta en una computadora, hace que la computadora realice operaciones para operar una unidad de refrigeración de transporte como se define en el aspecto anterior de acuerdo con el proceso del aspecto anterior.

40 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para una comprensión adicional de la invención, se hará referencia a la siguiente descripción detallada de la invención la cual debe leerse en relación con el dibujo adjunto, donde:

- 45 La Fig. 1 es un diagrama que muestra una realización de un sistema de refrigeración de transporte de acuerdo con la solicitud;
La Fig. 2 ilustra esquemáticamente una realización ejemplar de una unidad de refrigeración de transporte de acuerdo con la solicitud;
La Fig. 3 es un diagrama de bloques que presenta colectivamente un diagrama de flujo que ilustra una realización ejemplar del proceso para controlar la presión del compresor durante la operación de un sistema de refrigeración;
50 La Fig. 4 es un diagrama de bloques que presenta colectivamente un diagrama de flujo que ilustra una realización ejemplar del proceso para controlar la presión del compresor durante la operación de un sistema de refrigeración;
La Fig. 5 es un diagrama de bloques que presenta colectivamente un diagrama de flujo que ilustra una realización ejemplar del proceso para controlar las operaciones del evaporador durante la operación de un sistema de refrigeración;
55 La Fig. 6 es un diagrama que ilustra las relaciones ejemplares entre los parámetros del sistema cuando un ventilador del condensador funciona en ciclos de encendido y apagado durante la operación de un sistema de refrigeración.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES EJEMPLARES

- 60 Ahora se hará referencia en detalle a las realizaciones ejemplares de la solicitud, cuyos ejemplos se ilustran en los dibujos adjuntos. Siempre que sea posible, se utilizarán los mismos números de referencia en todos los dibujos para hacer referencia a las mismas partes o similares.

- 65 La Fig. 1 es un diagrama que muestra una realización de un sistema de refrigeración de transporte. Como se muestra en la FIG. 1, un sistema de refrigeración de transporte 100 puede incluir una unidad de refrigeración de

transporte 10 acoplada a un espacio cerrado dentro de un contenedor 12. Como se muestra en la FIG. 1, la unidad de refrigeración de transporte 10 está configurada para mantener un ambiente térmico prescrito dentro del contenedor 12 (por ejemplo, carga en un volumen cerrado).

5 En la FIG. 1, la unidad de refrigeración de transporte 10 está conectada en un extremo del contenedor 12. Alternativamente, la unidad de refrigeración de transporte 10 puede acoplarse a una posición prescrita en un lado o más de un lado del contenedor 12. En una realización, una pluralidad de unidades de refrigeración de transporte se puede acoplar a un solo contenedor 12. Alternativamente, una sola unidad de refrigeración de transporte 10 puede ser acoplada a una pluralidad de contenedores 12. La unidad de refrigeración de transporte 10 puede operar para
10 introducir aire a una primera temperatura y para expulsar aire a una segunda temperatura. En una realización, el aire de expulsión de la unidad de refrigeración de transporte 10 será más caliente que el aire introducido de tal manera que la unidad de refrigeración de transporte 10 se emplea para calentar el aire en el contenedor 12. En una realización, el aire de expulsión de la unidad de refrigeración de transporte 10 será más frío que el aire introducido de tal manera que la unidad de refrigeración de transporte 10 se emplea para enfriar el aire en el contenedor 12. La
15 unidad de refrigeración de transporte 10 puede introducir aire del contenedor 12 con una temperatura de retorno Tr (por ejemplo, primera temperatura) y aire de expulsión al contenedor 12 con una temperatura de suministro Ts (por ejemplo, segunda temperatura).

20 En una realización, la unidad de refrigeración de transporte 10 puede incluir uno o más sensores (alámbricos o inalámbricos) para controlar de forma continua o repetida las condiciones u operaciones de la unidad de refrigeración de transporte 10. Como se muestra en la FIG. 1, los sensores ejemplares pueden incluir un primer sensor de temperatura 24 de la unidad de refrigeración de transporte 10 que puede proporcionar la temperatura de suministro Ts y un segundo sensor de temperatura 22 de la unidad de refrigeración de transporte 10 que puede proporcionar la temperatura de retorno Tr a la unidad de refrigeración de transporte 10, respectivamente.

25 Un sistema de refrigeración de transporte 100 puede proporcionar aire con temperatura, humedad y/o concentración de especies controladas en una cámara cerrada donde se almacena la carga, tal como en el contenedor 12. Como el experto en la técnica sabe, el sistema de refrigeración de transporte 100 (por ejemplo, el controlador 220) es capaz de controlar una pluralidad de los parámetros ambientales o todos los parámetros ambientales dentro de los rangos correspondientes con una gran variedad de cargas y en todo tipo de condiciones ambientales.
30

La Fig. 2 es un diagrama que muestra una realización de un sistema de refrigeración de transporte. Como se muestra en la FIG. 2, la unidad de refrigeración de transporte 200 puede acoplarse de forma operativa a un contenedor (no se muestra), que se puede utilizar con un remolque, un contenedor intermodal, un vagón ferroviario,
35 un buque o similares, utilizado para el transporte o almacenamiento de mercancías que requieran un ambiente de temperatura controlada, como, por ejemplo, alimentos y medicamentos (por ejemplo, perecederos o congelados). El contenedor puede incluir un volumen cerrado para el transporte/almacenamiento de tales mercancías. El volumen cerrado puede ser un espacio cerrado con una atmósfera interior aislada del exterior (por ejemplo, atmósfera o condiciones ambientales) del contenedor.

40 Como se muestra en la figura 2, el compresor 210 puede ser un compresor espiral; sin embargo, otros compresores tales como los compresores recíprocos o de tornillo son posibles sin limitar el alcance de la descripción. Se puede utilizar un motor (no se muestra) para accionar el compresor 210. Por ejemplo, un motor puede ser un motor de accionamiento eléctrico integrado accionado por un generador síncrono, un servicio de energía comercial, un sistema de generación de energía externo (por ejemplo, a bordo), un generador o similares. El compresor 210 puede ser un dispositivo de compresión de múltiples etapas.
45

El vapor del refrigerante a alta temperatura y alta presión que sale del compresor 210 puede trasladarse al condensador refrigerado por aire 230, que puede incluir una pluralidad de aletas y tubos de la batería del condensador 234, que reciben aire, normalmente soplado por un ventilador del condensador 232. Al eliminar el calor latente a través del condensador 230, el refrigerante se condensa a un líquido a alta presión/alta temperatura y fluye a un depósito 236 que puede proporcionar almacenamiento para el exceso de refrigerante líquido durante operaciones a baja temperatura. Desde el depósito 236, el refrigerante puede fluir a un filtro-deshidratador 238 que puede mantener el refrigerante limpio y seco.
50

55 La unidad 200 puede incluir un economizador. Un dispositivo economizador 240 puede aumentar el subenfriamiento del refrigerante. Cuando el dispositivo economizador 240 está activo, la válvula 242 se puede abrir para permitir que el refrigerante pase a través de una válvula de expansión auxiliar 244 con una bombilla de detección 246 situada aguas arriba de un puerto de entrada intermedio 212 del compresor 210. La válvula 244 se puede controlar respondiendo a la temperatura medida en la bombilla 246, y servir para expandir y enfriar el refrigerante que procede en un intercambiador de calor a contraflujo del economizador 248, que además puede sub-enfriar el refrigerante líquido.
60

El refrigerante fluye desde el intercambiador de calor del economizador 248 del dispositivo economizador 240 a una válvula de expansión electrónica del evaporador ("EVXV") 250. A medida que el refrigerante líquido pasa por el orificio de la EVXV 250, al menos parte del refrigerante líquido puede vaporizarse. A continuación, el refrigerante
65

fluye a través de los tubos o baterías 264 de un evaporador 260. El evaporador 260 puede absorber el calor del aire de retorno 295 (por ejemplo, el aire que regresa de la caja o del contenedor) y, al hacerlo, vaporizar parte o todo el refrigerante líquido restante en el evaporador 260. El aire de retorno 295 es preferentemente arrastrado o empujado a través de los tubos o baterías 264 por al menos un ventilador del evaporador 262. El vapor de refrigerante se puede extraer del evaporador 260 a través de una válvula de servicio de succión 275 de vuelta al compresor 210.

Muchos de los puntos de la unidad de refrigeración de transporte 200 pueden ser monitoreados y controlados por un controlador 220. El controlador 220 puede incluir un microprocesador 222 y una memoria asociada 224. La memoria 224 del controlador 220 puede contener valores deseados preseleccionados por el operador o el propietario para diversos parámetros de operación dentro de la unidad 200, incluidos, entre otros, los puntos de ajuste de temperatura para diversas ubicaciones dentro de la unidad 200 o la caja, los límites de presión, los límites de corriente, los límites de velocidad del motor, y cualquier variedad de otros parámetros o límites de operación deseados con la unidad 200 o un sistema de refrigeración. En una realización, el controlador 220 puede incluir una placa de microprocesador que contiene el microprocesador 222 y la memoria 224, una placa de entrada/salida (E/S) 228 que puede incluir un convertidor analógico a digital 229. La E/S puede recibir entradas de temperatura y entradas de presión de diversos puntos del sistema, entradas de corriente CA, entradas de corriente CC, entradas de tensión y entradas de nivel de humedad. Además, la placa de E/S 228 puede incluir circuitos de accionamiento o transistores de efecto de campo ("FETs", por sus siglas en inglés) y relés para recibir señales o corriente del controlador 220 y, a su vez, controlar diversos dispositivos externos o periféricos en la unidad 200, tal como la EVXV 250, por ejemplo.

Entre los sensores y/o transductores ejemplares monitorizados por el controlador 220 puede estar un sensor de temperatura del aire de retorno (TAR) 268 que introduce en el microprocesador 222 un valor de resistencia variable de acuerdo con la temperatura del aire de retorno del evaporador. Un sensor de temperatura de aire del ambiente (TAA) 270 que puede proporcionar al microprocesador 222 un valor de temperatura del aire ambiente (por ejemplo, leído delante del condensador 230). Un sensor de temperatura de succión del compresor (TSC) 272 que puede introducir al microprocesador un valor de resistencia variable de acuerdo con la temperatura de succión del compresor. Un sensor de temperatura de descarga del compresor (TDC) 274 que puede detectar una temperatura de descarga del compresor dentro del domo del compresor 210. Un sensor de temperatura de salida del evaporador (TSEV) 281 y un transductor de presión de salida del evaporador (PSEV) 282 que pueden detectar un valor de temperatura de salida y una presión de salida del evaporador del evaporador 260. Un transductor de presión de succión del compresor (PSC) 278 puede proporcionar al microprocesador 222 una tensión variable de acuerdo con un valor de succión del compresor 210. Un transductor de presión de descarga del compresor (PDC) 280 que puede suministrar al microprocesador 222 una tensión variable de acuerdo con un valor de descarga del compresor 210. Además, el sensor de corriente continua 286 y el sensor de corriente alterna 288 (CT1 y CT2, respectivamente) pueden detectar la corriente consumida por el compresor 210.

En una realización, el microprocesador 222 puede utilizar las entradas del sensor de PSEV 282 y del sensor de TSEV 281 para calcular el recalentamiento del evaporador de la batería del evaporador RCE, utilizando algoritmos entendidos por los expertos en la técnica. El microprocesador 222 puede entonces comparar el valor del recalentamiento del evaporador calculado SCE con un valor de recalentamiento deseado, preseleccionado, o punto de ajuste, que se puede almacenar en la memoria 224. El microprocesador 222 puede entonces accionar la EVXV 250 dependiendo de las diferencias entre el recalentamiento del evaporador RCE real y deseado para acercarse o mantener el ajuste de recalentamiento deseado (por ejemplo, un recalentamiento prescrito, un recalentamiento seleccionado por la condición, o el recalentamiento mínimo para maximizar la capacidad de la unidad). Se puede programar el microprocesador 222 para operar con un ajuste prescrito o con el ajuste más bajo de recalentamiento que pueda mantenerse o controlarse, y que reduzca o impida un flujo de retorno operativo (por ejemplo, escape de refrigerante líquido al compresor). El valor de ajuste prescrito o más bajo variará en función de la capacidad y la configuración específica de la unidad 200. Por ejemplo, tal valor de operación puede ser determinado a través de la experimentación por expertos en la técnica. En una realización, tal nivel de recalentamiento puede entonces usarse como el recalentamiento de "implementación de base" o un ajuste de base desde el cual se pueden hacer compensaciones de recalentamiento en caso de diversas condiciones de operación y/o condiciones ambientales.

En la implementación de base descrita anteriormente, se ha determinado que el recalentamiento generado en el evaporador 260 o el compresor 210 puede superar las condiciones deseadas o los límites de seguridad en algunos regímenes de operación. Un ejemplo de tal régimen operativo puede ser las operaciones dinámicas del sistema de refrigeración o cuando las transiciones operativas causan condiciones dinámicas o condiciones extremas o irreversibles en la unidad de refrigeración de transporte 200. Las técnicas de control convencionales y de la técnica relacionada, por ejemplo, mediante el control del recalentamiento del evaporador RCE, fueron ineficaces para prevenir condiciones de error como inundaciones del compresor o sobrecalentamiento de la descarga del compresor.

Ahora se describirá una realización de un método de operación de un sistema de refrigeración de transporte de acuerdo con la solicitud. La realización del método mostrada en la FIG. 3, se puede implementar en y se describirá utilizando una realización del sistema de refrigeración de transporte mostrada en la FIG. 2, sin embargo, la realización del método no tiene la intención de ser limitada al mismo.

Como se muestra en la FIG. 3, una vez iniciado un proceso, un sistema de refrigeración de transporte, la unidad de refrigeración de transporte 200 o el controlador 220 pueden ser operados en modo de refrigeración y monitorearse para una transición a un modo estándar (bloque de operación 310). Como se muestra en la FIG. 3, el modo estándar de la unidad de refrigeración de transporte 200 está previsto como un modo de operación en el que la unidad de refrigeración de transporte 200 es capaz de pasar al modo economizado. En una realización, el microprocesador 222 puede entrar en el modo estándar de acuerdo con el recalentamiento del evaporador RCE. En una realización, el controlador 220 puede entrar en el modo estándar después de un modo de refrigeración de baja de temperatura ("pull-down") que se inició al arrancar el sistema de refrigeración de transporte. En una realización, el modo estándar puede ser el modo de refrigeración de la implementación de base de acuerdo con el recalentamiento del evaporador RCE.

Cuando la determinación en el bloque de operación 310 es afirmativa, la unidad de refrigeración de transporte 200 opera en modo estándar (bloque de operación 320); de lo contrario, el control vuelve al bloque de operación 310. Por ejemplo, la determinación en el bloque de operación 310 se puede realizar de forma repetida, periódica, intermitente o sensible a una acción del operador o a una condición detectada.

Después de entrar en el modo estándar, la unidad 200 puede ser monitoreada para una transición de operación (bloque de operación 330). En una realización, el dispositivo economizador 240 es monitoreado para determinar cuando se cambia un estado de operación del dispositivo economizador 240. Por ejemplo, el dispositivo economizador 240 puede ser monitoreado mediante el controlador 220 (por ejemplo, el microprocesador 222). En una realización, el estado de operación del dispositivo economizador 240 puede ser monitoreado para las transiciones operacionales porque es difícil o imposible predecir las transiciones operacionales del dispositivo economizador 240 debido al número de variables independientes que influyen en tal cambio de estado operativo del dispositivo economizador 240.

En una realización, la energización del flujo de inyección de vapor de un sistema de refrigeración de transporte economizado es difícil de predecir para cualquier condición dada porque es una función de múltiples parámetros del sistema (por ejemplo, velocidad, relación de compresión, densidad de flujo de inyección). Al activar el circuito de inyección de un economizador, tal como el dispositivo economizador 240, puede producirse un aumento repentino de la potencia del compresor y, de manera convencional, la unidad 200 (por ejemplo, la SMV) no ha podido responder lo suficientemente rápido como para reducir la potencia total del sistema antes de que el motor se cale. En una realización, la energización del flujo de inyección de vapor de un sistema economizado puede aumentar la potencia instantánea del compresor hasta 4-6 amperios. Los métodos de la técnica relacionada de utilizar la estrangulación del gas de succión para reducir la potencia del compresor después de un repentino aumento del gas de la etapa media simplemente no funcionan debido a la reacción lenta del dispositivo de estrangulación de succión del motor de pasos. Convencionalmente, la energización del dispositivo economizador 240 puede dar lugar a errores del sistema de refrigeración de transporte, incluyendo, entre otros errores, inundaciones del compresor o calado del motor diésel.

Cuando se detecta la transición del dispositivo economizador 240 (bloque de operación 330 Sí), la unidad 200 o el controlador 220 pueden variar de forma controlable el caudal de gas de inyección en el sistema de inyección del economizador (por ejemplo, transiciones de modo ascendente de mayor capacidad) (bloque de operación 340). Por ejemplo, el microcontrolador 222 puede aumentar de forma controlable el caudal de inyección del economizador a través de un rango (por ejemplo, un caudal de inyección del 10% al 100%) durante un periodo de tiempo determinado. En una realización, el control de modulación por ancho de pulso (MAP) de la válvula solenoide de inyección del economizador puede aumentar gradualmente el caudal de inyección a través de un rango (por ejemplo, de 0% a 100%). La unidad 200 puede realizar una transición controlable de un componente de la unidad de refrigeración de transporte (por ejemplo, el economizador) de una condición inicial o actual (por ejemplo, cerrada) a una segunda o última condición (por ejemplo, abierta) durante un período de tiempo prescrito (por ejemplo, 10 segundos, dos minutos). En una realización, el flujo de inyección puede pulsarse durante cada período a un (más alto) caudal de inyección aumentado en una cantidad prescrita (por ejemplo, 20%). Alternativamente, la velocidad de inyección puede aumentar de forma escalonada a intervalos de ciclo de trabajo del 10% durante un período de 2-4 minutos. En una realización, el microprocesador 222 puede arrancar de manera suave el dispositivo economizador 240 para realizar de forma controlable las transiciones operativas del dispositivo economizador 240. En una realización, el dispositivo economizador 240 puede aumentar (o disminuir) en un intervalo entre 30 segundos y diez minutos de duración. El componente del sistema (por ejemplo, el economizador) puede ser monitoreado para completar la transición controlada del estado operativo (bloque de operación 350). Cuando el dispositivo economizador 240 ha alcanzado la parte superior del rango prescrito (por ejemplo, 50%, 100%) o el intervalo en el bloque de operación 350, el control puede continuar hasta el bloque de operación 360; de lo contrario, el control puede volver al bloque de operación 340.

La unidad de refrigeración de transporte 200 se puede comprobar (por ejemplo, el controlador 220) en busca de una condición de error (bloque de operación 360). Las condiciones de error ejemplares pueden incluir la operación fuera de las condiciones permitidas del sistema, tales como los límites de potencia o los límites de presión de descarga. Cuando se detecta la condición de error (bloque de operación 360 Sí), el control puede volver al bloque de operación

310. En ausencia de la condición de error (bloque de operación 360 NO), se puede comprobar el dispositivo economizador 240 para determinar si el dispositivo economizador 240 funciona a plena capacidad o al 100% economizado.

5 Cuando la determinación en el bloque de operación 370 es afirmativa, la transición al modo economizado de la unidad de refrigeración de transporte 200 está completa (bloque de operación 380) y el proceso puede terminar. Cuando la determinación en el bloque de operación 370 es negativa, la transición al modo economizado de la unidad de refrigeración de transporte 200 no está completa y el control puede volver al bloque de operación 330.

10 Las realizaciones que utilizan un enfoque de arranque suave para la transición del sistema economizado (por ejemplo, economizador habilitado) pueden permitir que las válvulas de tipo motor de pasos de respuesta más lenta (por ejemplo, SMV, EEV, SMV 275, EVXV 250)) tengan más tiempo para reaccionar a un aumento más lento y gradual del flujo másico de inyección (por ejemplo, ESV, válvula 242) y un aumento de potencia del compresor correspondiente. Las realizaciones de un sistema, controlador y métodos para su utilización de acuerdo con la solicitud pueden reducir o eliminar el riesgo de que el compresor 210 cale el suministro de energía (por ejemplo, motor diésel) cuando se requieren cambios ascendentes de capacidad porque el flujo de inyección medio basado en el tiempo se controlará a una velocidad más lenta y/o la SMV podrá reaccionar a un cambio gradual de este tipo. Otras realizaciones de acuerdo con la solicitud pueden reducir o minimizar el riesgo de flujo de retorno al compresor debido a un control deficiente de la EEV durante las transiciones del modo economizador.

20 Las realizaciones descritas en la presente invención aún permitirán un control adecuado de EEV y SMV durante las transiciones de modo de baja a alta capacidad. Las realizaciones descritas en la presente invención pueden ser implementadas independientemente de otros componentes u operaciones en la unidad 200. Por ejemplo, en algunas realizaciones ejemplares, las operaciones de control de EEV, SMV actuales o de remodelación no se ven afectadas. Además, las realizaciones que utilizan arranque suave del compresor se pueden aplicar a cualquier compresor de dos etapas o economizado o sistema de refrigeración de transporte en el que el control de potencia del motor es fundamental o donde la potencia del motor no es fundamental.

30 Ahora se describirá una realización de un método de operación de un sistema de refrigeración de transporte de acuerdo con la solicitud. La realización del método mostrada en la FIG. 4, se puede implementar en y se describirá utilizando una realización del sistema de refrigeración de transporte mostrada en la FIG. 2, sin embargo, la realización del método no tiene la intención de ser limitada al mismo.

35 Como se muestra en la FIG. 4, una vez iniciado un proceso, un sistema de refrigeración de transporte, la unidad de refrigeración de transporte 200 o el controlador 220 pueden ser operados en modo estándar (bloque de operación 410). Como se muestra en la FIG. 4, el modo estándar de la unidad de refrigeración de transporte 200 está previsto como un modo de operación en el que la unidad de refrigeración de transporte 200 es capaz de pasar al modo economizado.

40 En el modo estándar, la unidad 200 puede ser monitoreada para una transición de operación (bloque de operación 420). En una realización, el dispositivo economizador 240 es monitoreado para determinar cuando se cambia un estado de operación del dispositivo economizador 240. Por ejemplo, el dispositivo economizador 240 puede ser monitoreado mediante el controlador 220. En una realización, el estado de operación del dispositivo economizador 240 puede ser monitoreado para las transiciones operacionales porque es difícil o imposible predecir las transiciones operacionales del dispositivo economizador 240 debido al número de variables independientes que influyen en tal cambio de estado operacional del dispositivo economizador 240.

50 Cuando se detecta la transición del dispositivo economizador 240 (bloque de operación 420 Sí), la unidad 200 o el controlador 220 pueden variar de forma controlable el caudal de gas de inyección en el sistema de inyección del economizador (por ejemplo, transiciones de modo ascendente de mayor capacidad) (bloque de operación 430). Por ejemplo, el microcontrolador 222 puede aumentar de forma controlable el caudal de inyección del economizador a través de un rango (por ejemplo, un caudal de inyección del 10% al 50% o al 100%) durante un periodo de tiempo determinado. En una realización, el control de la válvula solenoide de inyección del economizador (por ejemplo, la válvula 242) tal como, meramente a título enunciativo, el control de la modulación por ancho de pulso (MAP) de la válvula solenoide de inyección del economizador puede aumentar gradualmente el caudal de inyección a través de un rango (por ejemplo, de 0% a 100%). La unidad 200 puede realizar una transición controlable de un componente de la unidad de refrigeración de transporte (por ejemplo, el economizador) de una condición inicial o actual (por ejemplo, cerrada) a una segunda o última condición (por ejemplo, abierta) durante un período de tiempo prescrito (por ejemplo, 10 segundos, dos minutos). En una realización, el flujo de inyección puede pulsarse durante cada período a un (más alto) caudal de inyección aumentado en una cantidad prescrita (por ejemplo, 20%). Alternativamente, la velocidad de inyección puede aumentar de forma escalonada a intervalos de ciclo de trabajo del 10% durante un período de 2-4 minutos. En una realización, el microprocesador 222 puede arrancar de manera suave el dispositivo economizador 240 para realizar de forma controlable las transiciones operativas del dispositivo economizador 240. En una realización, el dispositivo economizador 240 puede aumentar (o disminuir) en un intervalo entre 30 segundos y diez minutos de duración.

Durante las transiciones operacionales del dispositivo economizador 240 se puede controlar o monitorear la unidad de refrigeración de transporte 200 (por ejemplo, el controlador 220) en busca de una condición de error (bloque de operación 440). Las condiciones de error ejemplares pueden incluir la operación fuera de las condiciones permitidas del sistema, tales como los límites de potencia o los límites de presión de descarga del compresor. Cuando no se detecta la condición de error (bloque de operación 460, NO), el componente del sistema (por ejemplo, el economizador) puede ser monitoreado para completar la transición controlada del estado operativo (bloque de operación 450). Cuando se determina que el dispositivo economizador 240 ha alcanzado la parte superior del rango prescrito (por ejemplo, 50%, 100%) o el intervalo en el bloque de operación 450, el control puede continuar y se determina si el dispositivo economizador 240 está operando en plena capacidad o 100% economizado (bloque de operación 460); de lo contrario, el control puede volver al bloque de operación 430. Cuando la determinación en el bloque de operación 460 es negativa, el control puede volver al bloque de operación 420.

Cuando se determina la condición de error (bloque de operación 460 SÍ), se puede implementar un control adaptativo de la transición del dispositivo economizador 240 (o unidad de refrigeración de transporte 200) al modo de mayor capacidad (bloque de operación 480). Por ejemplo, las entradas al PID adaptativo pueden ser la presión del sistema, el límite de potencia del sistema y el nivel de potencia real (en uso). En una realización, el control adaptativo puede ser implementado por el controlador 220 (por ejemplo, el microprocesador 222) o un control PID (proporcional-integral-derivado). En una realización, el control adaptativo del economizador 240 puede determinar la condición de error (por ejemplo, característica del sistema que supera su umbral, por encima del límite de potencia del sistema), y comparar una característica del sistema actual con una característica del sistema umbral y calcular un siguiente nivel de operación (por ejemplo, el caudal de gas de inyección) de un componente del sistema como el economizador 240, que puede ser ligeramente, algo o significativamente más alto (o más bajo) que el nivel de operación actual del economizador 240. El control adaptativo del bloque de operación 480 no permite establecer el siguiente nivel de operación (por ejemplo, del economizador 240) en un valor que pueda causar la condición de error (por ejemplo, cualquier condición de error monitorizada). El siguiente nivel operativo puede evaluarse para determinar si el siguiente nivel operativo es igual al nivel economizado al 100% (bloque de operación 485). Cuando la determinación en el bloque de operación 485 es negativa, el control continúa repitiendo el control PID adaptativo (por ejemplo, del economizador que utiliza la válvula 242) en el bloque de operación 480. En una realización, el bloque de operación 480 puede ser repetidamente, periódicamente, intermitentemente (por ejemplo, sensible a una acción del operador o a una condición detectada) realizado hasta que la determinación en el bloque de operación 485 sea afirmativa.

Cuando la determinación en el bloque de operación 470 o en el bloque de operación 485 es afirmativa, la transición al modo economizado de la unidad de refrigeración de transporte 200 está completa (bloque de operación 470) y el proceso puede terminar.

En otra realización ejemplar, la pre-estrangulación de la SMV puede ser controlada en anticipación de un cambio de modo de unidad 200 economizada. Por ejemplo, la SMV puede ser pre-estrangulada antes de la transición a un modo energizado economizado. Sin embargo, tal control anticipado puede ser menos eficiente que las realizaciones descritas con referencia a la Fig. 3. Por ejemplo, la estrangulación anticipada de la SMV puede reducir la capacidad de la unidad 200. Además, la estrangulación anticipada puede introducir perturbaciones de evaporación, succión y/o descarga en libras por pulgada cuadrada (psig) que pueden influir en el control de la válvula de expansión electrónica adecuada. Además, la estrangulación anticipada en condiciones seleccionadas no será compatible con el control existente de EEV y SMV durante las transiciones de modo de baja a alta capacidad.

Si bien se describió una realización mostrada en la FIG. 3 con respecto al control de PMW, no se pretende que las realizaciones de la solicitud sean limitadas de ese modo. Por ejemplo, el caudal se puede variar mediante una válvula de expansión electrónica de etapa media o la válvula de expansión electrónica de etapa media se puede utilizar para iniciar de forma suave el flujo de inyección de un circuito economizador.

Como se muestra en la FIGS. 3-4, las realizaciones del método ejemplares pueden dar lugar a un mayor control del recalentamiento de la descarga del compresor durante las operaciones del economizador.

Ahora se describirá otra realización de un método de operación de un sistema de refrigeración de transporte de acuerdo con la solicitud. La realización del método mostrada en la FIG. 5, se puede implementar en y se describirá utilizando una realización del sistema de refrigeración de transporte mostrada en la FIG. 2, sin embargo, la realización del método no debe estar limitada por dicha descripción.

Como se muestra en la FIG. 5, tras el inicio de un proceso, la unidad 200 opera en un primer modo (bloque de operación 510). A continuación, se monitorean las condiciones que pueden dar lugar a una transición al modo de operación de Control de Presión de Condensación (CPC) (bloque de operación 520). Por ejemplo, las condiciones que pueden dar lugar a la transición al modo de operación de CPC pueden incluir la posición de la válvula EEV, la presión de descarga del compresor, el recalentamiento del evaporador y/o la presión del evaporador.

El modo de operación de CPC es un evento en el que el ventilador del condensador se apaga como respuesta a los parámetros del sistema (por ejemplo, presión de descarga del compresor demasiado baja). Se sale del modo de

operación de CPC al volver a arrancar o al encender el ventilador del condensador. Las operaciones convencionales para la transición y el desempeño en el modo de operación de CPC serían conocidas por un experto en la técnica.

Las realizaciones de acuerdo con la solicitud pueden utilizar condiciones al inicio del modo de operación de CPC para modificar los componentes de la unidad 200 para reducir la perturbación o la desigualdad en el caudal másico a través de los componentes de la unidad 200 o para reducir las fluctuaciones de presión (por ejemplo, aumento) a través del evaporador durante el modo de operación de CPC. En una realización, se puede determinar el control de la válvula EVXV al inicio del modo de operación de CPC para abordar el cambio de presión a través de la válvula EVXV o el evaporador 260 cuando el ventilador del condensador 232 está apagado.

Cuando la determinación en el bloque de operación 520 es afirmativa, el control continúa al bloque de operación 530; de otro modo el control vuelve al bloque de operación 510. Por ejemplo, la determinación en el bloque de operación 520 se puede realizar de forma repetida, periódica, intermitente o sensible a una acción del operador o a una condición detectada.

En el bloque de operación 530, se puede determinar el control, por ejemplo, el control pro-activo para al menos un componente de la unidad 200. De acuerdo con las realizaciones de la solicitud, durante el modo de operación de CPC, se puede utilizar un control suplementario para proporcionar un caudal másico más consistente a través de la válvula de expansión. En una realización de un sistema de refrigeración de transporte, durante el modo de operación de CPC se puede usar una posición anticipada de la válvula EVXV para cerrar gradualmente la válvula EVXV para reducir la probabilidad de que se produzcan inundaciones en el evaporador a medida que la presión a través de la válvula EVXV aumenta en el modo de operación de CPC. A medida que la presión continúa aumentando, la función de modificación de la válvula se cerrará por pasos en un esfuerzo por mantener un caudal másico más consistente a través de la válvula de expansión. Al salir del modo de operación de CPC, la válvula EVXV puede volver a su posición de forma controlable al entrar en el control CPC o entrar en el modo de operación de CPC.

Se determinó que el caudal másico a través de la válvula EVXV durante un cambio de presión diferencial era proporcional a la raíz cuadrada del cambio instantáneo de presión a través de la válvula dividido por la caída de presión original a través de la válvula EVXV. De acuerdo con la relación determinada, se puede aproximar una nueva posición de la válvula suponiendo que el orificio de la válvula varía linealmente con un % de apertura. En una realización, se puede aproximar una posición actual o una posición secuencial de la válvula EVXV durante el modo operativo de CPC mediante la ecuación ejemplar (1) (abajo).

En una realización, puede utilizarse la posición anticipada de la válvula EVXV para cerrar con precisión la válvula EVXV de manera que se produzca una pequeña o nula inundación en el evaporador 260 a medida que aumenta la presión a través de la válvula EVXV. A medida que la presión continúa aumentando, la función de modificación de la válvula se cerrará por pasos (por ejemplo, las ecuaciones ejemplares 1-2) para mantener un caudal másico más consistente a través de la válvula de expansión.

Se describirá a continuación una realización del Control de la Válvula Proactivo de Compensación de la Presión.

Cuando las condiciones para el control de la presión de condensación (CPC) se satisfacen o se cumplen, el ventilador del condensador 232 debe apagarse, puede realizarse el control de la válvula para la EVXV 250 para reducir o minimizar el flujo de retorno al compresor (bloque de operación 530). La ecuación 2 proporciona una Función de Modificador de Válvula Ejemplar en el modo de operación de CPC y se puede determinar una posición de válvula EVXV ejemplar mediante la ecuación 1:

$$\text{Ecuación (1): Posición final de EVXV} = \text{EVXV_PID} - \text{VMF}$$

$$\text{Ecuación (2): VMF} = \text{EXV_1} - \text{EVXV_1} * (\text{Sqrt}[\text{DeltaP_C} / \text{DeltaP_1}])$$

donde los siguientes elementos se definen en la presente invención. EVXV_PID es una salida PID convencional (proporcional-integral-derivada) o una salida PID normal para el control de la válvula de expansión (por ejemplo, EVXV) en el modo operativo CPC, como sería conocido por un experto en la técnica. Por ejemplo, las entradas al PID para EVXV pueden ser RCE. EVXV_1 es el valor del porcentaje de apertura de la válvula EVXV en el momento en que se apaga el ventilador del condensador para el modo de operación o control del CPC. DeltaP_1 es el valor de la presión de descarga del compresor menos la presión del evaporador determinada en el momento en que se apaga el ventilador del condensador para el modo de operación de CPC. DeltaP_C es el valor de la presión de descarga menos la presión del evaporador medida cada segundo o intervalo prescrito durante el modo de operación de CPC.

En una realización, la válvula EVXV tiene control total o control suplementario durante el modo de operación CPC de acuerdo con las Ecuaciones 1-2 (bloque de operación 540). Por ejemplo, el control de EVXV 250 de acuerdo con las realizaciones de esta solicitud puede operar en paralelo (por ejemplo, suplemento) al control PID convencional de la EVXV 250 o puede usarse para reemplazar el control PID convencional de la EVXV 250. A continuación, se puede

monitorear una condición de error (bloque de operación 550) y se puede monitorear la terminación del modo de operación CPC (bloque de operación 560). Cuando la determinación en el bloque de operación 550 o en el bloque de operación 560 es afirmativa, la válvula EVXV puede volver a la condición en la que se encontraba al entrar en el modo de operación CPC (por ejemplo, las modificaciones de la válvula EVXV de las ecuaciones 1-2 se cancelan o anulan). En una realización, se puede establecer el VMF (por ejemplo, ecuación 2) inmediatamente en cero o se puede terminar. En una realización, se puede reducir el VMF a un valor cero durante un período de tiempo prescrito. Por ejemplo, el VMF puede aumentar linealmente o no linealmente a cero durante un período de 30 segundos cuando el control CPC ha vuelto a encender el ventilador del condensador. De forma alternativa, el VMF puede reducirse a cero durante un período de tiempo entre 5 y 120 segundos.

Cuando la determinación en el bloque de operación 550 y el bloque de operación 560 es negativa, el control vuelve al bloque de operación 540 donde la válvula EVXV puede tener un control suplementario que responde al aumento de presión durante el modo de operación CPC.

Las condiciones ejemplares para el bloque de operación 550 pueden incluir la determinación de que la presión del evaporador del sensor de presión del evaporador está fuera de rango o el sensor ha fallado y/o la presión de descarga del compresor del sensor de presión de descarga está fuera de rango o el sensor ha fallado. Tales condiciones pueden determinarse en el sistema 200. Además, por ejemplo, se pueden determinar condiciones de error cuando la posición de VMF EVXV se sitúa por debajo de un valor prescrito (por ejemplo, porcentaje de apertura) tal como, entre otras cosas, una posición de apertura de EVXV del 8%, 10% y 12%. Además, las condiciones de error pueden incluir inundaciones en el compresor o inundaciones en el evaporador.

Aunque se describieron condiciones ejemplares para VMF durante el modo de operación CPC, las realizaciones de acuerdo con la solicitud no están destinadas a ser limitadas de ese modo. Por ejemplo, se pueden considerar limitaciones o modificaciones adicionales en el control VMF. En una realización, cuando el error de control de recalentamiento del evaporador es mayor que 20°F en el momento en que se entra en el modo de control CPC (por ejemplo, cuando se apaga el ventilador del condensador), el control VMF (por ejemplo, ecuación (2)) puede modificarse, por ejemplo, mediante un control adicional para reducir el VMF calculado en 1/2.

La Fig. 6 es un diagrama que ilustra las relaciones ejemplares entre los parámetros del sistema cuando un ventilador del condensador funciona en ciclos de encendido y apagado durante la operación de un sistema de refrigeración. Como se muestra en la FIG. 6, un ventilador del condensador puede funcionar en ciclos de encendido 621 y apagado 622 como se indica en la secuencia de tiempo 620. El modo de operación CPC se puede activar cuando el ventilador del condensador se apaga 622. Una secuencia de tiempo 610 de la presión de descarga de un compresor ilustra el aumento de la presión (o la presión diferencial del compresor) mientras el ventilador del compresor está apagado y la disminución de las presiones cuando el ventilador del compresor está encendido. En la FIG. 6, se muestra un porcentaje o cantidad relativa de apertura de la EVXV 250 donde 640b es acorde con una realización de la solicitud y 640a ilustra operaciones de la técnica relacionada. Además, una presión del evaporador se ilustra en la FIG. 6 donde 630b es acorde con una realización de la solicitud y 630a ilustra operaciones de la técnica relacionada.

En una realización, el bloque de operación 560 puede considerarse un control realizado para determinar si las condiciones justifican el regreso al modo de implementación de base de operación.

Las realizaciones y los métodos de acuerdo con la solicitud pueden proporcionar un control robusto del motor y/o de la potencia, tal como por ejemplo para las unidades de refrigeración de camiones/remolques diésel.

Las realizaciones y los métodos de acuerdo con la solicitud pueden proporcionar una fiabilidad mejorada del compresor al reducir o eliminar el flujo de retorno de líquido; reducción de la deshumidificación de la batería del evaporador al mantener una temperatura de evaporación saturada más consistente; mejora de la capacidad y la eficiencia del sistema al mantener un recalentamiento de refrigerante más consistente en el evaporador; y una continuación de una posición inicial o existente calculada de la válvula de expansión del evaporador del PID.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para la utilización de en una unidad de refrigeración de transporte (200) que tiene un compresor (210), un condensador (230), un evaporador (260), un economizador (248), una segunda válvula de expansión (242) acoplada entre el economizador (248) y el compresor (210), y un controlador (220), y una primera válvula de expansión (250) aguas arriba del evaporador (260), comprendiendo el proceso:
5 detectar una transición de modo de aumento de capacidad para el economizador (248) y controlar adaptativamente un caudal de inyección para el economizador (248) durante al menos una parte de la transición de modo de aumento de capacidad como respuesta a una de: la presión disponible, potencia disponible o corriente disponible para la unidad de refrigeración de transporte, donde el control adaptativo comprende operar selectivamente la segunda válvula de expansión (242) a través de una transición de un primer caudal a un segundo caudal superior utilizando las condiciones del sistema para controlar un caudal de transición del primer caudal al segundo caudal superior que responde a la transición de modo de aumento de capacidad, donde las condiciones del sistema establecen un período de tiempo prescrito para la transición, donde el primer caudal es un caudal de inyección distinto de cero inferior al 100%, el segundo caudal es un caudal de inyección del 100% y el periodo de tiempo prescrito es superior a diez segundos.
10
15
2. El proceso de la reivindicación 1, donde el control adaptativo es un control PID adaptativo de una válvula de inyección de gas del economizador, donde la potencia disponible es la potencia que queda a la unidad de refrigeración de transporte por debajo de un umbral del sistema.
20
3. El proceso de la reivindicación 1, donde la operación de la segunda válvula de expansión (242) es en ausencia de una inyección distinta de refrigerante líquido en un lugar entre una entrada del compresor (210) y una salida del evaporador (260).
25
4. El proceso de la reivindicación 3, donde la transición es progresiva, intermitente, lineal, no lineal, gradual o continua y donde el período de tiempo prescrito se basa en un intervalo de rendimiento del evaporador o el período de tiempo prescrito es de 15-300 segundos, y donde la transición progresiva es un aumento del 10% cada veinte segundos, cada diez segundos, o cada cinco segundos.
30
5. El proceso de la reivindicación 1, donde la operación selectiva comprende el arranque suave del economizador (248).
35
6. El proceso de la reivindicación 1, donde la operación selectiva comprende el control de una transición a un modo de alta capacidad de la unidad de refrigeración de transporte (200), donde la detección de la transición de modo detecta la energización de un flujo de vapor de una unidad de refrigeración de transporte economizada.
40
7. Un producto de programa informático que comprende un medio de almacenamiento utilizable por computadora para almacenar un programa legible por computadora que, cuando se ejecuta en una computadora, hace que la computadora realice operaciones para operar una unidad de refrigeración de transporte (200) como se define en la reivindicación 1 de acuerdo con el proceso de la reivindicación 1.

$\overline{100} \rightarrow$

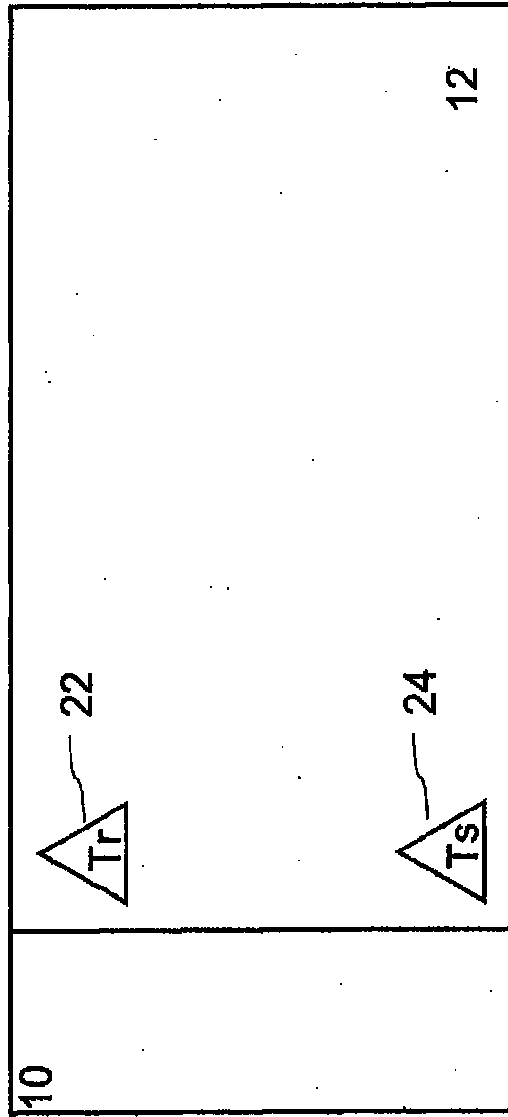


FIG. 1

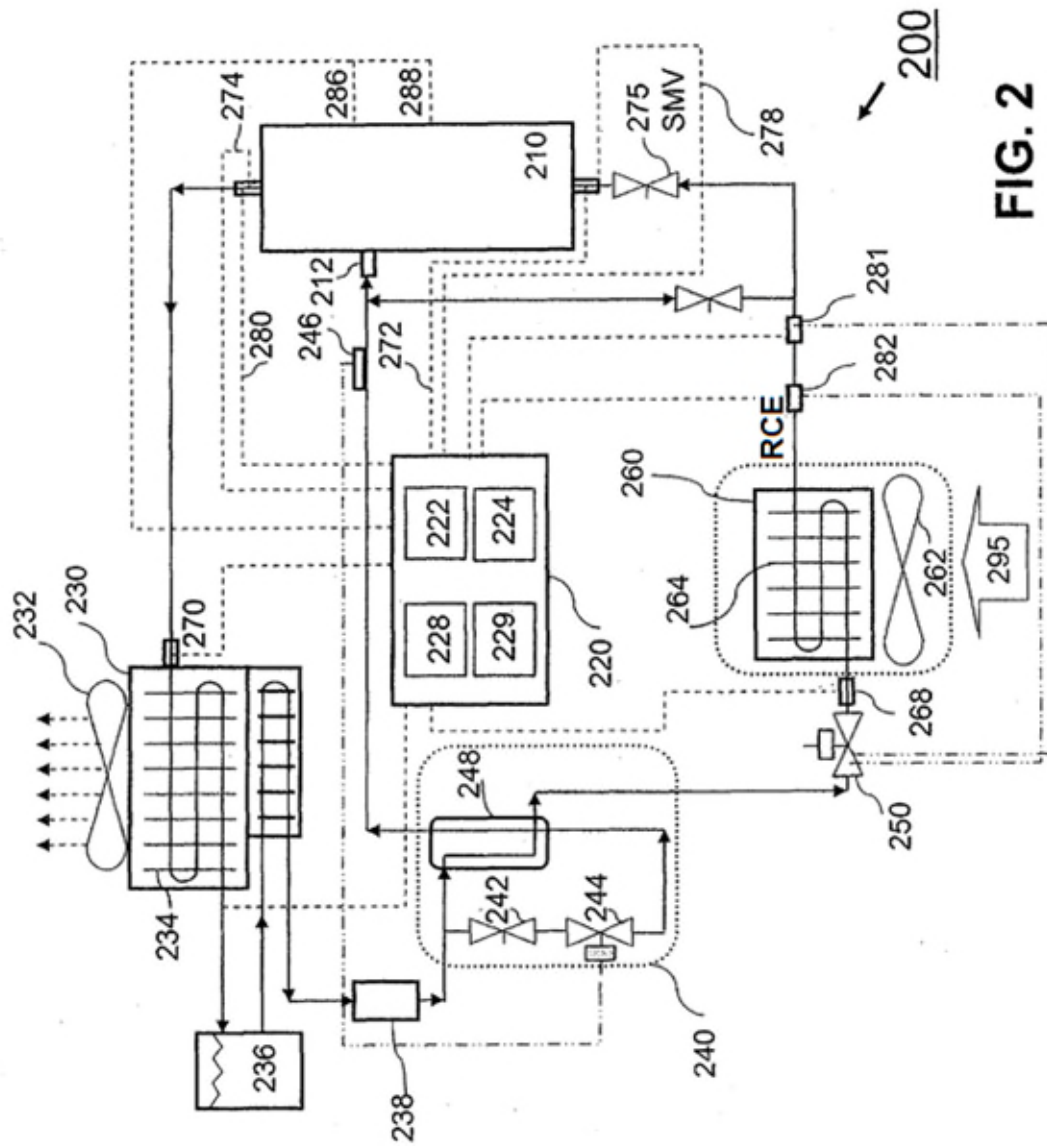
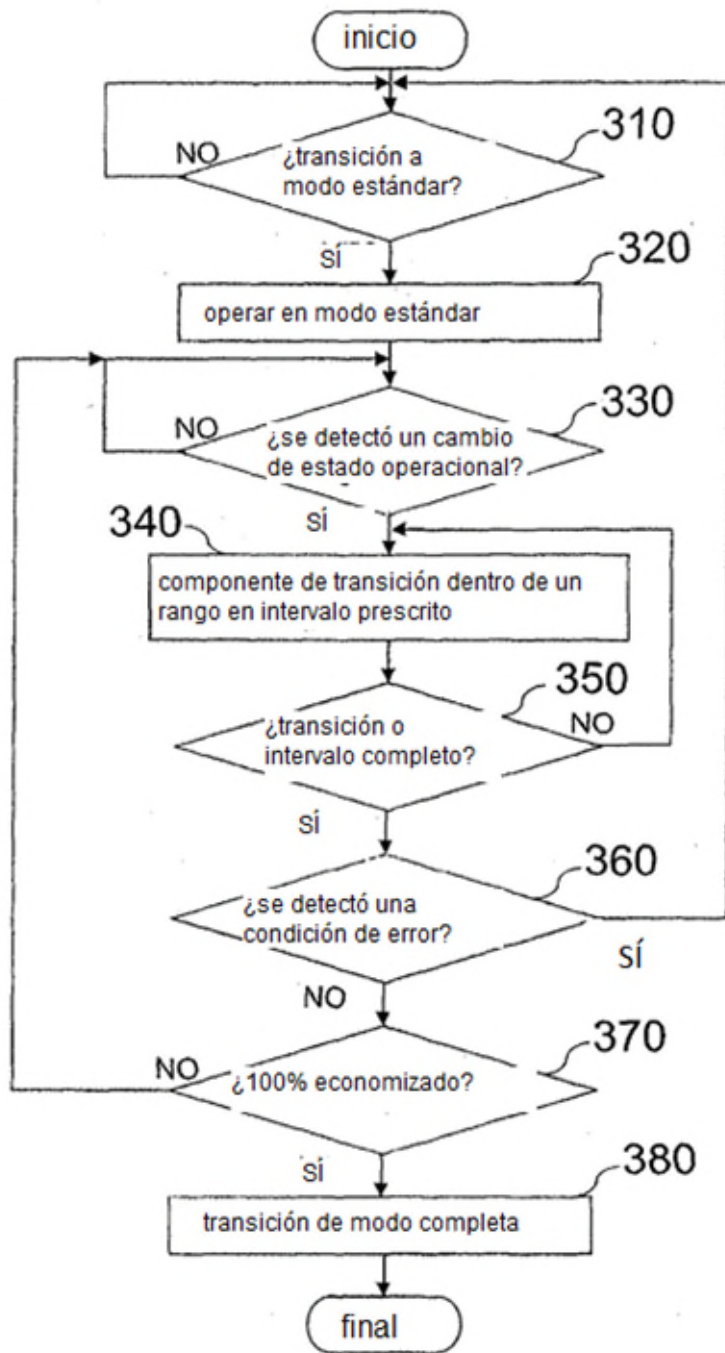


FIG. 2

**FIG. 3**

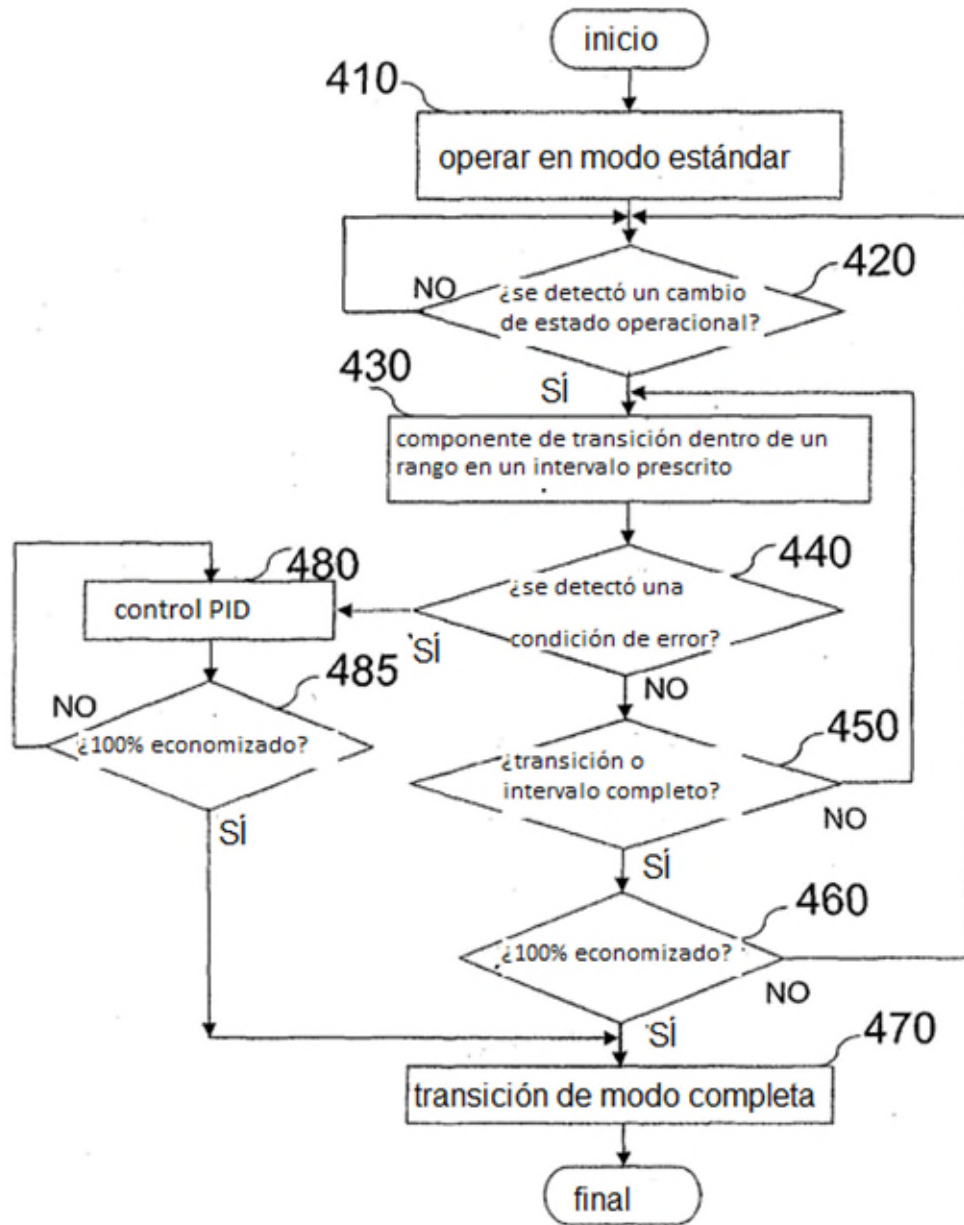


FIG. 4

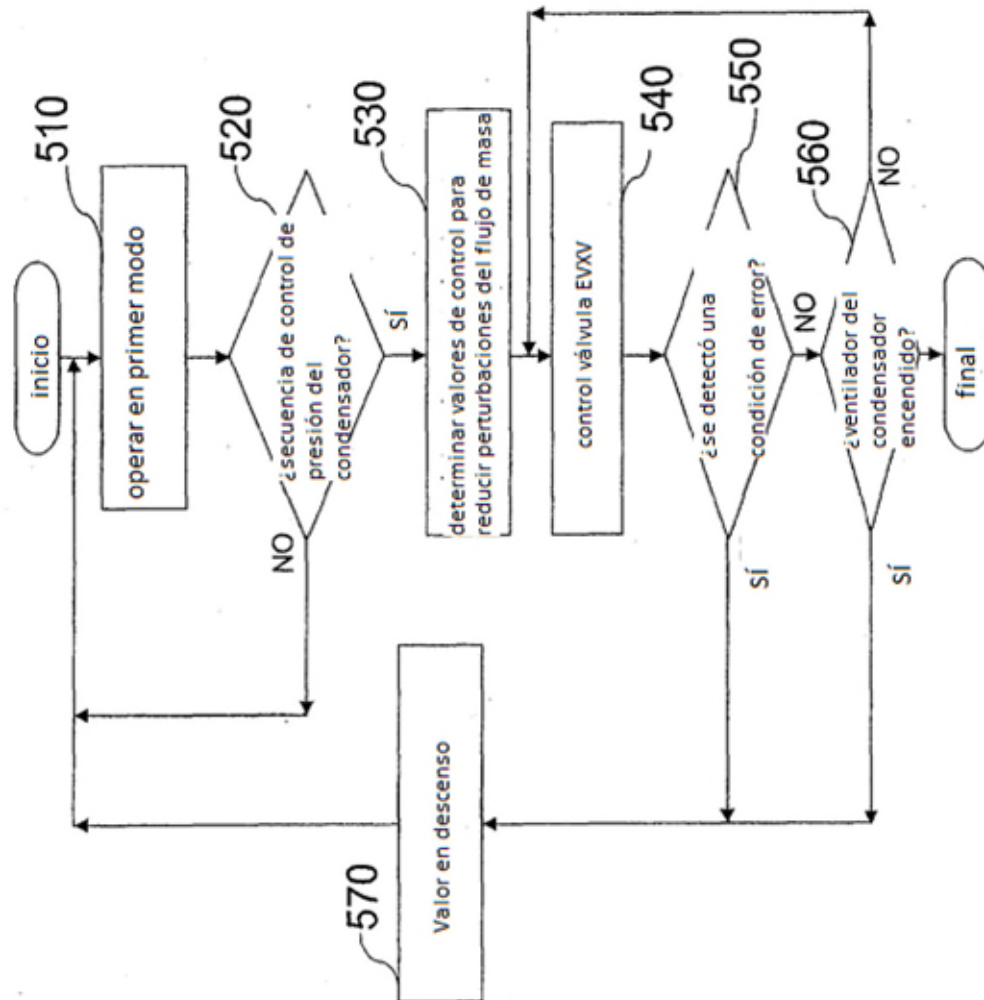


FIG. 5

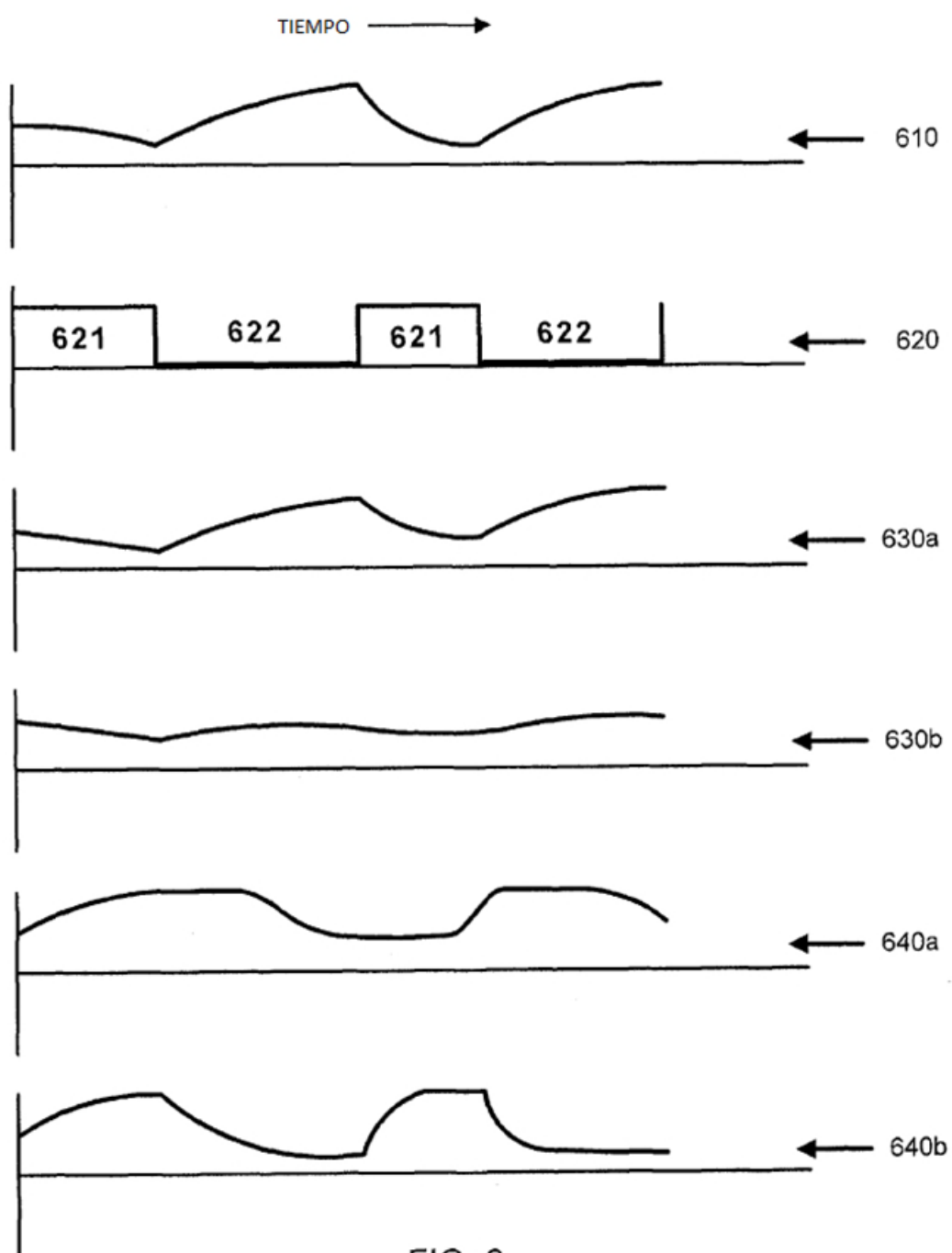


FIG. 6