



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI 0621589-0 A2**

(22) Data de Depósito: 20/04/2006
(43) Data da Publicação: 11/09/2012
(RPI 2175)



(51) *Int.Cl.:*
F25B 13/00

(54) **Título:** SISTEMA DE BOMBA DE CALOR DE CIRCUITO DE REFRIGERANTE

(73) **Titular(es):** Springer Carrier Ltda.

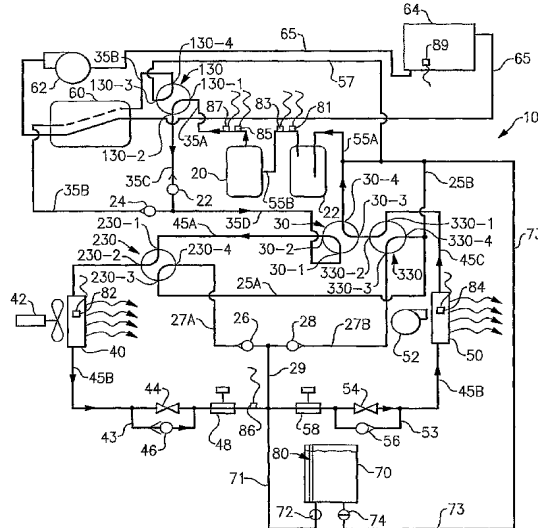
(72) **Inventor(es):** Carlos Afonso Tesche, Roberto Gustavo Fernandez, Toshio Murakami

(74) **Procurador(es):** Momsen, Leonardos & CIA.

(86) **Pedido Internacional:** PCT BR2006000075 de 20/04/2006

(87) **Publicação Internacional:** WO 2007/121540de 01/11/2007

(57) **Resumo:** SISTEMA DE BOMBA DE CALOR DE CIRCUITO DE REFRIGERANTE. Um sistema de bomba de calor (10) inclui um compressor (20), uma válvula de inversão (30), um trocador de calor ao ar livre (50) acoplado via linhas de refrigerante (35, 45, 55) em um circuito de refrigeração convencional, um trocador de calor de refrigerante para líquido (60), uma válvula de desvio de trocador de calor de refrigerante para líquido (130), uma válvula de desvio de trocador de calor externo (230) e uma válvula de desvio de trocador de calor interno (330). Um controlador (100) é provido para seletivamente controlar o respectivo posicionamento das válvulas (30, 130, 230 e 330) entre suas respectivas posições abertas e fechadas, a fim de seletivamente configurar o circuito refrigerante para operação em um modo somente de resfriamento por ar, um modo de resfriamento com ar com aquecimento com líquido, um modo somente de aquecimento com ar, um modo de aquecimento com ar com aquecimento com líquido e um modo somente de aquecimento com líquido.



“SISTEMA DE BOMBA DE CALOR DE CIRCUITO DE REFRIGERANTE”

REFERÊNCIA A PEDIDOS RELACIONADOS

Este pedido refere-se aos seguintes pedidos relacionados:

- 5 Pedido de Patente Internacional No. PCT/BR05/00097, depositado em 3 de junho de 2005 e intitulado “HEAT PUMP SYSTEM WITH AUXILIARY WATER HEATING”; Pedido de Patente Internacional No. PCT/BR/00098, depositado em 3 de junho de 2005 e intitulado “REFRIGERANT CHARGE CONTROL IN A HEAT PUMP SYSTEM WITH WATER HEATING”; e
- 10 Pedido de Patente Internacional No. PCT/BR05/00099, depositado em 03 de junho de 2005 e intitulado “REFRIGERANT SYSTEM WITH WATER HEATING”, cada um dos quais é, junto com este pedido, sujeito a cessão a um cessionário comum.

CAMPO TÉCNICO

- 15 Esta invenção refere-se genericamente a sistemas de bomba de calor e, mais particularmente, a sistemas de bomba de calor incluindo aquecimento de líquido auxiliar, incluindo, por exemplo, aquecer água para piscinas, sistemas de água domésticos e similares.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

- 20 As bombas de calor reversíveis são bem conhecidas na técnica e comumente usadas para resfriar e aquecer uma zona de conforto com clima controlado, de uma residência ou um edifício. Uma bomba de calor convencional inclui um compressor, um acumulador de sucção, uma válvula reversível, um trocador de calor externo com uma ventoinha associada, um
- 25 trocador de calor interno com uma ventoinha associada, uma válvula de expansão operativamente associada com o trocador de calor externo. Os componentes acima mencionados são tipicamente dispostos em um sistema de bomba com circuito refrigerante fechado, empregando o bem conhecido ciclo de compressão de vapor refrigerante. Quando operando no modo de

resfriamento, calor em excesso absorvido pelo refrigerante ao passar através do trocador de calor interno é rejeitado para o meio-ambiente à medida que o refrigerante passa através do trocador de calor externo.

É bem conhecido na técnica que um trocador de calor de refrigerante para água adicional pode ser adicionado a um sistema de bomba de calor para absorver este excesso de calor para fins de aquecer água, em vez de simplesmente rejeitar o excesso de calor para o meio-ambiente. Além disso, as bombas de calor com frequência têm capacidade de aquecimento não utilizada quando operando no modo de aquecimento para aquecer a zona controlada em clima. Por exemplo, cada uma das Patentes U.S. Nos. 3.188.829; 4.098.092; 4.492.092 e 5.184.472 descreve um sistema de bomba de calor incluindo um trocador de calor de água quente auxiliar. Entretanto, estes sistemas não incluem qualquer dispositivo para controlar a carga de refrigerante dentro do circuito refrigerante. Portanto, embora funcionais, estes sistemas não seria otimamente eficiente em todos os modos de operação.

Nos sistemas de bomba de calor, o trocador de calor externo e o trocador de calor interno operam como evaporadores, condensadores ou sub-refrigeradores, dependendo do modo e ponto de operação. Como tal, a condensação pode ocorrer em trocadores térmicos e a linha de sucção pode ser enchida com refrigerante em um estado gasoso ou líquido. Como conseqüência, a quantidade de carga de refrigerante do sistema requerida em cada modo de operação, a fim de assegurar operação dentro de um envoltório de eficiência aceitável, será diferente para cada modo.

A Patente U.S. No. 4.528.822 descreve um sistema de bomba de calor incluindo um trocador de calor de refrigerante-a-líquido adicional, para aquecer líquido utilizando o calor que de outro modo seria rejeitado para o meio-ambiente. O sistema é operável em quatro modos de operação independentes: aquecimento espacial, refrigeração espacial, aquecimento de líquido e simultâneo resfriamento espacial com aquecimento de líquido. No

modo somente de aquecimento de líquido, a ventoinha do trocador de calor interno é desligada, enquanto no modo de refrigeração espacial e aquecimento de líquido, a ventoinha do trocador de calor externa é deslizada. Um reservatório de carga de refrigerante é provido, dentro do qual refrigerante líquido drena por gravidade do trocador de calor de refrigerante para líquido durante o modo somente de aquecimento de líquido e o modo de resfriamento espacial e aquecimento de líquido simultâneos. Entretanto, não é descrito nenhum procedimento de controle para ativamente controlar a carga de refrigerante no circuito de refrigerante em todos os modos de operação. Além disso, nenhum modo de aquecimento espacial e aquecimento de líquido simultâneos é descrito.

Portanto, é desejável que o sistema de bomba de calor com capacidade de aquecimento de líquido opere eficazmente em um modo somente de refrigeração, um modo de refrigeração de ar e de aquecimento de líquido, um modo somente de aquecimento de ar, um modo de aquecimento de ar e de aquecimento de líquido e um modo somente de aquecimento de líquido.

SUMÁRIO DA OPERAÇÃO

Em um aspecto, é um objetivo da invenção fornecer um sistema de bomba de calor tendo resfriamento de ar, aquecimento de ar e capacidade de aquecimento de líquido.

Em um aspecto, é um objetivo da invenção prover um sistema de bomba de calor tendo um trocador de calor de refrigerante para líquido, além de trocadores de calor externo e interno convencionais, com a capacidade de seletivamente desviar de qualquer um dos supracitados trocadores de calor.

Em uma forma de realização da invenção, um sistema de bomba de calor inclui um compressor de refrigerante, um trocador de calor interno e um trocador de calor externo dispostos em um circuito de

refrigerante; uma válvula de inversão de quatro orifícios seletivamente posicionável, tendo uma primeira posição para configurar o circuito de refrigerante em um modo de resfriamento de ar e uma segunda posição para configurar o circuito de refrigerante em um modo de aquecimento de ar; uma

5 válvula de desvio de trocador calor de refrigerante para líquido; uma válvula de desvio de trocador de calor externo; e uma válvula de desvio de trocador de calor interno. O circuito refrigerante tem uma primeira linha de refrigerante estabelecendo um trajeto de fluxo entre o orifício de descarga do compressor e o primeiro orifício da válvula de inversão, uma segunda linha de

10 refrigerante estabelecendo um trajeto de fluxo entre o segundo orifício da válvula de inversão e o terceiro orifício da válvula de inversão e uma terceira linha de refrigerante estabelecendo um trajeto de fluxo entre o quarto orifício da válvula de inversão e o orifício de sucção do compressor. O trocador de calor externo é disposto em associação operativa com a segunda linha de

15 refrigerante em relação de troca de calor com o ar ambiente. O trocador de calor interno é disposto em associação operativa com a segunda linha de refrigerante e é adaptado para passar refrigerante passando através da segunda linha de refrigerante em relação de troca com o ar da zona de conforto. O trocador de calor de refrigerante para líquido é disposta em associação

20 operativa com a primeira linha de refrigerante e é adaptado para passar refrigerante passando através da primeira linha de refrigerante em relação de troca de calor com um líquido.

Um refrigerante seletivamente selecionável para válvula de desvio de trocador de calor líquido é provida em associação operativa com a

25 primeira linha de refrigerante. A válvula de desvio de trocador de calor de refrigerante para líquido tem uma primeira posição em que o refrigerante passando através da primeira linha de refrigerante do compressor é direcionado para o primeiro orifício da válvula de inversão, sem passar através do trocador de calor de refrigerante para líquido e uma segunda

posição em que o refrigerante passando através da primeira linha de refrigerante do compressor é direcionado através do trocador de calor de refrigerante para líquido antes de passar para o primeiro orifício da válvula de inversão.

5 Uma válvula de desvio de trocador de calor externa é provida em associação operativa com a segunda linha de refrigerante em um local a montante do trocador de calor externo, com respeito ao fluxo de refrigerante, quando o sistema de bomba de calor está operando no modo somente de resfriamento de ar. A válvula de desvio de trocador de calor externa tem uma
10 primeira posição em que o refrigerante passando através da segunda linha de refrigerante oriundo do segundo orifício da válvula de inversão é direcionado para passar através do trocador de calor externo e uma segunda posição em que o refrigerante passando através da segunda linha de refrigerante, oriundo do segundo orifício da válvula de inversão, é direcionado para desviar-se do
15 trocador de calor externo.

Uma válvula de desvio de trocador de calor interno é provida em associação operativa com a segunda linha de refrigerante em um local a montante do trocador de calor interno com respeito ao fluxo de refrigerante, quando o sistema de bomba de calor está operando no modo somente de
20 aquecimento de ar, a válvula de desvio de trocador de calor interno tendo uma primeira posição em que o refrigerante passando através da segunda linha de refrigerante oriundo do terceiro orifício da válvula de inversão é direcionado para passar através do trocador de calor interno e uma segunda posição em que o refrigerante passando através da segunda linha de refrigerante, oriundo do terceiro orifício da válvula de inversão, é direcionado para desviar-se do
25 trocador de calor interno.

Em uma forma de realização, o circuito refrigerante pode incluir uma quarta linha refrigerante conectando um orifício da válvula de desvio de trocador de calor externo com a segunda linha de refrigerante em

um local intermediário ao trocador de calor externo e ao trocador de calor interno, e um quinta linha de refrigerante conectando um orifício da válvula de desvio do trocador de calor interno com a segunda linha de refrigerante em um local intermediário ao trocador de calor externo e ao trocador de calor interno. Um controlador é provido em associação operativa com a válvula de inversão, a válvula de desvio de trocador de calor de refrigerante para líquido, a válvula de desvio de trocador de calor externo e a válvula de desvio de trocador de calor interno, o controlador operativo para seletivamente controlar os respectivos posicionamento das válvulas acima mencionadas entre suas respectivas primeira e segunda posições, a fim de seletivamente configurar o circuito refrigerante para operação em um de um modo somente de resfriamento de ar, um modo de resfriamento de ar com aquecimento de líquido, um modo somente de aquecimento de ar, um modo de aquecimento de ar com aquecimento de líquido e um modo somente de aquecimento de líquido.

Em uma forma de realização, um reservatório de refrigerante é provido tendo uma entrada acoplada através de uma quarta linha de refrigerante em comunicação de fluxo de fluido com a segunda linha de refrigerante, em um local intermediário ao trocador de calor externo e uma saída acoplada através de uma sexta linha de refrigerante em comunicação fluida com a terceira linha de refrigerante. Uma primeira válvula de controle de fluxo, tendo uma posição aberta e uma posição fechada, pode ser provida para controlar o fluxo de refrigerante da segunda linha de refrigerante para a entrada do reservatório de refrigerante e uma segunda válvula de controle de fluxo tendo uma posição aberta e uma posição fechada pode ser provida para controlar o fluxo de refrigerante entre a saída do reservatório de refrigerante e a terceira linha de refrigerante. O controlador pode ser operativo para seletivamente controlar o respectivo posicionamento das primeira e segunda válvulas de controle de fluxo entre suas respectivas posições abertas e

fechadas, a fim de seletivamente controlar a carga de refrigerante dentro do circuito de refrigerante. As primeira e segunda válvulas de controle de fluxo podem também ter pelo menos uma posição parcialmente aberta e podem compreender válvulas solenóides moduladas em largura. O controlador pode
5 ainda ser operativo para seletivamente modular o respectivo posicionamento das válvulas de controle de fluxo entre suas posições aberta, parcialmente aberta e fechada.

Em uma outra forma de realização, uma primeira válvula de expansão pode ser provida na segunda linha de refrigerante, em associação
10 operativa com o trocador de calor interno e uma segunda válvula de expansão pode ser provida na segunda linha de refrigerante, em associação operativa com o trocador de calor externo. Uma primeira linha de desvio de válvula de expansão, operativamente associada com a segunda linha de refrigerante para derivar refrigerante passando através da segunda linha de refrigerante, em
15 uma direção do trocador de calor externo para o trocador de calor interno em torno da primeira válvula de expansão e através de dita segunda válvula de expansão. Uma segunda linha de desvio de válvula de expansão, operativamente associada com a segunda linha de refrigerante, provê o desvio do refrigerante passando através da segunda linha de refrigerante em uma
20 direção do trocador de calor interno para o trocador de calor externo, em torno da segunda válvula de expansão e através da primeira válvula de expansão.

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

Para mais entendimento destes e outros objetivos da invenção, será feita referência à seguinte descrição detalhada da invenção, que é para ser
25 lida com relação ao desenho anexo, em que:

A Fig. 1 é um diagrama esquemático ilustrando uma primeira forma de realização do sistema de bomba de calor da invenção, ilustrando a operação de um único modo de resfriamento de ar interno;

A Fig. 2 é um diagrama esquemático ilustrando uma segunda

forma de realização do sistema de bomba de calor da invenção, ilustrando a operação em um único modo de resfriamento de ar interno.

5 A Fig. 3 é um diagrama esquemático ilustrando uma primeira forma de realização do sistema de bomba de calor da invenção, ilustrando a operação em um modo de resfriamento de ar interno com aquecimento de água;

10 A Fig. 4 é um diagrama esquemático ilustrando uma segunda forma de realização do sistema de bomba de calor da invenção, ilustrando a operação em um modo de resfriamento com ar interno com aquecimento de água;

A Fig. 5 é um diagrama esquemático ilustrando uma primeira forma de realização do sistema de bomba de calor da invenção, ilustrando a operação em um único modo de aquecimento de ar interno;

15 A Fig. 6 é um diagrama esquemático ilustrando uma segunda forma de realização do sistema de bomba de calor da invenção, ilustrando operação em um único modo de aquecimento de ar interno;

20 A Figura 7 é um diagrama esquemático ilustrando uma primeira forma de realização do sistema de bomba de calor da invenção, ilustrando operação em um modo de aquecimento de ar interno com aquecimento de água;

A Figura 8 é um diagrama esquemático ilustrando uma segunda forma de realização do sistema de bomba de calor da invenção, ilustrando operação em um modo de aquecimento de ar interno com aquecimento de água.

25 A Figura 9 é um desenho esquemático ilustrando uma primeira forma de realização do sistema de bomba de calor da invenção, ilustrando operação em um modo somente de aquecimento de água;

A Figura 10A é um desenho esquemático ilustrando uma segunda forma de realização do sistema de bomba de calor da invenção,

ilustrando operação em um modo somente de aquecimento;

A Figura 10B é um desenho esquemático ilustrando uma terceira forma de realização do sistema de bomba de calor da invenção, ilustrando operação em um modo somente de aquecimento de água;

5 A Figura 11 é um diagrama esquemático ilustrando uma forma de realização de um arranjo de sistema de controle para o sistema de bomba de calor da invenção;

10 A Figura 12 é um diagrama em bloco ilustrando uma primeira forma de realização de um procedimento de ajuste de carga de refrigerante na partida em um novo modo de operação;

A Figura 13 é um diagrama em bloco ilustrando uma segunda forma de realização de um procedimento de ajuste de carga de refrigerante na partida em um novo modo de operação;

15 A Figura 14 é um diagrama em bloco ilustrando uma terceira forma de realização de um procedimento de ajuste de carga de refrigerante na partida em um novo modo de operação;

A Figura 15 é um diagrama em bloco ilustrando um procedimento de controle de limite de temperatura de descarga para ajustar a carga de refrigerante após partida; e

20 A Figura 16 é um diagrama em bloco ilustrando procedimento de controle de carga para ajustar a carga de refrigerante pós partida.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

25 O sistema de bomba de calor refrigerante 10, representado em uma primeira forma de realização nas Figuras 1, 3, 5, 7 e 9 e uma segunda forma de realização nas Figuras 2, 4, 6, 8 e 10 fornece não somente ar de aquecimento ou de resfriamento a uma região de conforto, por exemplo, uma zona interna, localizada dentro de um edifício (não mostrado), mas também aquecimento de água auxiliar, quando desejado. O sistema inclui um compressor 20, um acumulador de sucção 22, uma válvula de inversão 30, um

trocador de calor externo 40 e ventoinha associada 42, localizada no lado externo do edifício em relação de transferência de calor com o ambiente circundante, um trocador de calor interno 50 e ventoinha associada 52, situada na zona de conforto, uma primeira válvula de expansão 44, operativamente associada com o trocador de calor externo 40 e uma segunda válvula de expansão 54, operativamente associada com o trocador de calor interno 50, um trocador de calor de refrigerante para água 60, uma válvula de desvio de trocador de calor 130, uma primeira válvula de desvio/sangria 230 e uma segunda válvula de desvio/sangria 330. Um circuito refrigerante incluindo as linhas de refrigerante 35, 45 e 55 fornece um trajeto de fluxo de refrigerante de circuito fechado acoplando estes componentes em uma maneira convencional para um sistema de bomba de calor empregando um ciclo de compressão de vapor refrigerante convencional. O refrigerante pode ser direcionado através do trocador de calor de refrigerante para água 60, em que o refrigerante passa em relação de troca de calor com a água a ser aquecida. A água a ser aquecida é bombeada por uma bomba circulante 62 via linha de circulação de água 65 de um reservatório de água 64, por exemplo, um tanque de armazenagem de água quente ou uma piscina, através do trocador de calor 60 e de volta para o reservatório 64. O trocador de calor de refrigerante para água 60 é operativamente associado com a seção 35B da linha de refrigerante 35, por meio do que o refrigerante escoando através da linha de refrigerante 35 passa em relação de troca de calor com a água passando através da linha de circulação de água 65.

O compressor 20, que pode compreender um compressor rotativo, um compressor de rolamento, um compressor alternante, um compressor de parafuso o qualquer outro tipo de compressor, tem uma entrada de sucção para receber refrigerante do acumulador de sucção 22 e uma saída para descarregar refrigerante comprimido. A válvula de inversão 30 pode compreender uma válvula seletivamente posicionável, de duas posições,

quatro orifícios, tendo um primeiro orifício 30-1, um segundo orifício 30-2, um terceiro orifício 30-3 e um quarto orifício 30-4. A válvula de inversão 30 é posicionável em uma primeira posição para acoplar o primeiro orifício e o segundo orifício em comunicação de fluxo de fluido e para simultaneamente acoplar o terceiro orifício e o quarto orifício em comunicação de fluxo de fluido. A válvula de inversão 30 é posicionável em uma segunda posição para acoplar o primeiro orifício e o terceiro orifício em comunicação de fluxo de fluido e para simultaneamente acoplar o segundo orifício e o quarto orifício em comunicação de fluxo de fluido. Vantajosamente, os respectivos acoplamentos de orifício-com-orifício, estabelecidos nas primeira e segunda posições, são realizados internamente dentro da válvula 30. A saída 28 do compressor 20 é conectada em comunicação de fluxo de fluido via linha de refrigerante 35 com o primeiro orifício 30-1 da válvula de inversão 30. O segundo orifício 30-2 da válvula de inversão 30 é acoplado externamente à válvula em comunicação de fluxo de refrigerante no terceiro orifício 30-3 da válvula de inversão 30, via linha de refrigerante 45. O quarto orifício 30-4 da válvula de inversão 30 é acoplado em comunicação de fluxo de refrigerante com a entrada de sucção 26 do compressor 20 via linha de refrigerante 55. Quando o sistema de bomba de calor é operado em um modo de resfriamento de ar, com ou sem aquecimento de água, a válvula de inversão 30 é posicionada na primeira posição como representado nas Figuras 1, 2, 3 e 4. Quando o sistema de bomba de calor é operado em um modo de aquecimento de ar, com ou sem aquecimento de água, a válvula de inversão 30 é posicionada na segunda posição como representado nas Figuras 5, 6, 7 e 8. Quando o sistema de bomba de calor é operado em um modo de somente aquecimento de água, a válvula de inversão 30 é posicionada na segunda posição como representado nas Figuras 9 e 10.

O trocador de calor externo 40 e o trocador de calor interno 50 são operativamente dispostos na linha de refrigerante 45. O trocador de calor

externo 50 é conectado em comunicação de fluxo de fluido via seção 45A da linha de refrigerante 45 com o segundo orifício 30-2 da válvula de inversão 30. O trocador de calor interno 50 é conectado em comunicação de fluxo de fluido com o terceiro orifício 30-3 da válvula de inversão 30, via seção 45C da linha de refrigerante 45. A seção 45B da linha de refrigerante 45 acopla o trocador de calor externo 40 e o trocador de calor interno 50 em comunicação com o fluxo de refrigerante. Um acumulador de sucção 22 pode ser disposto na linha de refrigerante 55 no lado de sucção do compressor 20, tendo sua entrada conectada na comunicação de fluxo de refrigerante para o quarto orifício 30-4 da válvula de reserva 30, via seção 55A da linha de refrigerante 55 e tendo sua saída conectada na comunicação de fluxo de refrigerante com a entrada de sucção do compressor 20, via seção 55B da linha de refrigerante 55. Portanto, as linhas de refrigerante 35, 45 e 55 juntas acoplam o compressor 20, o trocador de calor externo 40 e o trocador de calor interno 50 na comunicação de fluxo de refrigerante, desse modo criando um circuito para circulação de fluxo de refrigerante através do sistema de bomba de calor 10.

As primeira e segunda válvulas de expansão 44 e 54 são dispostas na seção 45B da linha de refrigerante 45. Nas formas de realização representadas nos desenhos, a primeira válvula de expansão 44 é operativamente associada com o trocador de calor externo 40 e a segunda válvula de expansão 54 é operativamente associada com o trocador de calor interno 50. Cada uma das válvulas de expansão 44 e 54 é provida com uma linha de desvio com uma válvula de retenção permitindo fluxo em somente uma direção. A válvula de retenção 46 da linha de desvio 43 associada com a válvula de expansão do trocador de calor externo 44 passa refrigerante escoando do trocador de calor externo 40 para o trocador de calor interno 50, desse modo desviando a válvula de expansão do trocador de calor externo 44 e passando o refrigerante para a válvula de expansão do trocador de calor interno 54. Contrariamente, a válvula de retenção 56 da linha de desvio 53,

associada com a válvula de expansão do trocador de calor interno 54, passa refrigerante escoando do trocador de calor interno 50 para o trocador de calor externo 40, desse modo desviando a válvula de expansão do trocador de calor interno 54 e passando o refrigerante para a válvula de expansão do trocador de calor externo 44.

A válvula de desvio de trocador de calor de refrigerante para água 130 compreende uma válvula seletivamente posicionável, de duas posições, quatro orifícios, tendo um primeiro orifício 130-1, um segundo orifício 130-2, um terceiro orifício 130-3 e um quarto orifício 130-4. A válvula 130 é posicionável em uma primeira posição para acoplar o primeiro orifício 130-1 e o segundo orifício 130-2 em comunicação de fluxo de fluido e para simultaneamente acoplar o terceiro orifício 130-3 e o quarto orifício 130-4 em comunicação de fluxo de fluido. A válvula 130 é posicionável em uma segunda posição para acoplar o primeiro orifício 130-1 e o quarto orifício 130-4 em comunicação de fluxo de fluido e para simultaneamente acoplar o segundo orifício 130-2 e o terceiro orifício 130-3 em comunicação de fluxo de fluido. Vantajosamente, os respectivos acoplamento de orifício-com-orifício, estabelecidos nas primeira e segunda posições, são realizados internamente dentro da válvula 130. A válvula 130 é disposta no circuito de refrigerante com o primeiro orifício 130-1 em comunicação de fluxo de fluido com a saída do compressor 20 através da seção a montante 35A da linha de refrigerante 35, como segundo orifício 130-2 em comunicação de fluxo de fluido com a seção a jusante 35B da linha de refrigerante 35, via linha de refrigerante 35C, com o terceiro orifício 130-3 em comunicação de fluxo de fluido com a linha de refrigerante 57 e com o quarto orifício 130-4 em comunicação de fluxo de fluido com a seção intermediária 35B da linha de refrigerante 35. Uma válvula de retenção de fluxo 22 é disposta na linha de refrigerante 35C e a válvula de retenção de fluxo 24 é disposta na seção intermediária 35B da linha de refrigerante 35. A válvula de retenção 22

permite que fluxo de refrigerante do compressor 20 via a válvula de desvio 130 através da linha de refrigerante 35C para a seção a jusante 35D da linha de refrigerante 35, porém bloqueia o fluxo através da linha de refrigerante 35C na direção inversa. A válvula de retenção 24 permite fluxo de refrigerante do compressor 20 via o orifício 130-4 da válvula de desvio 130 através da seção 35B da linha de refrigerante 35 para a seção a jusante 35D da linha de refrigerante 35, porém bloqueia o fluxo através da seção 35B da linha de refrigerante 35 na direção inversa.

A primeira válvula de desvio/sangria 230 compreende uma válvula seletivamente posicionável, de duas posições, quatro orifícios tendo um primeiro orifício 230-1, um segundo orifício 230-2, um terceiro orifício 230-3 e um quarto orifício 230-4. A primeira válvula de desvio/sangria 230 é posicionável em uma primeira posição para acoplar o primeiro orifício 230-1 e o segundo orifício 230-2 em comunicação de fluxo de fluido e para simultaneamente acoplar o terceiro orifício 230-3 e o quarto orifício 230-4 em comunicação de fluxo de fluido. A primeira válvula de desvio/sangria 230 é posicionável em uma segunda posição para acoplar o primeiro orifício 230-1 e o quarto orifício 230-4 em comunicação de fluxo de fluido e para simultaneamente acoplar o segundo orifício 130-2 e o terceiro orifício 230-3 em comunicação de fluxo de fluido. Vantajosamente, os respectivos acoplamentos de orifício-com-orifício, estabelecidos nas primeira e segunda posições, são realizados internamente dentro da válvula 230. A primeira válvula de desvio/sangria 230 é disposta no circuito de refrigerante na seção 45A da linha de refrigerante 45 com seu primeiro orifício 230-1 em comunicação de fluxo de fluido via linha de refrigerante 45A com o segundo orifício 30-2 da válvula de inversão 30 e com seu segundo orifício 230-2 em comunicação de fluxo de fluido com a seção 45b da linha de refrigerante 45.

A segunda válvula de desvio/sangria 330 compreende uma válvula seletivamente posicionável, de duas posições, quatro orifícios 330-1,

um segundo orifício 330-2, um terceiro orifício 330-3 e um quarto orifício 330-4. A segunda válvula de desvio/sangria 330 é posicionável em uma primeira posição para acoplar o primeiro orifício 330-1 e o segundo orifício 330-2 em comunicação de fluxo de fluido e para simultaneamente acoplar o terceiro orifício 330-3 e o quarto orifício 330-4 em comunicação de fluxo de fluido. A segunda válvula de desvio/sangria 300 é posicionável em uma segunda posição para acoplar o primeiro orifício 330-1 e o quarto orifício 330-4 em comunicação de fluxo de fluido e para simultaneamente acoplar o segundo orifício 330-2 e o terceiro orifício 330-3 em comunicação de fluxo de fluido. Vantajosamente, os respectivos acoplamentos de orifício-com-orifício, estabelecidos nas primeira e segunda posições são realizados internamente dentro da válvula 330. A segunda válvula de desvio/sangria 330 é disposta no circuito de refrigerante da seção 45C da linha de refrigerante 45 com seu primeiro orifício 330-1 em comunicação de fluxo de fluido com a linha de refrigerante 45C e com seu segundo orifício 330-2 em comunicação de fluxo de fluido com o terceiro orifício 30-3 da válvula de inversão 30.

A primeira válvula de desvio/sangria 230 e a segunda válvula de desvio 330 são conectadas em comunicação de fluxo de fluido através de um circuito de desvio/sangria compreendendo as linhas de refrigerante 25, 27 e 29. O terceiro orifício 230-3 da primeira válvula de desvio/sangria 230 é conectado em comunicação de fluxo com o quarto orifício 330-4 da segunda válvula de desvio/sangria 330 via seção 25A da linha de refrigerante 25. O quarto orifício 230-4 da válvula de desvio/sangria 230 é conectado em comunicação de fluxo com o terceiro orifício 330-3 da segunda válvula de desvio/sangria 330 via linha de refrigerante 27. Uma válvula de retenção de fluxo 26 e uma válvula de retenção de fluxo 28 são dispostas na linha de refrigerante 27. A linha de refrigerante 29 fornece comunicação de fluxo de fluido entre a linha de refrigerante 27 e a seção 45B da linha de refrigerante 45, intersectando em comunicação de fluxo de fluido com a linha de

refrigerante 27 em um local intermediário às válvulas de retenção de fluxo 26 e 28 e intersectando em comunicação de fluxo de fluido com a linha de refrigerante 45 em um local intermediário às válvulas de controle de fluxo 48 e 58. A válvula de retenção 26 permite o fluxo de refrigerante através da seção 27 da linha de refrigerante 27 para a linha de refrigerante 29, porém bloqueia o fluxo através da seção 27A da linha de refrigerante 27 na direção inversa. Similarmente, a válvula de retenção 28 permite o fluxo de refrigerante através da seção 27B da linha de refrigerante 27 para a linha de refrigerante 29, porém bloqueia o fluxo através da seção 27B da linha de refrigerante 27 na direção inversa. Adicionalmente, uma primeira válvula de controle de fluxo 48 é disposta na seção 45B da linha de refrigerante 45 entre a válvula de expansão 44 e a conexão da linha de refrigerante 29 para dentro da linha 45, e uma segunda válvula de controle de fluxo 58 é disposta na seção 45B da linha de refrigerante 45, entre a válvula de expansão 54 e a conexão da linha de refrigerante 29 para dentro da linha 45. Vantajosamente, ambas as válvulas de controle de fluxo 48 e 58 podem ser válvulas solenóide seletivamente posicionáveis por um controlador de sistema (não mostrado) na posição aberta ou na posição fechada.

Quando a primeira válvula de desvio/sangria 230 é posicionada em sua primeira posição, o fluxo de refrigerante passando através da linha de refrigerante 45 passa através do trocador de calor externo 40. Entretanto, quando a primeira válvula de desvio/sangria 230 é posicionada em sua segunda posição, a válvula de controle de fluxo 48 é posicionada em sua posição fechada, por meio do que o fluxo de refrigerante passa através de um circuito de desvio formado pela seção 27A da linha de refrigerante 27 e linha de refrigerante 29, desse modo desviando-se do trocador de calor externo 40. Quando a segunda válvula de desvio/sangria 330 é posicionada em sua primeira posição, o fluxo de refrigerante passando através da linha de refrigerante 45 passa através do trocador de calor interno 50. Entretanto,

quando a segunda válvula de desvio/sangria 30 é posicionada em sua segunda posição, a válvula de controle de fluxo 58 é posicionada em sua posição fechada, por meio do que o fluxo de refrigerante passa através de um circuito de desvio formado pela seção 27B da linha de refrigerante 27 e linha de refrigerante 29, desse modo desviando-se do trocador de calor interno 50.

Na forma de realização do sistema de bomba de calor 10 representado nas Figuras 2, 4, 6, 8 e 10, o sistema inclui, além dos componentes anteriormente mencionados, uma válvula de desvio da linha de sucção 90, tendo uma primeira posição e uma segunda posição, uma válvula de controle de fluxo de desvio 92, tal como, por exemplo, uma válvula solenóide, tendo um estado de válvula aberta e um estado de válvula fechada, uma linha de desvio 93, uma linha de desvio 95 e uma válvula de retenção 94. A válvula de desvio da linha de sucção 90, que vantajosamente pode ser uma válvula seletivamente posicionável, de duas posições, quatro orifícios, tendo um primeiro orifício 90-1, um segundo orifício 90-2, um terceiro orifício 90-3 e um quarto orifício 90-4, é disposta na linha 45C do circuito de refrigeração intermediário ao trocador de calor interno 50 e à válvula de inversão 30. O primeiro orifício 90-1 da válvula de desvio da linha de sucção 90 fica em comunicação de fluxo com a linha 45C do circuito de refrigerante. O segundo orifício 90-2 da válvula de desvio da linha de sucção 90 é conectado externamente na comunicação de fluxo de refrigerante com o primeiro orifício 330-1 da segunda válvula de desvio 330, por meio do que a linha de refrigerante 45C ficará em comunicação de fluxo de refrigerante com o terceiro orifício 30-3 da válvula de inversão 30, sempre que a válvula de desvio da linha de sucção 90 estiver em sua primeira posição, como ilustrado nas Figuras 2, 4, 6, 10A e 10B. A linha de refrigerante 93 estende-se em comunicação de fluxo entre a linha de refrigerante 73 e o terceiro orifício 90-3 da válvula de desvio da linha de sucção 90. A linha de refrigerante 95 estende-se em comunicação de fluxo entre um quarto orifício 90-4 da válvula

de desvio da linha de sucção 90 e linha de refrigerante 45C, abrindo-se para elas em um local intermediário ao trocador de calor interno 50 e a válvula de controle de fluxo de desvio 92, por meio do que as linhas 93 e 95 serão também conectadas em comunicação de fluxo de refrigerante, sempre que a

5 válvula de fluxo de sangria da linha de sucção 90 ficar em sua primeira posição.

A válvula de controle de fluxo de desvio 92 é disposta na linha de refrigerante 45C e é operativa para fechar a linha de refrigerante 45C para fluxo através dela quando em seu estado de válvula aberta. A válvula de

10 retenção 94 é disposta na linha de refrigerante 95, a fim de permitir que refrigerante escoe através da linha de refrigerante 95 da válvula de desvio da linha de sucção 90 para dentro da linha de refrigerante 45C, porém para bloquear o fluxo de refrigerante através da linha de refrigerante 95 da linha de refrigerante 45C para a válvula de desvio da linha de sucção 90. Sempre que a

15 válvula de desvio da linha de sucção 90 está em sua segunda posição, as linhas de refrigerante 45C e 93 serão acoplados em comunicação de fluxo de refrigerante e a linha de refrigerante 95 será acoplada em comunicação de fluxo de refrigerante através do primeiro orifício 330-1 da válvula de desvio 330, como ilustrado na Figura 8. Em razão de a linha de desvio 95 ser usada

20 para transportar refrigerante líquido quente para o trocador de ar interno do aquecimento de ar interno com somente modo de aquecimento de água, a linha de desvio 95 é dimensionada com um menor diâmetro do que o da seção 45C da linha de refrigerante 45, por meio do que o volume da linha de desvio 95 será substancialmente menor do que o volume da seção 45C da linha de

25 refrigerante 45, assim reduzindo a carga de refrigerante requerida para encher o circuito de refrigerante neste modo. Em outros modos de operação do sistema de bomba de calor, a válvula de retenção da linha de desvio 92 é fechada e a linha de refrigerante 95 é meramente conectada em comunicação de fluxo de refrigerante via as linhas de refrigerante 93 e 55A para o

acumulador de sucção, por meio do que qualquer refrigerante permanecendo na linha 95 é sangrado de volta para o acumulador de sucção 22, para retornar para a entrada de sucção do compressor 20.

No sistema da invenção, bomba de calor funciona não somente para aquecer ou resfriar ar para uma região de conforto, mas também para aquecer água sob demanda. Portanto, o sistema deve operar eficazmente em um modo de somente resfriamento de ar, um modo de resfriamento de ar e aquecimento de água, um modo somente de aquecimento de ar, um modo de aquecimento de ar e aquecimento de água e um modo somente de aquecimento de água. Quando tanto o trocador de calor externo 40 como o trocador de calor interno 50 operam como evaporadores, condensadores ou sub-resfriadores, dependendo do modo e ponto de operação, a condensação pode ocorrer em um ou dois trocadores de calor e a linha de sucção pode ser encheda com refrigerante em um estado gasoso ou líquido. Como consequência, a quantidade de carga do refrigerante do sistema requerida em cada modo, a fim de assegurar operação dentro de um envoltório de eficiência aceitável, será diferente para cada modo. Quando aquecimento de água não é necessário, a quantidade de carga de refrigerante requerida também será afetada pela quantidade de troca de calor devido à ocorrência de termo-sifonamento no trocador de calor de refrigerante para água 60.

Portanto, o sistema 10 inclui ainda um reservatório de armazenamento de refrigerante 70, denominado tanque de carga, tendo uma entrada conectada em comunicação de fluxo de fluido com a linha de refrigerante 45, via linha de refrigerante 72 e uma saída conectada em comunicação de fluxo de fluido com a linha de refrigerante 55, via a linha de refrigerante 73, uma primeira válvula de controle de fluxo 72 disposta na linha de refrigerante 71 e uma segunda válvula de controle de fluxo 74 disposta na linha de refrigerante 73. Cada uma das primeira e segunda válvulas de controle de fluxo 72 e 74 tem uma posição aberta e uma posição

fechada, a fim de que o fluxo através delas possa ser seletivamente controlado, por meio do que a carga de refrigerante dentro do circuito de refrigerante pode ser ativamente controlada. Vantajosamente, cada uma das primeira e segunda válvulas de controle de fluxo 72 e 74 pode também ter

5 pelo menos uma posição parcialmente aberta e pode ter uma válvula solenóide modulada em largura de pulso. Adicionalmente, um medidor de nível de líquido 80, tal como, por exemplo, um transdutor, pode ser disposto no tanque de carga 70 para monitorar o nível de refrigerante dentro do tanque de carga.

10 Com referência agora à Figura 11, um controlador de sistema 100, vantajosamente um microprocessador, controla a operação da bomba d'água 62, o compressor 20, a válvula de inversão 30, a válvula de desvio de trocador de calor 130, a primeira válvula de desvio/sangria 230, a segunda

15 válvula de desvio/sangria 330 e outros componentes de bomba de calor, tais como a ventoinha de trocador de calor externo 42 e a ventoinha de trocador de calor interno 52, em resposta à demanda de resfriamento ou aquecimento da região de conforto de uma maneira convencional e/ou a demanda para aquecimento de água. Na forma de realização representada nas Figuras 6 – 10, o controlador de sistema também controla a operação da válvula de desvio da

20 linha de sucção 90 e da válvula de controle de fluxo de desvio 92. Além disso, o controlador do sistema 100 controla a abertura e fechamento das válvulas de controle de fluxo 72 e 74 para ajustar a carga de refrigerante para coordenar-se com as exigências do sistema para os vários modos de operação. O controlador do sistema 100 recebe os sinais de entrada indicativos dos vários

25 parâmetros operacionais do sistema de uma pluralidade de sensores, incluindo, sem limitação, um sensor de temperatura de sucção 81, um sensor de pressão de sucção 83, um sensor de temperatura de descarga 85, um sensor de pressão de descarga 87, um sensor de temperatura da água 89, um sensor de temperatura de refrigerante do trocador de calor externo 82, um sensor de

temperatura de refrigerante do trocador de calor interno 84 e um sensor de temperatura de refrigerante 86 dispostos em associação operativa com a seção 45B da linha de refrigerante 45 em um local entre as válvulas de expansão 44 e 54.

- 5 O sensor de temperatura de sucção 81 e o sensor de pressão de sucção 83 são dispostos em associação operativa com a linha de refrigerante 55 próximo da entrada de sucção para o compressor 20, como na prática convencional, para sentir a temperatura e pressão do refrigerante, respectivamente, na entrada de sucção do compressor e para passar os
- 10 respectivos sinais indicativos delas para o controlador do sistema 100. O sensor da temperatura de descarga 85 e o sensor da temperatura de descarga 87 são dispostos em associação operativa com a linha de refrigerante 35, próximo da saída de descarga para o compressor 20 como na prática convencional, para sentir a temperatura e pressão do refrigerante,
- 15 respectivamente, na saída de descarga do compressor e para passar os respectivos sinais indicativos delas para o controlador do sistema 100. O sensor de temperatura da água 89 é disposto em associação operativa com o reservatório de água 64 para sentir a temperatura da água nele e para passar um sinal indicativo da temperatura de água sentida para o controlador de
- 20 sistema 100. O sensor de temperatura 82 é disposto em associação operativa com o trocador de calor externo 40 em um local apropriado para medir a temperatura de mudança de fase de refrigerante do refrigerante passando através dele quando o trocador de calor externo está operando e para remeter um sinal indicativo da temperatura sentida para o controlador de sistema 100.
- 25 Similarmente, o sensor de temperatura 84 é disposto em associação operativa com o trocador de calor interno 50 em um local apropriado para medir a temperatura de mudança de fase de refrigerante do refrigerante passando através dele quando o trocador de calor interno está operando e para remeter um sinal indicativo daquela temperatura sentida para o controlador de sistema

100. O controlador de sistema 100 determina o grau de supercalor da temperatura de refrigerante sentida por qualquer que seja dos sensores 82 e 84 que esteja associado com o trocador de calor que está atuando como um evaporador no modo de operação de corrente. O sensor de temperatura de refrigerante 86, operativamente associado com a linha de refrigerante 45, sente a temperatura do refrigerante em um local entre as válvulas de expansão 44 e 54 e passa um sinal indicativo da temperatura sentida para o controlador de sistema 100. O controlador de sistema determina o grau de sub-resfriamento presente na temperatura detectada, recebido do sensor de temperatura 86.

Com referência agora às Figuras 1 e 2, no modo somente de resfriamento de ar interno, em resposta a uma demanda por resfriamento, o controlador de sistema 100 posiciona a válvula de inversão 30 em sua primeira posição, a válvula de desvio de trocador de calor 130 em sua primeira posição, a primeira válvula de desvio/sangria 230 em sua primeira posição, a segunda válvula de desvio/sangria 330 em sua primeira posição e ativa o compressor 20, a ventoinha de trocador de calor externo 42 e a ventoinha de trocador de calor interno 52. Adicionalmente, ambas as válvulas de controle de fluxo 48 e 58 são fixadas em sua posição aberta. Refrigerante superaquecido em alta pressão do compressor 20 passa através da linha de refrigerante 35A para o primeiro orifício 130-1 da válvula de desvio de trocador de calor 130, em que o refrigerante é direcionado via o segundo orifício para e através das linhas de refrigerante 35C e 35D para o primeiro orifício 30-1 da válvula de inversão 30, desse modo desviando-se do trocador de calor de refrigerante para água 60. No modo único de resfriamento de ar, a bomba de água 62 é desligada a fim de que não esteja circulando através da linha 65. Com a válvula de retenção 24 bloqueando de volta o fluxo para dentro da linha de refrigerante 35B, qualquer refrigerante residente na linha de refrigerante 35B é sangrado de volta através do quarto orifício 130-4 da

válvula de desvio 130 para o terceiro orifício 130-3 da válvula de desvio 130 e dali a linha de refrigerante 57 para o acumulador 22 para retornar para a entrada de sucção do compressor 20.

O refrigerante passando através da linha de refrigerante 35D para dentro da válvula de inversão 30 é direcionado para e através da linha de refrigerante 45A para o trocador de calor externo 40, que no modo de resfriamento de ar funciona como um condensador. Com a ventoinha do trocador de calor externo 42 operando, o ar ambiente escoar através do trocador de calor externo 40 em relação de troca de calor com o refrigerante passando através dele, por meio do que o refrigerante em alta pressão é condensado em um líquido e sub-resfriado. Este refrigerante líquido de alta pressão passa do trocador de calor externo 40 através da seção 45B da linha de refrigerante 45 para o trocador de calor interno 50, que no modo de resfriamento de ar funciona como um evaporador. Ao passar através da seção 45B da linha de refrigerante 45, o refrigerante líquido de alta pressão desvia da válvula de expansão 44 através da linha de desvio 43 e válvula de retenção 46 e dali passa através da válvula de expansão 54, em que o refrigerante líquido em alta pressão expande-se para uma pressão mais baixa, desse modo resfriando mais o refrigerante antes de o refrigerante penetrar no trocador de calor interno 50. Quando o refrigerante atravessa o trocador de calor interno 50, o refrigerante evapora-se. Com a ventoinha de trocador de calor interno 52 operando, o ar de entrada passa através do trocador de calor interno 50 em relação de troca de calor com o refrigerante, desse modo evaporando o refrigerante e resfriando o ar interno.

Na forma de realização da Figura 1 do sistema 10, o vapor de refrigerante passa do trocador de calor interno 50 através da seção 45C da linha de refrigerante 45 diretamente e através da segunda válvula de desvio/sangria 330 para a válvula de inversão 30, em que é dirigido através da seção 55A da linha de refrigerante 55 para o acumulador 22 antes de retornar

para o compressor 20 através da seção 55B da linha de refrigerante 55 conectando a entrada de sucção do compressor 20. Na forma de realização da Figura 2 do sistema 10, entretanto, a válvula de sangria de linha de sucção 90 é disposta no circuito de refrigerante entre o trocador de calor interno 50 e a

5 segunda válvula de desvio/sangria 330. Assim, o vapor de refrigerante passa do trocador de calor interno 50 através da seção 45C da linha de refrigerante 45 diretamente para o primeiro orifício 90-1, em vez de diretamente para o primeiro orifício 330-1 da segunda válvula de desvio/sangria 330. Com a

10 válvula de desvio/sangria da linha de sucção 90 posicionada em sua primeira posição e a válvula de controle de fluxo de desvio 92 posicionada em sua posição aberta, como ilustrado na Figura 2, o vapor de refrigerante passa através da válvula de desvio/sangria da linha de sucção 90 via orifícios 90-1 e 90-2 para e através da segunda válvula de desvio/sangria 330 para a válvula de inversão 30, em que é dirigido através da seção 55A da linha de

15 refrigerante 55 para o acumulador de sucção 22, antes de retornar para o compressor 20 através da seção 55B da linha de refrigerante 55 conectando a entrada de sucção do compressor 20. Adicionalmente, as linhas 93 e 95 são também conectadas em comunicação de fluxo pela válvula de desvio da linha de sucção 90 via orifícios 90-3 e 90-4 e o fluxo para dentro da linha 95 da

20 linha de refrigerante 45C é bloqueado pela válvula de retenção 94.

Com referência agora às Figuras 3 e 4, quando há uma demanda por aquecimento de água em conjunto com resfriamento de ar interno, o controlador de sistema 100 reposiciona a válvula de desvio de trocador de calor 130 de sua primeira posição para sua segunda posição e

25 também reposiciona a primeira válvula de desvio/sangria 230 de sua primeira posição para dentro de sua segunda posição, enquanto deixando a válvula de inversão 30 em sua primeira posição e a segunda válvula de desvio/sangria 330 em sua primeira posição. O controlador também ativa a bomba d'água 62 além do compressor 20 e a ventoinha de trocador de calor interno 52, porém

g

paralisa a ventoinha do trocador de calor externo 42 e fecha a válvula de controle de fluxo 48. Com a válvula de desvio de trocador de calor 130 em sua segunda posição, refrigerante superaquecido em alta-pressão do compressor 20 passa através da linha de refrigerante 35A para o primeiro orifício 130-1 da válvula de desvio de trocador de calor 130, em que o refrigerante é dirigido via o quarto orifício 130-4 para e através das linhas de refrigerante 35B e 35D para o primeiro orifício 30-1 da válvula de inversão 30, desse modo passando através do trocador de calor de refrigerante para água 60. Com a bomba d'água ativada, a água é bombeada via linha de água 65 do tanque de armazenagem 64 através do trocador de calor 60 em relação de troca de calor com o refrigerante superaquecido em alta pressão escoando através da linha de refrigerante 35B.

Quando o refrigerante passa através do trocador de calor 60, ele é condensado e sub-resfriado quando ele fornece calor para aquecer a água escoando através do trocador de calor 60 em relação de troca com o refrigerante. Uma vez que neste resfriamento de ar com modo de aquecimento de água o refrigerante passando para dentro da seção 45A da linha de refrigerante 45 já foi condensado e sub-resfriado quando passando através do trocador de calor 60 em relação de troca de calor com a água, não há necessidade de qualquer resfriamento adicional significativo no trocador de calor externo. Além disso, sub-resfriamento adicional diminuiria a capacidade de aquecimento de água. Quando a primeira válvula de desvio/sangria 230 está em sua segunda posição neste resfriamento de ar interno com modo de aquecimento de água, o refrigerante líquido em alta pressão, passando para dentro da primeira válvula de desvio/sangria 230 através de seu primeiro orifício 230-1, é dirigido através de seu quarto orifício 230-4 para dentro da linha de refrigerante 27A, desse modo desviando do trocador de calor externo 40 e, dali através da linha de refrigerante 29 e a válvula de controle de fluxo aberta 58 para e através do trocador de calor interno 50, via linha de

refrigerante 45B. Com a válvula de controle de fluxo 48 fechada e a primeira válvula de desvio/sangria 230 em sua segunda posição, qualquer refrigerante residente no trocador de calor externo é sangrado de volta através da primeira válvula de desvio/sangria 230 via seu segundo orifício 230-2 e terceiro orifício 230-3 para e através das linhas de refrigerante 25A e 25B para o acumulador 22, para retornar para a entrada de sucção do compressor 20.

Ao passar através da linha de refrigerante 45B, o refrigerante líquido em alta pressão passa através da válvula de expansão 54, em que o refrigerante líquido em alta pressão expande-se para uma pressão inferior, desse modo resfriando mais o refrigerante antes dele entrar no trocador de calor interno 50. Quando o refrigerante atravessa o trocador de calor interno, o refrigerante evapora-se. Com a ventoinha de trocador de calor interno 52 operando, o ar interno passa através do trocador de calor interno 50 em relação de troca de calor com o refrigerante, desse modo evaporando o refrigerante e resfriando o ar interno. Na forma de realização da figura 3 do sistema 10, o vapor de refrigerante passa do trocador de calor interno 50 através da seção 45C da linha de refrigerante 45 diretamente para e através da segunda válvula de desvio/sangria 330 para a válvula de inversão 30, em que é dirigido através da seção 55A da linha de refrigerante 55 para o acumulador de sucção 22 antes de retornar para o compressor 20 através da seção 55B da linha de refrigerante 55 conectando a entrada de sucção do compressor 20.

Na forma de realização da Figura 4 do sistema 10, entretanto, a válvula de sangria de linha de sucção 90 é disposta no circuito de refrigerante entre ao trocador de calor interno 50 e a segunda válvula de desvio/sangria 330. Assim, o vapor refrigerante passa do trocador de calor interno 50 através da seção 45C da linha de refrigerante 45 diretamente para o primeiro orifício 90-1, em vez de diretamente para o primeiro orifício 330-1 da segunda válvula de desvio/sangria 330. No modo de resfriamento de ar com aquecimento de água, a válvula de desvio/sangria de linha de sucção 90 e a

válvula de controle de fluxo 92 são posicionadas como no modo somente de resfriamento de ar, com a válvula de desvio de linha de sucção 90 sendo posicionada na primeira posição e a válvula de controle de fluxo de desvio 92 estando em sua posição aberta. Portanto, o vapor refrigerante passa através da

5 válvula de desvio/sangria de linha de sucção 90 via orifícios 90-1 e 90-2 para e através da segunda válvula de desvio/sangria 330 para a válvula de inversão 30, em que é direcionado através da seção 55A da linha de refrigerante 55 para o acumulador de sucção 22 antes de retornar para o compressor 20 através da seção 55B da linha de refrigerante 55 conectando na entrada de

10 sucção do compressor 20. Adicionalmente, as linhas 93 e 95 são também conectadas em comunicação de fluxo pela válvula de desvio de linha de sucção 90 via orifícios 90-3 e 90-4, e o fluxo para dentro da linha 95 da linha de refrigerante 45C é bloqueado pela válvula de retenção 94.

Com referência agora às Figuras 5 e 6, no modo somente de

15 aquecimento de ar interno, em resposta a uma demanda para aquecimento, o controlador do sistema 100 posiciona a válvula de inversão 30 em sua segunda posição, a válvula de desvio de trocador de calor 130 em sua primeira posição, a primeira válvula de desvio/sangria 230 em sua primeira posição, a segunda válvula de desvio/sangria 330 em sua primeira posição e

20 ativa o compressor 20, a ventoinha de trocador de calor externo 42 e a ventoinha de trocador de calor interno 52. Adicionalmente, ambas as válvulas de controle de fluxo 48 e 58 são ajustadas em sua posição aberta. Refrigerante em alta pressão superaquecido do compressor 20 passa através da linha de refrigerante 35A para o primeiro orifício 130-1 da válvula de desvio de

25 trocador de calor 130, em que o refrigerante é direcionado via o segundo orifício para e através das linhas de refrigerante 35C e 35D para o primeiro orifício 30-1 da válvula de inversão 30, desse modo desviando o trocador de calor de refrigerante para água 60. Com a válvula de inversão 30 posicionada em sua segunda posição, o refrigerante passando através da linha de

refrigerante 35D para dentro da válvula de inversão 30 é direcionado via seu primeiro orifício 30-1 e segundo orifício 30-2 para o segundo orifício 330-2 da segunda válvula de desvio/sangria 330, em que o refrigerante é direcionado via seus segundos orifício 330-2 e primeiro orifício 330-1 para dentro da

5 seção 45C da linha de refrigerante 45 e através deles para o trocador de calor interno 50, que no modo de aquecimento de ar funciona como um condensador. No modo somente de aquecimento de ar, a bomba d'água 62 está desligada, de modo que a água não está circulando através da linha 65. Com a válvula de retenção 24 bloqueando de volta o fluxo para dentro da

10 linha de refrigerante 35B, qualquer refrigerante existente na linha de refrigerante 35B é sangrado de volta através do quarto orifício 130-4 da válvula de desvio 130 para o terceiro orifício 130-3 da válvula de desvio 130 e dali linha de refrigerante 57 para o acumulador 22, para retornar para a entrada de sucção do compressor 20.

15 Com a ventoinha de trocador de calor interno 52 operando, o ar interno passa através do trocador de calor interno 50 em relação de troca de calor com o refrigerante passando através dele, por meio do que o refrigerante em alta pressão é condensado em um líquido e sub-resfriado e o ar interno é aquecido. Refrigerante líquido em alta pressão passa do trocador de calor

20 interno 50 através da seção 45B da linha de refrigerante 45 para o trocador de calor externo 40, que no modo de aquecimento de ar funciona como um evaporador. Ao passar através da seção 45B da linha de refrigerante 45, o refrigerante líquido em alta pressão desvia-se da vetor de expansão 54 através da linha de desvio 53 e válvula de retenção 56 e dali passa através da válvula

25 de expansão 44, em que o refrigerante líquido em alta pressão expande-se para uma mais baixa pressão, desse modo resfriando mais o refrigerante antes dele entrar no trocador de calor externo 40. Com a ventoinha de trocador de calor externo 42 operando, o ar ambiente passa através do trocador de calor externo e quando o refrigerante atravessa o trocador de calor externo, o

refrigerante evapora-se. O refrigerante passa do trocador de calor externo 40 através da seção 45A da linha de refrigerante 45 para e através da primeira válvula de desvio/sangria 230, via seus segundo orifício 230-2 e primeiro orifício 230-1 para a válvula de inversão 30, em que o vapor refrigerante é
5 direcionado via seus segundo orifício 30-2 e quarto orifício 30-4 para e através a linha de refrigerante 55A para o acumulador de sucção 22, antes de retornar para o compressor 20 através da seção 55B da linha de refrigerante 55 conectando-se à entrada de sucção do compressor 20.

Na forma de realização da figura 6 do sistema 10, a válvula de
10 sangria de linha de sucção 90 é disposta no circuito de refrigerante entre o trocador de calor interno 50 e a segunda válvula de desvio/sangria 330. Assim, o vapor refrigerante passando através da segunda válvula de desvio/sangria 330 via seus orifícios 330-2 e 330-1 passa para o segundo orifício 90-2 da válvula de desvio de linha de sucção 90. No modo somente de
15 aquecimento de ar, a válvula de desvio/sangria de linha de sucção 90 e a válvula de controle de fluxo 92 são posicionadas como no modo somente de resfriamento de ar, com a válvula de desvio de linha de sucção 90 sendo posicionada em sua primeira posição e a válvula de controle de fluxo de desvio 92 estando em sua posição aberta. Portanto, o refrigerante líquido em
20 alta pressão passa através da válvula de desvio/sangria de linha de sucção 90 via os orifícios 90-2 e 90-1 e dali através da linha de refrigerante 45C para o trocador de calor interno 50. Adicionalmente, as linhas 93 e 95 são também conectadas em comunicação de fluxo pela válvula de desvio de linha de sucção 90 via orifícios 90-3 e 90-4 e o fluxo para dentro da linha 95 da linha
25 de refrigerante 45C é bloqueado pela válvula de retenção 94.

Com referência agora as Figuras 7 e 8, em que há uma demanda por aquecimento de água em conjunto com o modo de aquecimento de ar interno, o controlador do sistema 100 posiciona a válvula de inversão 30 em sua segunda posição, a válvula de desvio de trocador de calor 130 em sua

segunda posição, a primeira válvula de desvio/sangria 230 em sua primeira posição e a segunda válvula de desvio/sangria 330 em sua primeira posição. O controlador também ativa a bomba d'água 62 além do compressor 20, a ventoinha de trocador de calor externo 42 e a ventoinha de trocador de calor interno 52. Adicionalmente, ambas as válvulas de controle de fluxo 48 e 58 são ajustadas em sua posição aberta. Com a válvula de desvio de trocador de calor 130 em sua segunda posição, refrigerante superaquecido em alta pressão do compressor 20 passa através da linha de refrigerante 35A para o primeiro orifício 130-1 da válvula de desvio de trocador de calor 130, em que o refrigerante é direcionado via o quarto orifício 130-4 para e através das linhas de refrigerante 35B e 35D do primeiro orifício 30-1 da válvula de inversão 30, desse modo passando através do trocador de calor de refrigerante para água 60. O controlador 100 também ativa a bomba d'água 60 e a água é bombeada via linha de água 65 do tanque de armazenagem 64 através do trocador de calor 60 em relação de troca de calor com o refrigerante de vapor superaquecido em alta pressão escoando através da linha de refrigerante 35B.

Com a válvula de inversão 30 posicionada em sua segunda posição, o refrigerante passando através da linha de refrigerante 35D para dentro da válvula de inversão 30 é direcionado via seus primeiro orifício 30-1 e segundo orifício 30-2 para um segundo orifício 330-2 da segunda válvula de desvio/sangria 330, em que o refrigerante é direcionado por seus segundo orifício 330-2 e primeiro orifício 330-1 para e através da seção 45C da linha de refrigerante 45 para o trocador de calor interno 50, que no modo de aquecimento de ar funciona como um condensador. Com a ventoinha de trocador de calor interno 52 operando, o ar interno passa através do trocador de calor interno 50 em relação de troca com o refrigerante passando através dele, por meio do que o refrigerante em alta pressão é condensado em um líquido e sub-resfriado e o ar interno é aquecido. Refrigerante líquido em alta pressão passa do trocador de calor interno 50 através da seção 45B da linha de

refrigerante 45 para ao trocador de calor externo 40, que no modo de aquecimento de ar funciona como um evaporador. Ao passar através da seção 45B da linha de refrigerante 45, o refrigerante líquido em alta pressão desvia-se da válvula de expansão 54 através da linha de desvio 53 e válvula de retenção 56 e dali passa através da válvula de expansão 44, em que o refrigerante líquido em alta pressão expande-se para uma mais baixa pressão, desse modo resfriando mais o refrigerante antes do refrigerante entrar no trocador de calor externo 40. Com a ventoinha de trocador de calor externo 42 operando, o ar ambiente passa através do trocador de calor externo e quando o refrigerante atravessa o trocador de calor externo, o refrigerante evapora-se. O refrigerante passa do trocador de calor externo 40 através da seção 45A da linha de refrigerante 45 para e através da primeira válvula de desvio/sangria 230 via seu segundo orifício 230-2 e primeiro orifício 230-1 para a válvula de inversão 30, em que o vapor refrigerante é direcionado via seu segundo orifício 30-2 e quarto orifício 30-4 para e através da linha de refrigerante 55A para o acumulador de sucção 22, antes de retornar para o compressor 20 através da seção 55B da linha de refrigerante 55 conectando a entrada de sucção do compressor 20.

Na forma de realização da Figura 8 do sistema 10, a válvula de sangria de linha de sucção 90 é disposta no circuito refrigerante entre o trocador de calor interno 50 e a segunda válvula de desvio/sangria 330. Assim, o vapor refrigerante passando através da segunda válvula de desvio/sangria 330 via seus orifícios 330-2 e 330-1 passa para o segundo orifício 90-1 da válvula de desvio de linha de sucção 90. No aquecimento de ar com modo de aquecimento de ar, a válvula de desvio de linha de sucção 90 é posicionada em sua segunda posição e a válvula de controle de fluxo 92 é posicionada em sua posição fechada. Com a válvula de desvio de linha de sucção 90 sendo posicionada em sua segunda, o refrigerante líquido em alta pressão passa através da válvula de desvio/sangria de linha de sucção 90 via

orifícios 90-2 e 90-4 e dali, através da linha de refrigerante 95 e válvula de retenção 94, para o trocador de calor interno 50. Adicionalmente, a linha 93 e seção 45C da linha de refrigerante 45 são conectadas em comunicação de fluxo pela válvula de desvio de linha de sucção 90 via orifícios 90-1 e 90-3 e o fluxo para dentro da linha 45C da linha de refrigerante 95 é bloqueado pela válvula de controle de fluxo fechado 92. Qualquer refrigerante residente na seção 45C da linha de refrigerante 45 é sangrado para o acumulador de sucção através das linhas de refrigerante 93 e 73.

Com referência agora às Figuras 9 e 10, quando houver uma demanda para aquecimento de água, enquanto a bomba de calor também não está no modo de resfriamento de ar ou de aquecimento de ar interno, o controlador de sistema 100 posiciona a válvula de inversão 30 em sua segunda posição, a válvula de desvio de trocador de calor 130 em sua segunda posição, a primeira válvula de desvio/sangria 230 em sua primeira posição e a segunda válvula de desvio/sangria 330 em sua segunda posição. O controlador 100 também ativa a bomba d'água 62 além do compressor 20 e da ventoinha de trocador de calor externo 52, porém paralisa a ventoinha do trocador de calor interno 52 e fecha a válvula de controle de fluxo 58. Com a válvula de desvio de trocador de calor 130 em sua segunda posição, refrigerante superaquecido, em alta pressão, do compressor 20, passa através da linha de refrigerante 35A para o primeiro orifício 130-1 da válvula de desvio de trocador de calor 130, em que o refrigerante é direcionado via o quarto orifício 130-4 para e através das linhas de refrigerante 35B e 35D para o primeiro orifício 30-1 da válvula de inversão 30, desse modo passando através do trocador de calor de refrigerante para água 60. Com a bomba d'água 62 ativada, a água é bombeada via linha d'água 65 do tanque de armazenagem 64 através do trocador de calor 60 em relação de troca com o refrigerante superaquecido em alta pressão fluindo através da linha de refrigerante 35B. Quando o refrigerante passa através do trocador de calor 60,

o refrigerante é condensado e sub-resfriado quando ele fornece calor para aquecer a água escoando através do trocador de calor 60 em relação de troca de calor com o refrigerante.

Com a válvula de inversão 30 posicionada em sua segunda posição, o refrigerante passando através da linha de refrigerante 35D para dentro da válvula de inversão 30 é direcionado via seus primeiro orifício 30-1 e terceiro orifício 30-3 para o segundo orifício 30-2 da segunda válvula de desvio/sangria 330. Quando a segunda válvula de desvio/sangria 330 está em sua segunda posição neste modo somente de aquecimento de água, o refrigerante líquido em alta pressão, passando para dentro da segunda válvula de desvio/sangria 330 através de seu segundo orifício 330-2, é direcionado através de seu terceiro orifício 330-3 para dentro da linha de refrigerante 27B, desse modo desviando-se do trocador de calor interno 50 e dali através da linha de refrigerante 29 e da válvula de controle de fluxo aberta 48 para e através do trocador de calor externo 40, via a linha de refrigerante 45B. Ao passar através da linha de refrigerante 45B, o refrigerante líquido em alta pressão passa através da válvula de expansão 44 em que o refrigerante líquido em alta pressão expande-se para uma pressão mais baixa, desse modo resfriando mais o refrigerante antes de o refrigerante penetrar no trocador de calor externo 40. Quando o refrigerante atravessa o trocador de calor externo, o refrigerante evapora-se. Com a ventoinha de trocador de calor externo 42 operando, ar ambiente passa através do trocador de calor externo 40 em relação de troca de calor com o refrigerante, desse modo evaporando o refrigerante. O vapor refrigerante passa do trocador de calor externo 40 através da seção 45A da linha de refrigerante 45 através da primeira válvula de desvio/sangria 230 via seus segundo orifício 230-2 e primeiro orifício 230-1 para a válvula de inversão 30, em que é direcionado via seus segundo orifício 30-2 e quarto orifício 30-4 através da linha de refrigerante 55A para o acumulador de sucção 22, antes de retornar para o compressor 20 através da

linha de refrigerante 55B, conectando-se à entrada de sucção do compressor 20.

Com a válvula de controle de fluxo 58 fechada e a segunda válvula de desvio/sangria 330 em sua segunda posição, qualquer refrigerante residente no trocador de calor interno 50 é sangrado de volta através da
5 segunda válvula de desvio/sangria 330 via seus primeiro orifício 330-1 e quarto orifício 330-4 para e através da linha de refrigerante 25B para o acumulador 22, para retornar para a entrada de sucção do compressor 20. Nas formas de realização representadas nas Figuras 10A e 10B, em que a válvula
10 de sangria de linha de sucção 90 é disposta no circuito de refrigerante entre a segunda válvula de desvio/sangria 330 e o trocador de calor interno 50, qualquer refrigerante existente no trocador de calor interno 50 é sangrado de volta através da linha de refrigerante 45C e da válvula de controle de fluxo aberta 92 para e através da válvula de desvio de linha de sucção 90 via seu
15 segundo orifício 90-2, que é conectado externamente em comunicação de fluxo de fluido com o primeiro orifício 330-1 da segunda válvula de desvio/sangria 330. A válvula de desvio de linha de sucção pode ser posicionada em sua primeira posição, como representado na Figura 10A, ou em sua segunda posição, como representado na Figura 10B. Com referência
20 agora à Figura 10A, com a válvula de desvio de linha de sucção em sua primeira posição, com a válvula de controle de fluxo 58 fechada, qualquer refrigerante existente dentro do trocador de calor interno 50 é sangrado de volta através da válvula de desvio de linha de sucção 90 via seus orifícios 90-1 e 90-2 e através da válvula de desvio/sangria 330 via seus primeiro orifício
25 330-1 e quarto orifício 330-4 para e através da linha de refrigerante 25B e linha de refrigerante 55A para o acumulador 22, para retornar para a entrada de sucção do compressor 20. Com referência agora à Figura 10B, com a válvula de desvio de linha de sucção em sua segunda posição, com a válvula de controle de fluxo 58 fechada, qualquer refrigerante existente dentro do

trocador de calor interno 50 é sangrado de volta através da válvula de desvio de linha de sucção 90 via seus orifícios 90-1 e 90-3 através das linhas de refrigerante 93 e 55A para o acumulador de sucção 22 para retornar para a entrada de sucção do compressor 20.

5 Como citado aqui antes, o sistema de bomba de calor da invenção deve operar eficazmente em um modo somente de resfriamento de ar, um modo de resfriamento de ar e aquecimento de água, um modo somente de aquecimento de ar, um modo de aquecimento de ar e aquecimento de água e um modo somente de aquecimento de água. Quando ambos o trocador de calor externo 40 e o trocador de calor interno 50 operam como evaporador, 10 ● condensador ou sub-resfriador, ou são desviados, dependendo do modo e ponto de operação, a condensação pode ocorrer em um ou dois trocadores de calor e a linha de sucção pode ser enchida com refrigerante em um estado gasoso ou líquido. Como consequência, a quantidade da carga de refrigerante do sistema requerida em cada modo, a fim de assegurar operação dentro de 15 um envoltório de eficiência aceitável, será diferente para cada modo. Quando o aquecimento de água não é necessário, a quantidade de carga de refrigerante requerida também será afetada pela quantidade de troca de calor devido à ocorrência de termo-sifonamento no trocador de calor de refrigerante para 20 ● água 60.

Portanto, o sistema controlador de sistema 100 controla a quantidade de refrigerante escoando através do circuito de refrigerante em qualquer tempo, isto é, a carga de refrigerante, monitorando e ajustando o nível de refrigerante dentro do tanque de carga 70 seletivamente abrindo e 25 fechando a primeira válvula de controle de fluxo 72 disposta na linha de refrigerante 71 e uma segunda válvula de controle de fluxo 74 disposta na linha de refrigerante 73. O controlador 100 utiliza entrada dos vários sensores, incluindo os sensores de temperatura de refrigerante 82 e 84, para calcular o grau de superaquecimento e o grau de sub-resfriamento presentes no sistema,

que são usados pelo controlador 100 no posicionamento das válvulas de controle de fluxo 72 e 74 associadas com o tanque de carga 70, como examinado a seguir.

Em uma forma de realização mais vantajosa, o tanque de carga 70 é provido com um medidor de nível de líquido 80, que gera e transmite um sinal indicativo do nível de refrigerante dentro do tanque de carga 70 para o controlador de sistema 100. O medidor de nível de líquido 80 pode ser configurado para transmitir um sinal de nível de líquido para o controlador de sistema 100 continuamente, em uma base periódica em intervalos especificados, ou somente quando incitado pelo controlador. Com referência agora à Figura 10, em operação, quando o controlador comuta de um modo de operação para um novo modo de operação, o controlador 100 liga o compressor 20 do bloco 101 e então do bloco 102, o controlador 100 compara o nível de líquido atual no tanque de carga 70 com o nível de líquido experimentado na última vez que o sistema foi operado em um modo equivalente ao novo modo de operação, o nível de líquido experimentado por último tendo sido armazenado na memória do controlador. Se o nível atual for o mesmo que o último nível experimentado para este modo particular de operação, o controlador do bloco 105 ativa o procedimento de controle de temperatura de descarga e/ou do bloco 106 o procedimento de controle de carga normal.

Entretanto, se o nível do líquido atual não for o mesmo que o nível por último experimentado para este modo de operação particular, o controlador 100 seletivamente modulará as válvulas solenóides 72 e 74 para abrir e fechar quando necessário, para ajustar o nível de líquido atual para igualar o último nível experimentado para este modo de operação particular. Se o nível atual for abaixo do último nível experimentado, no bloco 103 o controlador 100 fechará a válvula solenóide 74 e modulará a válvula solenóide para 72 para abrir para drenar refrigerante do circuito de

refrigerante para dentro do tanque de carga 70, até a corrente alcançar o último nível experimentado. Contrariamente, se o nível atual for acima do nível experimentado por último, o controlador 100 no bloco 104 fechará a válvula solenóide 72 e modulará a válvula solenóide 74 aberta para drenar refrigerante do tanque de carga 70 para dentro do circuito de refrigerante, até o nível de líquido atual alcançar o último nível experimentado. Por exemplo, o controlador abrirá a válvula apropriada por um curto período de tempo, por exemplo, 2 segundos, fechará a válvula, reexaminará o nível e repetirá esta seqüência até o nível de líquido atual igualar o último nível experimentado.

5

10 Uma vez o nível atual tiver sido equalizado com o último nível experimentado, o controlador ativa o procedimento de controle de carga normal e/ou descarrega o procedimento de controle de temperatura.

O controlador do sistema 100 pode também empregar o procedimento de controle examinado aqui nas formas de realização do sistema de bomba de calor da invenção, que não inclui um sensor de nível de líquido em associação com o tanque de carga 70. Entretanto, quando o sistema de bomba de calor comuta para um novo modo de operação, o controlador de sistema 100 primeiro enche o tanque de carga com refrigerante no estado líquido ou com refrigerante no estado gasoso, dependendo do modo particular de operação sendo assumido.

15

2

Se um novo modo de operação não envolver aquecimento de água, o controlador de sistema procederá de acordo com o procedimento ilustrado pelo diagrama de bloco da Figura 11 para encher o tanque de refrigerante 70 com refrigerante líquido. Após ligar o compressor 20 do bloco 201, o controlador de sistema do bloco 202 fecha a válvula solenóide 74 e abre a válvula solenóide 72, para permitir que refrigerante líquido passe da linha 71 para dentro do tanque de carga 70. Após um retardo de tempo programado, por exemplo, cerca de 3 minutos, o controlador de sistema ajusta a carga do circuito de refrigerante como necessário pelo procedimento de

25

controle de temperatura de descarga e/ou o procedimento de controle de carga no bloco 205, como desejado. A válvula solenóide 72 pode ser posicionada aberta ou fechada neste ponto.

Entretanto, se um novo modo de operação não envolver aquecimento de água, o sistema de controle procederá de acordo com o procedimento ilustrado pelo diagrama de blocos da Figura 12 para encher o tanque de refrigerante 70 com refrigerante gasoso. Após ligar o compressor 20 do bloco 211, o controlador de sistema do bloco 212 fecha a válvula solenóide 72 e modula a válvula solenóide 74 ligada/desligada por um período de tempo, por exemplo, aberta 3 segundos, fechada 17 segundos repetidamente por dois minutos, para permitir que refrigerante no estado de gás passe da linha 73 para dentro do tanque de carga 70. Após um retardo de tempo programado no bloco 213 suficiente para permitir que o tanque de carga 70 encha com refrigerante gasoso, por exemplo, cerca de 3 minutos, o controlador de sistema ajusta a carga do circuito de refrigerante como necessário pelo procedimento de controle de temperatura de descarga no bloco 214 e o procedimento de controle de carga no bloco 215 como desejado. A válvula solenóide 74 pode ser posicionada aberta ou fechada neste ponto. Em qualquer modo de aquecimento de ar, o controlador 100 desligará a bomba 62 quando o sensor de temperatura 89 detectar que a temperatura da água dentro do reservatório de água 64 alcançou um desejado valor limite, por exemplo, 60 graus C.

De acordo com o procedimento de controle de limite de temperatura de descarga ilustrado pelo diagrama de blocos da Figura 13, ao assumir um modo de expansão fixo, após ligar o compressor 20 do bloco 301 e um breve retardo de tempo, por exemplo, cerca de 30 segundos, o controlador de sistema do bloco 302 compara a temperatura de descarga atual, TDC, isto é a temperatura da descarga de refrigerante do compressor 20, recebida do sensor de temperatura 85 para uma limite de temperatura de

descarga, TDL, pré-programada no controlador 100. Um limite de descarga de compressor típico poderia ser um número desejado de graus, por exemplo, cerca de 7 graus C, abaixo da especificação do guia de aplicação do fabricante. Um limite de temperatura de descarga de compressor típico seria de cerca de 128 graus C. Se a temperatura de descarga atual, TDC, exceder o limite de temperatura de descarga, o controlador de sistema 100 do bloco 303 desativa o procedimento de controle de carga se estiver atualmente ativo e então no bloco 304 fecha a válvula solenóide 72 e modula a válvula solenóide 74 aberta para drenar refrigerante do tanque de carga 70 para dentro do circuito de refrigerante através da linha de refrigerante 73. Se a temperatura de descarga atual recebida do sensor de temperatura 85 for igual a ou abaixo do limite de temperatura de descarga, o controlador de sistema 100 no bloco 305 ativa o procedimento de controle de carga se não estiver atualmente ativo e prossegue para seguir o procedimento de controle de carga para ajustar a carga de refrigerante no circuito de refrigerante quando necessário.

No procedimento de controle de carga ilustrado na Figura 14, com a carga de refrigerante inicialmente ajustada após assegurar que o compressor 20 esteja no bloco 400, o controlador de sistema 100 do bloco 401 fecha ambas as válvulas solenóides 72 e 74. Após um breve retardo de tempo, por exemplo, cerca de um minuto, dependendo do modo particular da operação atual, o controlador de sistema comparará, no bloco 403, um ou outro ou ambos o grau de superaquecimento e grau de sub-resfriamento atualmente presente no sistema com uma faixa permissível de superaquecimento pré-programado dentro do controlador 100. Por exemplo, nos modos somente de resfriamento de ar e resfriamento de ar com aquecimento de água a faixa permissível de superaquecimento pode ser de 0,5 a 20 graus C e a faixa permissível de sub-resfriamento pode ser de 2 a 15 graus C. No aquecimento de ar somente, os modos de aquecimento de ar com aquecimento de água e somente aquecimento de água, a faixa permissível de

superaquecimento pode ser de 0,5 a 11 graus C e a faixa permissível de sub-resfriamento pode ser de 0,5 a 10 graus C, por exemplo.

Após determinar no bloco 402 que o sistema está operando em um modo com expansão fixa, o controlador de sistema, no bloco 403, compara o grau atual de superaquecimento com a faixa permissível de superaquecimento programada dentro do controlador 100. Se o grau atual de superaquecimento for abaixo da faixa permissível, no bloco 404, o controlador de sistema 100 modulará a válvula solenóide 72 aberta, para drenar refrigerante do circuito de refrigerante para dentro do tanque de carga 70. Se o grau de corrente de superaquecimento for acima da faixa permissível, no bloco 405, o controlador de sistema 100 modulará a válvula solenóide 74 aberta, para drenar refrigerante do tanque de carga 70 para dentro do circuito de refrigerante. Se o grau de superaquecimento situar-se dentro da faixa permissível de superaquecimento, o controlador de sistema prossegue para o bloco 406.

Se operando em um modo sem expansão fixada, o controlador de sistema, no bloco 407, compara o grau atual de sub-resfriamento com uma faixa permissível de sub-resfriamento programada para dentro do controlador. Se o grau atual de sub-resfriamento for acima da faixa permissível, no bloco 404, o controlador de sistema 100 modulará a válvula solenóide 72 aberta para drenar refrigerante do circuito de refrigerante para dentro do tanque de carga 70. Se o grau atual de sub-resfriamento for abaixo da faixa permissível, no bloco 405, o controlador de sistema 100 modulará a válvula solenóide 74 aberta, para drenar refrigerante do tanque de carga 70 para o circuito de refrigerante. Se o grau de sub-resfriamento situar-se dentro da faixa permissível de sub-resfriamento, o controlador de sistema prossegue para controlar a carga de refrigerante através do procedimento de controle de carga e o procedimento de controle de limite de temperatura de descarga como descrito.

Os vários parâmetros de controle apresentados como exemplos aqui antes, tais como limite de temperatura de descarga do compressor, os vários retardos de tempo, as faixas de superaquecimento desejadas, as faixas de sub-resfriamento desejadas, são para uma capacidade típica de 5 ton (4,85 t), o sistema de bomba de calor de sistema dividido tendo um trocador de calor de água para refrigerante de placa revestida de bronze 60, um reservatório de refrigerante (tanque de carga) 70 tendo uma capacidade de armazenagem de refrigerante líquido de 4 kg, uma carga de refrigerante do sistema de 8 kg e linhas de refrigerante totais de 7 metros. Estes parâmetros são apresentados para fins de ilustração e àqueles hábeis na técnica entenderão que estes parâmetros podem variar dos exemplos apresentados para diferentes configurações e capacidades de bomba de calor. Aqueles tendo habilidade comum na técnica selecionarão parâmetros precisos a serem usados na implementação da invenção, para melhor adequarem-se à operação de qualquer sistema de bomba de calor particular.

Embora a presente invenção tenha sido particularmente mostrada e descrita com referência ao modo preferido como ilustrado no desenho, deve ser entendido por uma pessoa hábil na técnica que várias mudanças de detalhes podem ser realizadas nela sem desvio do espírito e escopo da invenção, como definidos pelas reivindicações.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de bomba de calor de circuito de refrigerante, operável em pelo menos um modo de resfriamento de ar e um modo de aquecimento de ar e tendo capacidade de aquecimento de líquido, caracterizado pelo fato de compreender:

5

um compressor de refrigerante tendo um orifício de sucção e um orifício de descarga;

uma válvula de inversão seletivamente posicionável, tendo um primeiro orifício, um segundo orifício, um terceiro orifício e um quarto orifício, dita válvula de inversão sendo posicionável em uma primeira posição para acoplar o primeiro orifício e o segundo orifício. em comunicação de fluxo de fluido e o terceiro orifício e o quarto orifício em comunicação de fluxo de fluido, dita válvula de inversão sendo posicionável em uma segunda posição para acoplar o primeiro orifício e o terceiro orifício em comunicação de fluxo de fluido e o segundo orifício e o quarto orifício em comunicação de fluxo de fluido;

10

15

um circuito de refrigerante provendo um trajeto de fluxo de circulação de refrigerante de circuito fechado, dito circuito de refrigerante tendo uma primeira linha de refrigerante estabelecendo um trajeto de fluxo entre o orifício de descarga de dito compressor e o primeiro orifício de dita válvula de inversão, uma segunda linha de refrigerante estabelecendo um trajeto de fluxo entre o segundo orifício de dita válvula de inversão e o terceiro orifício de dita válvula de inversão, e uma terceira linha de refrigerante estabelecendo um trajeto de fluxo entre o quarto orifício de dita válvula de inversão e o orifício de sucção de dito compressor;

20

25

um trocador de calor externo operativamente associado com a segunda linha de refrigerante e adaptado para passar refrigerante passando através da segunda linha de refrigerante em relação de troca de calor com o ar ambiente;

um trocador de calor interno operativamente associado com a segunda linha de refrigerante e adaptado para passar refrigerante passando através da segunda linha de refrigerante em relação de troca de calor com o ar da zona de conforto, dito trocador de calor interno disposto a jusante de dito trocador externo com respeito ao fluxo de refrigerante do modo de resfriamento de ar e a montante do trocador de calor externo com respeito ao fluxo de refrigerante através da segunda linha de refrigerante no modo de aquecimento de ar;

um trocador de calor de refrigerante para líquido operativamente associado com a primeira linha de refrigerante e adaptado para passar refrigerante passando através da primeira linha de refrigerante em relação de troca de calor com um líquido;

um refrigerante seletivamente posicionável para válvula de desvio de trocador de calor operativamente associada com a primeira linha de refrigerante, dita válvula de desvio de trocador de calor de refrigerante para líquido tendo uma primeira posição, em que o refrigerante passando através da primeira linha de refrigerante de dito compressor é direcionada para o primeiro orifício de dita válvula de inversão, sem passar através de dito trocador de calor de refrigerante para líquido e uma segunda posição em que o refrigerante passando através da primeira linha de refrigerante de dito compressor é direcionado através de dito trocador de calor de refrigerante para líquido para passar para o primeiro orifício de dita válvula de inversão;

uma válvula de desvio de trocador de calor de refrigerante para líquido seletivamente posicionável, operativamente associada com a primeira linha de refrigerante, dita válvula de desvio de trocador de calor de refrigerante para líquido tendo uma primeira posição em que o refrigerante passando através da primeira linha de refrigerante oriunda de dito compressor é direcionado para o primeiro orifício de dita válvula de inversão sem passar através de dito trocador de calor de refrigerante para líquido e uma segunda

posição em que o refrigerante passando através da primeira linha de refrigerante de dito compressor é direcionado através de dito trocador de calor de refrigerante para líquido antes de passar para o primeiro orifício de dita válvula de inversão;

5 uma válvula de desvio de trocador de calor externo operativamente associada com a segunda linha de refrigerante em um local a montante de dito trocador de calor externo com respeito ao fluxo de refrigerante, quando dito sistema de bomba de calor está operando no modo somente de resfriamento de ar, dita válvula de desvio de trocador de calor
10 externo tendo uma primeira posição, em que o refrigerante passando através da segunda linha de refrigerante oriundo do segundo orifício de dita válvula de inversão é direcionado para passar através de dito trocador de calor externo e uma segunda posição em que o refrigerante passando através da segunda linha de refrigerante do segundo orifício de dita válvula de inversão é
15 direcionado para desviar-se de dito trocador de calor externo; e

 uma válvula de desvio de trocador de calor interno, operativamente associada com a segunda linha de refrigerante em um local a montante de dito trocador de calor interno com respeito ao fluxo de refrigerante, quando dito sistema de bomba de calor está operando no modo
20 somente de aquecimento de ar, dita válvula de desvio de trocador de calor interno tendo uma primeira posição em que o refrigerante passando através da segunda linha de refrigerante oriundo do terceiro orifício de dita válvula de inversão é direcionado para passar através de dito trocador de calor interno e uma segunda posição em que o refrigerante passando através da segunda linha
25 de refrigerante do terceiro orifício de dita válvula de inversão é direcionado para desviar-se de dito trocador de calor interno.

2. Sistema de bomba de calor de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de dito circuito de refrigerante compreender ainda:

 uma quarta linha de refrigerante conectando um orifício de dita

válvula de desvio de trocador de calor externo com a segunda linha de refrigerante em um local intermediário a dito trocador de calor externo e dito trocador de calor interno; e

5 uma quinta linha de refrigerante conectando um orifício de dita válvula de desvio de trocador de calor interno com a segunda linha de refrigerante em um local intermediário a dito trocador de calor externo e dito trocador de calor interno.

3. Sistema de bomba de calor de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de compreender ainda:

10 um controlador operativamente associado com dita válvula de inversão, dita válvula de desvio de trocador de calor de refrigerante para líquido, dita válvula de desvio de trocador de calor externo e dita válvula de desvio de trocador de calor interno, dito controlador operativo para seletivamente controlar o respectivo posicionamento de ditas válvulas entre
15 suas respectivas primeira e segunda posições, a fim de seletivamente configurar o circuito de refrigerante para operação em um de um modo somente de resfriamento de ar, um modo de resfriamento de ar com aquecimento de líquido, um modo somente de aquecimento de ar, um modo de aquecimento de ar com aquecimento de líquido e um modo somente
20 aquecimento de líquido.

4. Sistema de bomba de calor de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de compreender ainda:

uma primeira válvula de expansão disposta na segunda linha de refrigerante intermediária a dito trocador de calor externo e dito trocador
25 de calor interno; e

uma segunda válvula de expansão disposta em dita segunda linha de refrigerante intermediária a dito trocador de calor interno e dita primeira válvula de expansão;

dita primeira válvula de expansão sendo operativamente

associada com dito trocador de calor interno e dita segunda válvula de expansão sendo operativamente associada com dito trocador de calor externo.

5. Sistema de bomba de calor de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de compreender ainda:

5 uma primeira linha de desvio de válvula de expansão, operativamente associada com a segunda linha de refrigerante para desviar refrigerante passando através de dita segunda linha de refrigerante em uma direção do trocador de calor externo para o trocador de calor interno em torno de dita primeira válvula de expansão e através de dita segunda válvula de
10 expansão.

6. Sistema de bomba de calor de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de compreender:

 uma segunda linha de desvio de válvula de expansão, operativamente associada com a segunda linha de refrigerante para desviar
15 refrigerante passando através de dita segunda linha de refrigerante em uma direção do trocador de calor interno para o trocador de calor externo em torno de dita segunda válvula de expansão e através de dita primeira válvula de
 expansão.

7. Sistema de bomba de calor de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de compreender ainda:

20 um reservatório de refrigerante tendo uma entrada acoplada em comunicação de fluxo de fluido com a segunda linha de refrigerante em um local intermediário a dito trocador de calor externo e dito trocador de calor interno e tendo uma saída acoplada em comunicação de fluxo de fluido
25 com a terceira linha de refrigerante.

8. Sistema de bomba de calor de acordo com a reivindicação 7, caracterizado pelo fato de compreender ainda:

 uma primeira válvula de controle de fluxo operativamente associada com dito reservatório de refrigerante para controlar o fluxo de

refrigerante da segunda linha de refrigerante para a entrada de dito reservatório de refrigerante, dita primeira válvula de controle de fluxo tendo uma posição aberta e uma posição fechada; e

5 uma segunda válvula de controle de fluxo operativamente associada com dito reservatório de refrigerante para controlar o fluxo de refrigerante entre a saída de dito reservatório de refrigerante e a terceira linha de refrigerante, dita segunda válvula de controle tendo uma posição aberta e uma posição fechada;

10 ditas primeira e segunda válvulas de controle de fluxo operativamente associadas com dito controlador, dito controlador sendo operativo para controlar seletivamente o respectivo posicionamento de ditas primeira e segunda válvulas de controle de fluxo entre suas posições aberta e fechada, a fim de seletivamente controlar a carga de refrigerante dentro do circuito de refrigerante.

15 9. Sistema de bomba de calor de circuito de refrigerante, seletivamente operável em cada um de um modo somente de resfriamento de ar, um modo somente de aquecimento de ar, um modo somente de aquecimento de líquido, um modo de resfriamento de ar e aquecimento de líquido combinados e um modo de aquecimento de ar e aquecimento de
20 líquido combinados, caracterizado pelo fato de compreender:

um compressor de refrigerante tendo um orifício de sucção em um orifício de descarga;

25 uma válvula de inversão seletivamente posicionável, tendo um primeiro orifício, um segundo orifício, um terceiro orifício e um quarto orifício, dita válvula de inversão sendo posicionável em uma primeira posição para acoplar o primeiro orifício e o segundo orifício em comunicação de fluxo de fluido e o terceiro orifício e o quarto orifício em comunicação de fluxo de fluido, dita válvula de inversão sendo posicionável em uma segunda posição para acoplar o primeiro orifício e o terceiro orifício em comunicação de fluxo

de fluido e o segundo orifício e o quarto orifício em comunicação de fluxo de fluido;

5 um circuito de refrigerante provendo um trajeto de fluxo de circulação de refrigerante de circuito fechado, dito circuito de refrigerante tendo uma primeira linha de refrigerante estabelecendo um trajeto de fluxo entre o orifício de descarga de dito compressor e o primeiro orifício de dita válvula de inversão, uma segunda linha de refrigerante estabelecendo um trajeto de fluxo entre o segundo orifício de dita válvula de inversão e o terceiro orifício de dita válvula de inversão, e uma terceira linha de refrigerante estabelecendo um trajeto de fluxo entre o quarto orifício de dita válvula de inversão e o orifício de sucção de dito compressor;

10 um trocador de calor externo operativamente associado com a segunda linha de refrigerante e adaptado para passar refrigerante passando através da segunda linha de refrigerante em relação de troca de calor com o ar ambiente;

15 um trocador de calor interno operativamente associado com a segunda linha de refrigerante e adaptado para passar refrigerante passando através da segunda linha de refrigerante em relação de troca de calor com o ar de uma zona de conforto, dito trocador de calor interno disposto a jusante de dito trocador externo com respeito ao fluxo de refrigerante no modo somente de resfriamento de ar e a montante do trocador de calor externo com respeito ao fluxo de refrigerante através da segunda linha de refrigerante no modo somente de aquecimento de ar;

20 um trocador de calor de refrigerante para líquido operativamente associado com a primeira linha de refrigerante e adaptado para passar refrigerante passando através da primeira linha de refrigerante em relação de troca de calor com um líquido;

25 uma válvula de desvio de trocador de calor de refrigerante para líquido seletivamente posicionável, operativamente associada com a primeira

linha de refrigerante, dita válvula de desvio de trocador de calor de refrigerante para líquido tendo uma primeira posição em que o refrigerante passando através da primeira linha de refrigerante oriundo de dito compressor é direcionado para o primeiro orifício de dita válvula de inversão, sem passar
5 através de dito trocador de calor de refrigerante para líquido e uma segunda posição em que o refrigerante passando através da primeira linha de refrigerante oriundo de dito compressor é direcionado através de dito trocador de calor de refrigerante para líquido antes de passar para o primeiro orifício de dita válvula de inversão.

10 uma válvula de desvio de trocador de calor externo operativamente associada com a segunda linha de refrigerante em um local a montante de dito trocador de calor externo com respeito ao fluxo de refrigerante, quando dito sistema de bomba de calor está operando no modo somente de resfriamento de ar, dita válvula de desvio de trocador de calor
15 externo tendo uma primeira posição em que o refrigerante passando através da segunda linha de refrigerante do segundo orifício de dita válvula de inversão é direcionado para passar através de dito trocador de calor externo e uma segunda posição em que o refrigerante passando através da segunda linha de refrigerante do segundo orifício de dita válvula de inversão é direcionado
20 para desviar-se de dito trocador de calor externo;

uma válvula de desvio de trocador de calor interno operativamente associada com a segunda linha de refrigerante em um local a montante de dito trocador de calor interno com respeito ao fluxo de refrigerante, quando dito sistema de bomba de calor está operando no modo
25 somente de aquecimento de ar, dita válvula de desvio de trocador de calor interno tendo uma primeira posição em que o refrigerante passando através da segunda linha de refrigerante, oriundo do terceiro orifício de dita válvula de inversão, é direcionado para passar através de dito trocador de calor interno e uma segunda posição em que o refrigerante passando através da segunda linha

de refrigerante do terceiro orifício de dita válvula de inversão é direcionado para desviar-se de dito trocador de calor interno; e

um circuito de desvio de linha de sucção para direcionar fluxo de refrigerante de dita válvula de desvio de trocador de calor interno para dito trocador de calor interno, quando dito sistema de bomba de calor está operando no modo de aquecimento de ar e aquecimento de líquido combinados.

10 10. Sistema de bomba de calor de acordo com a reivindicação 9, caracterizado pelo fato de dito circuito de desvio de linha de sucção compreender:

uma válvula de desvio de linha de sucção operativamente associada com a terceira linha de refrigerante em um local intermediário a dita válvula de desvio de trocador de calor interno e dito trocador de calor interno e tendo um primeiro orifício, um segundo orifício, um terceiro orifício e um quarto orifício, dita válvula de desvio de linha de sucção sendo seletivamente posicionável em uma primeira posição para acoplar o primeiro orifício e o segundo orifício em comunicação de fluxo de refrigerante e o terceiro orifício e o quarto orifício em comunicação de fluxo de refrigerante, dita válvula de desvio de sucção sendo seletivamente posicionável em uma segunda posição para acoplar o primeiro orifício e o terceiro orifício em comunicação de fluxo de refrigerante e o segundo orifício e o quarto orifício em comunicação de fluxo de refrigerante, o primeiro orifício sendo conectado em comunicação de fluxo de refrigerante com dito trocador de calor interno via a segunda linha de refrigerante e o segundo orifício sendo conectado em comunicação de fluxo de refrigerante com a válvula de desvio de trocador de calor interno;

uma linha de desvio de linha de sucção conectando o quarto orifício de dita válvula de desvio de linha de sucção em comunicação de fluxo de refrigerante com dito trocador de calor interno, a linha de desvio de linha de sucção sendo em relação de fluxo de refrigerante paralela com pelo menos

uma parte da segunda linha de refrigerante conectando o primeiro orifício de dita válvula de desvio de linha de sucção em comunicação de fluxo de refrigerante com dito trocador de calor interno.

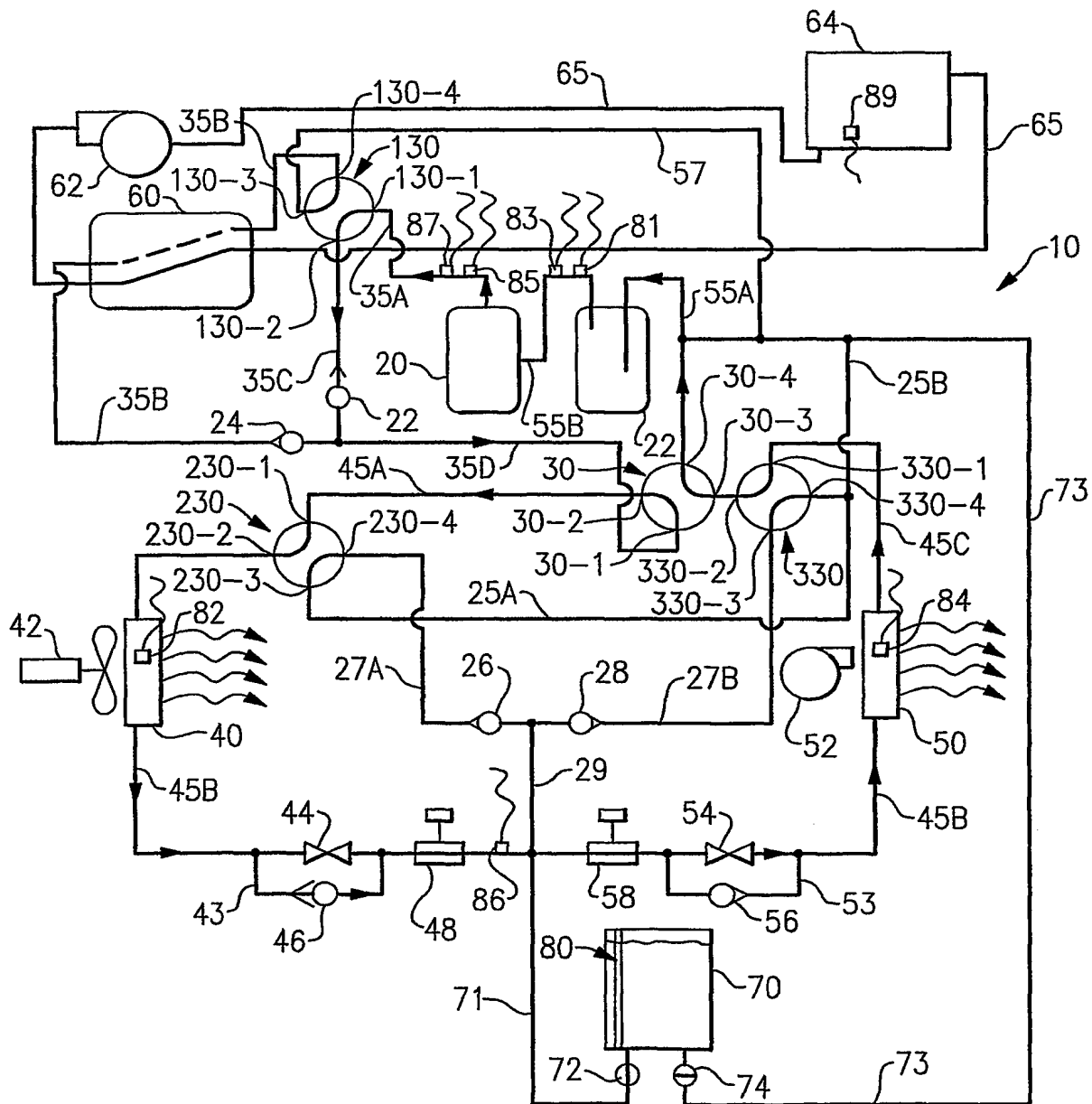


FIG. 1

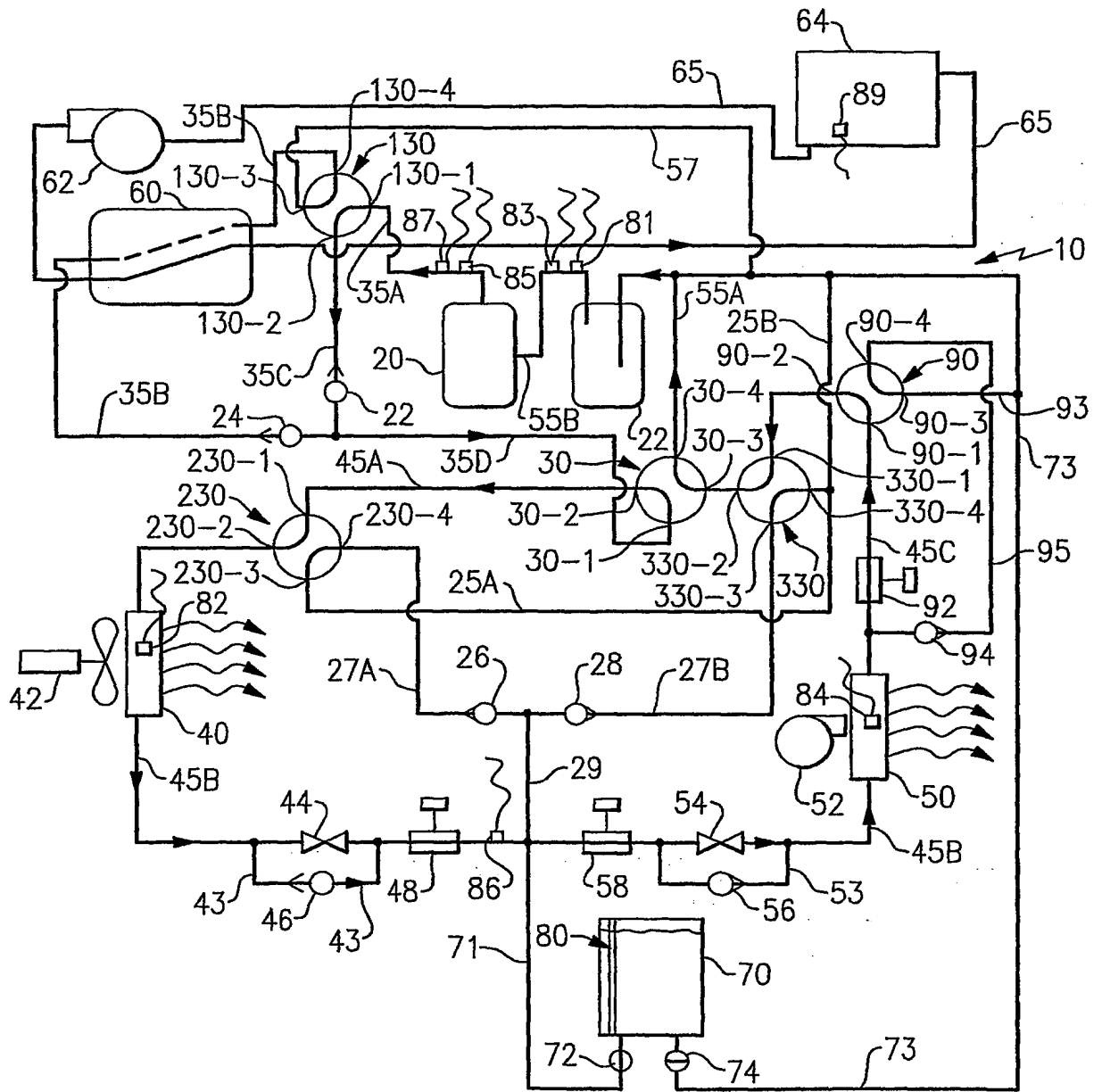


FIG.2

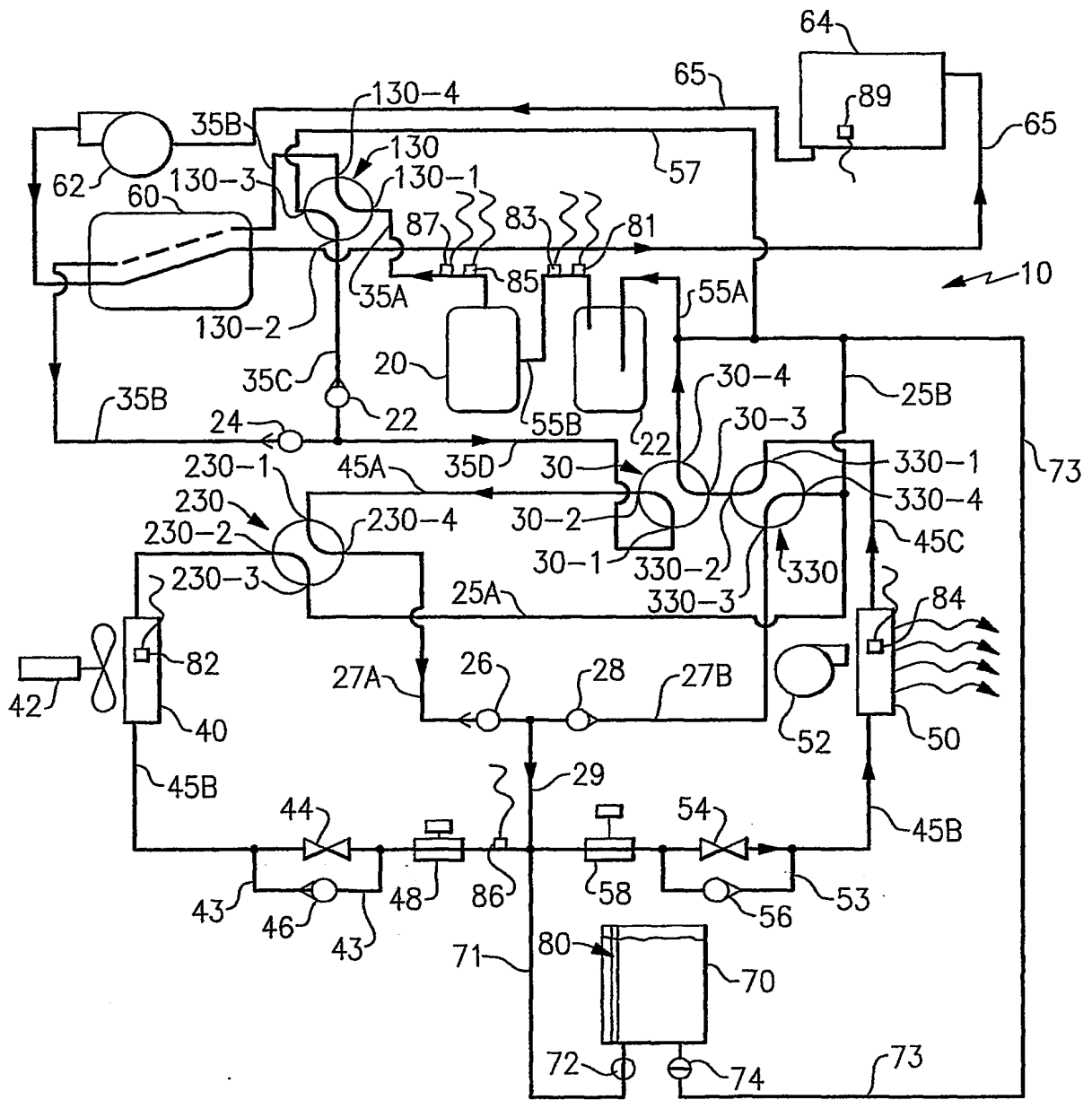


FIG.3

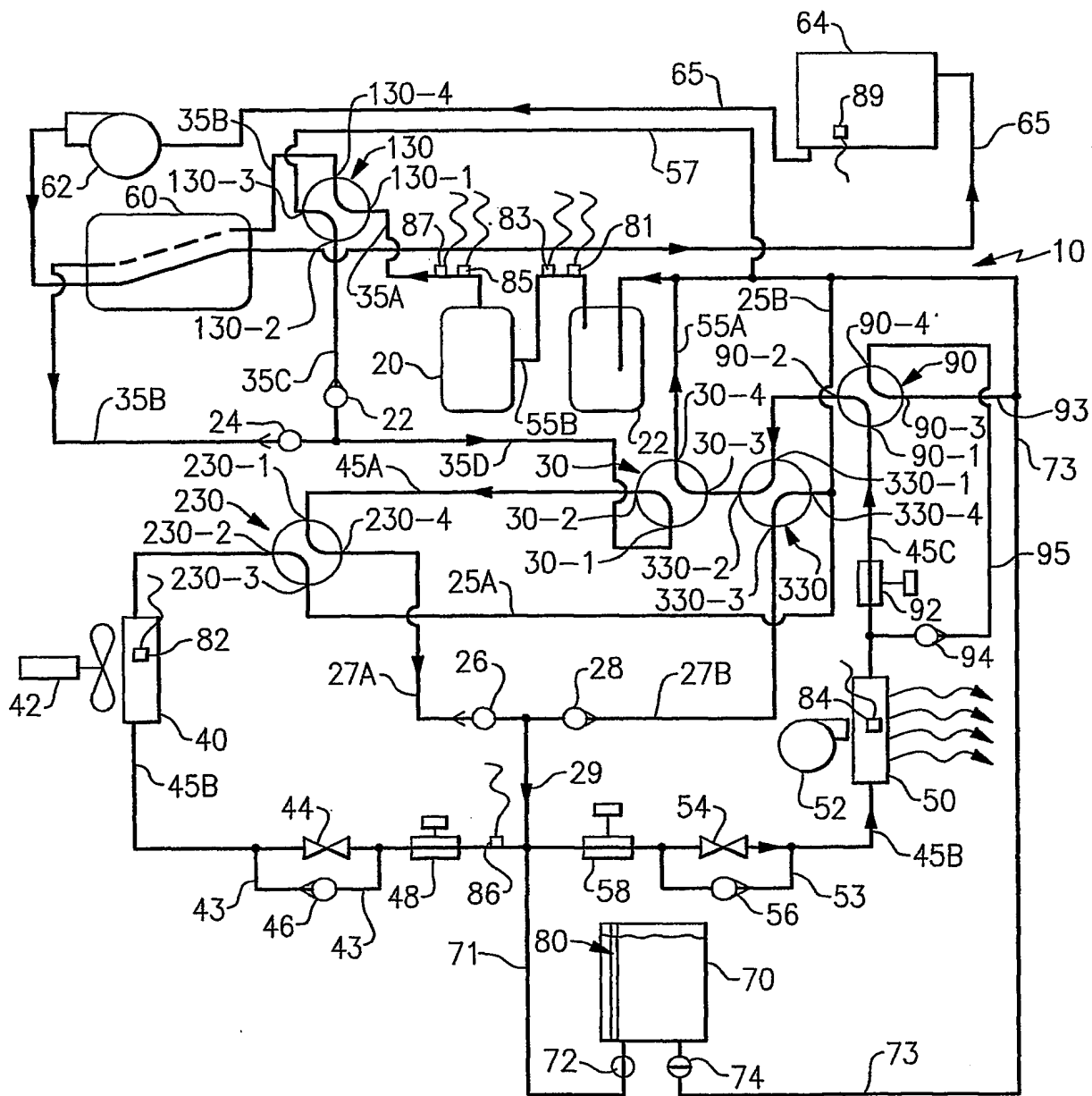


FIG.4

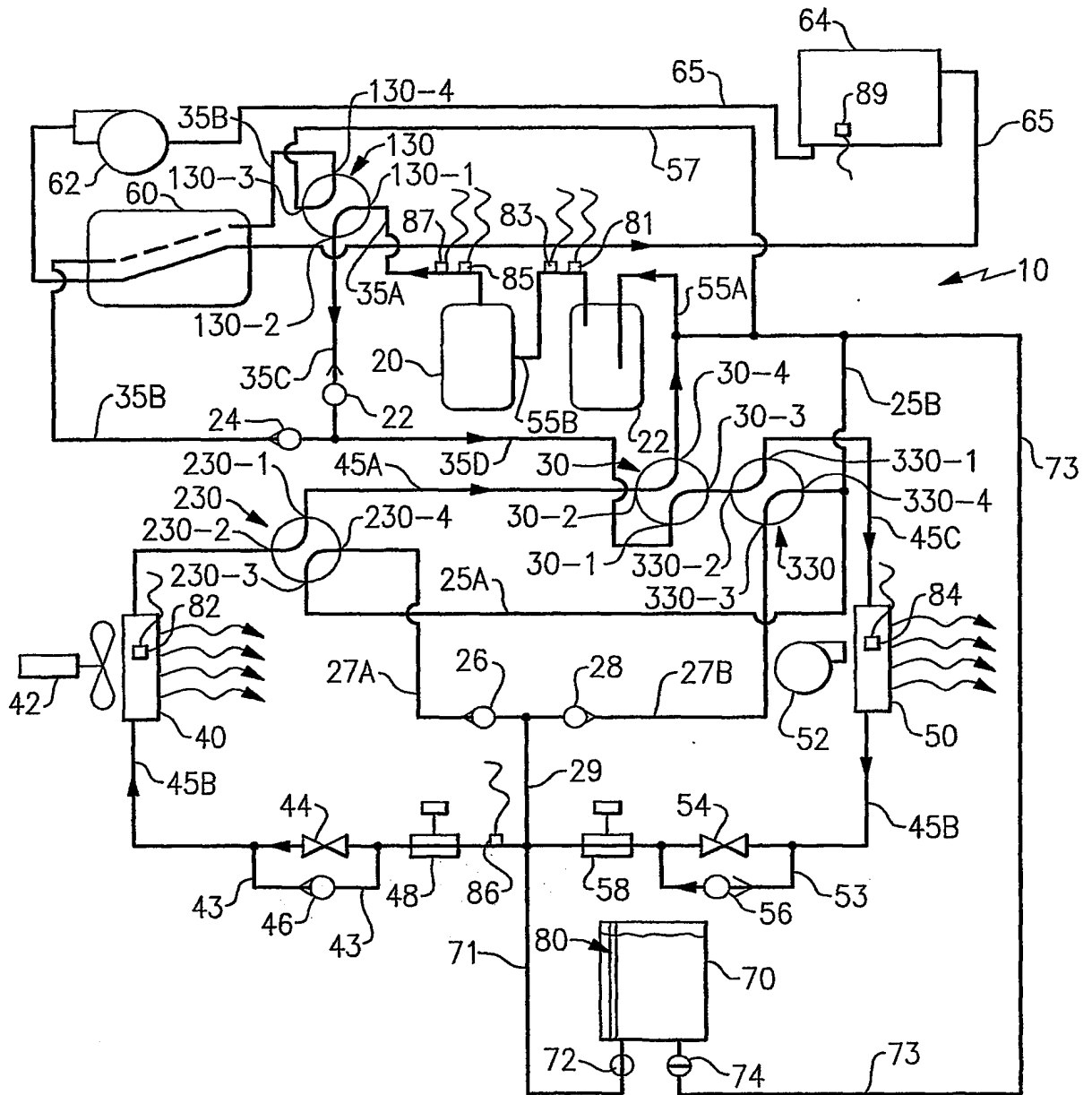


FIG.5

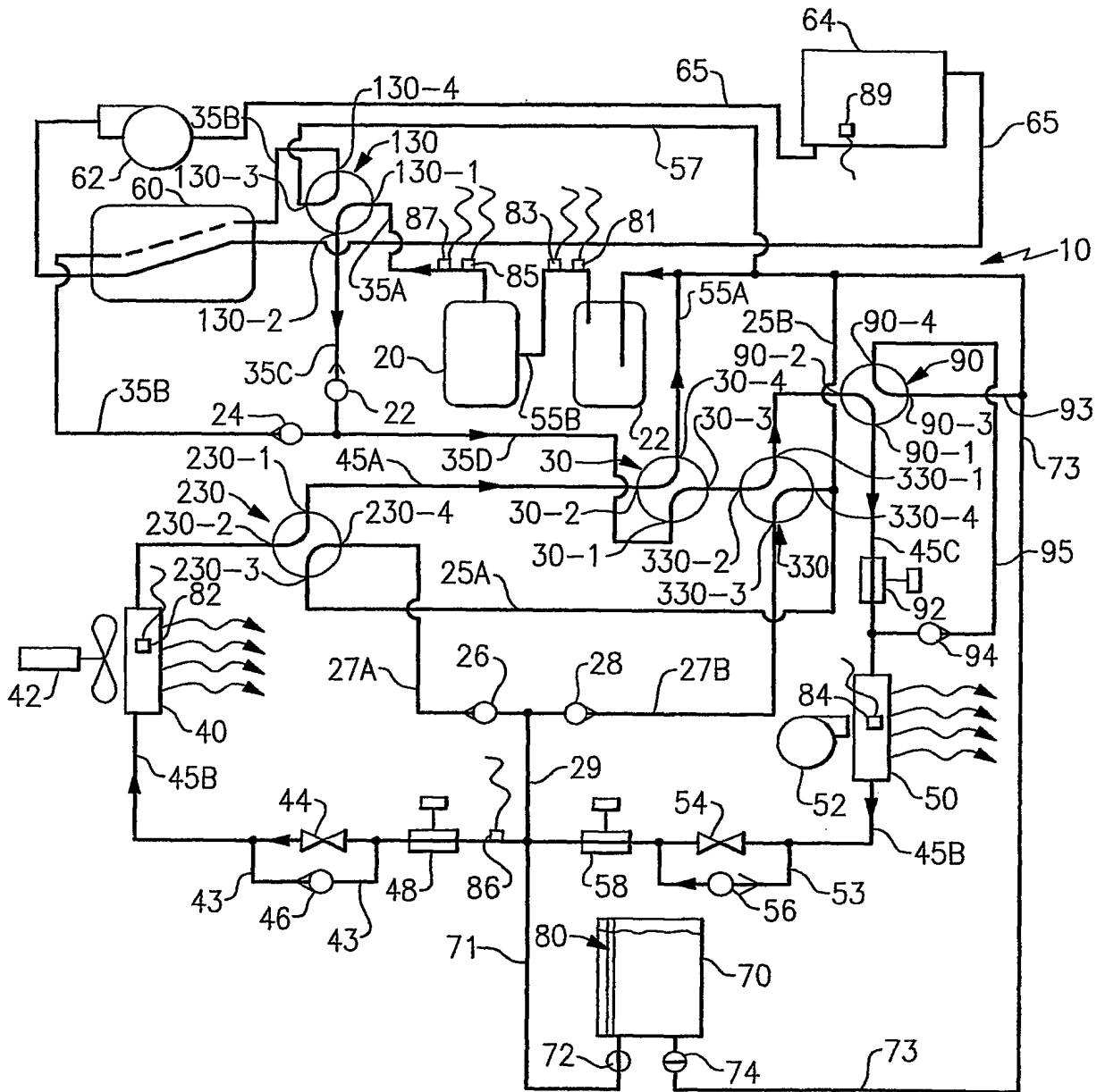


FIG.6

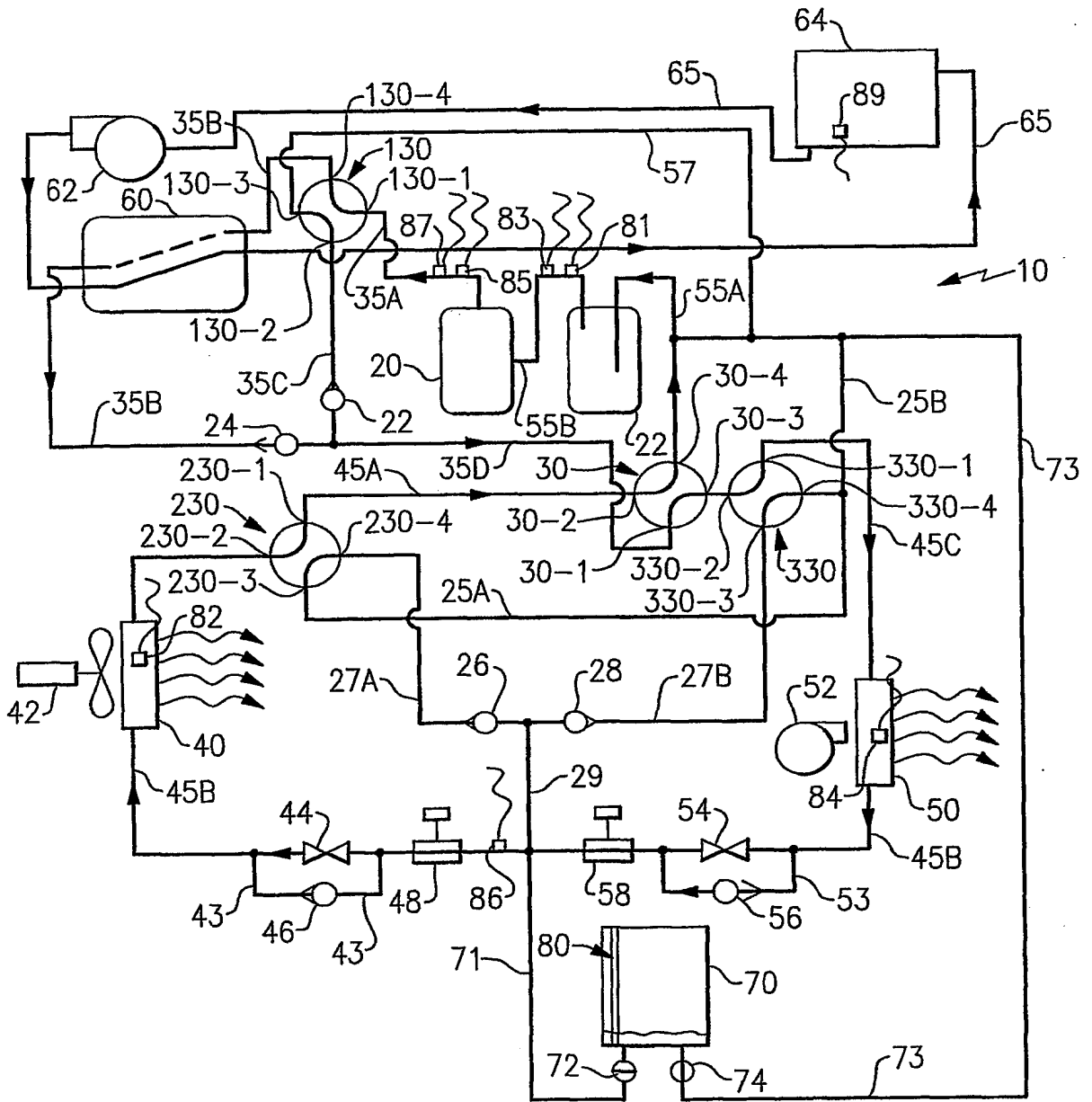


FIG. 7

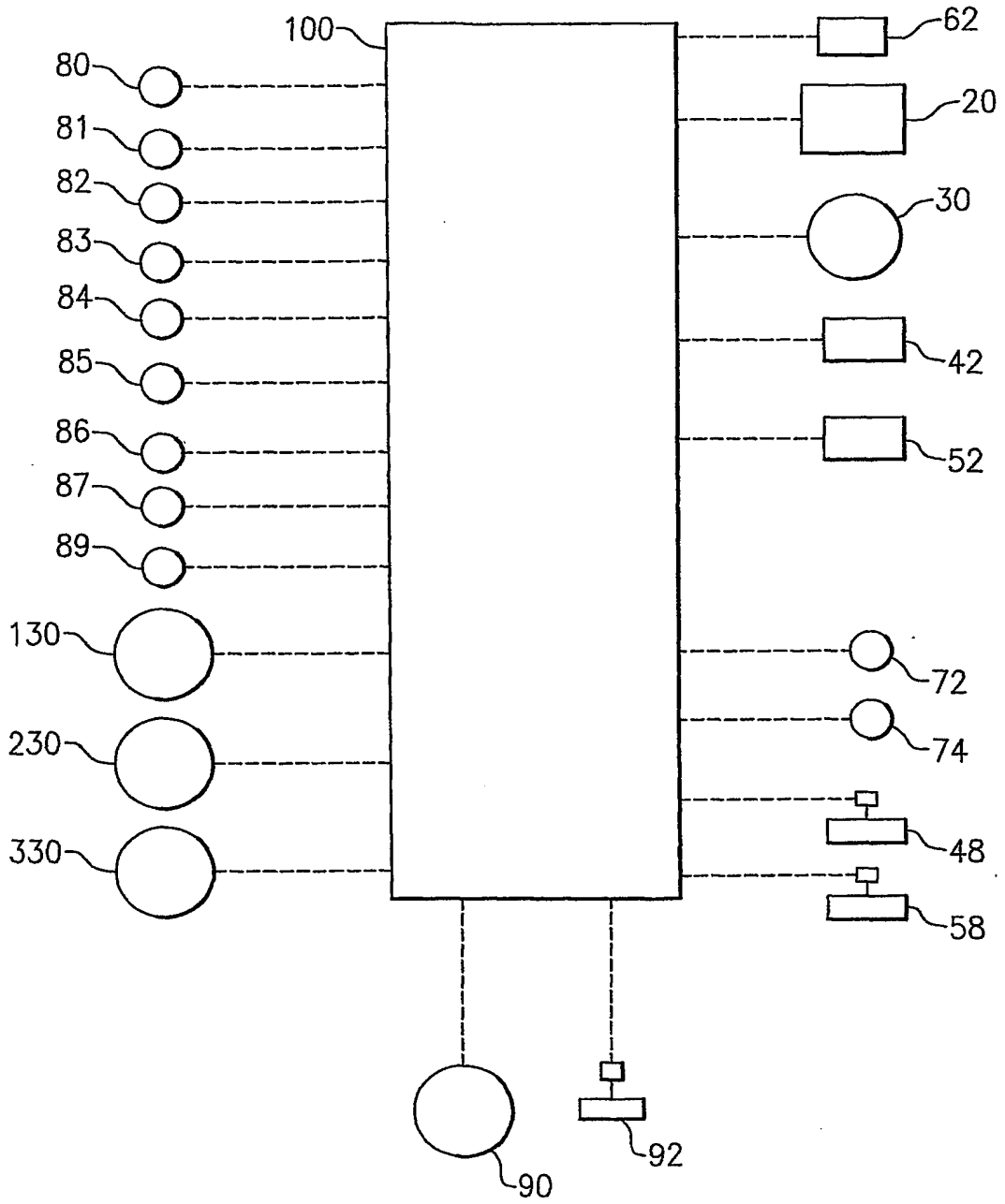


FIG.11

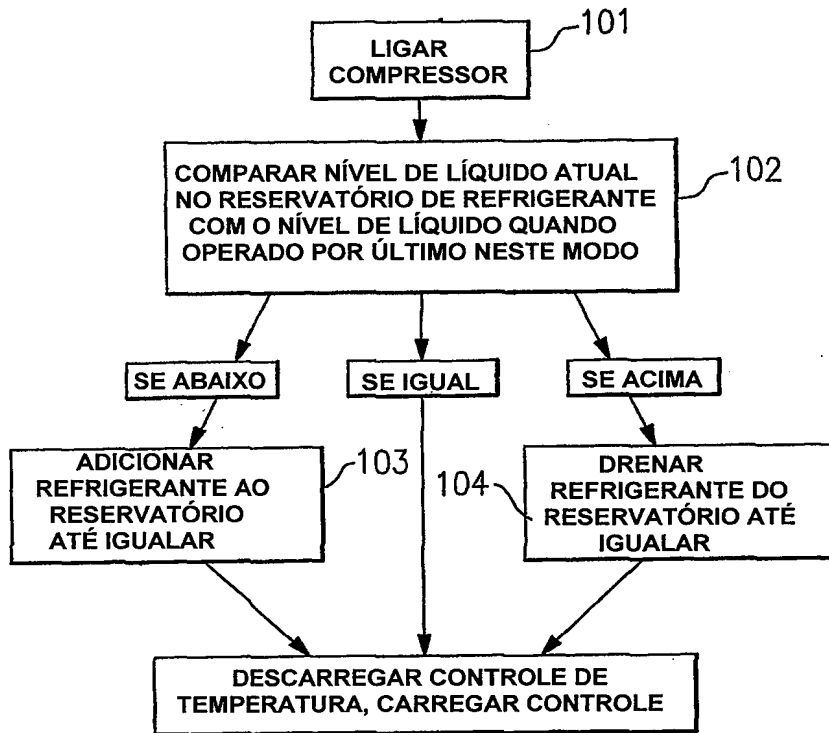


FIG.12

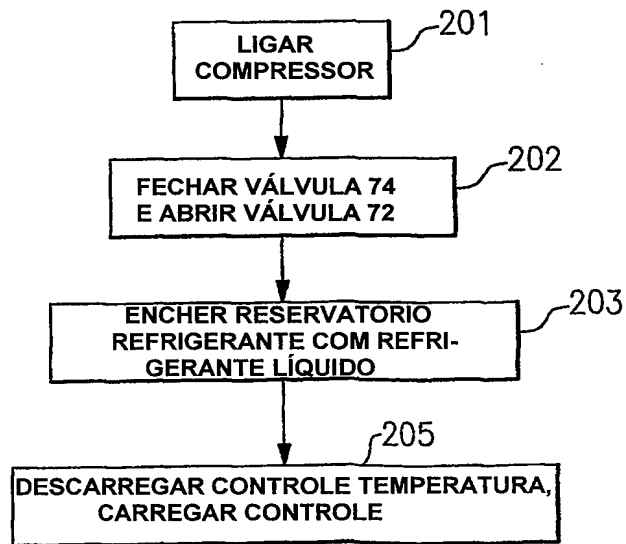


FIG.13

FIG.14

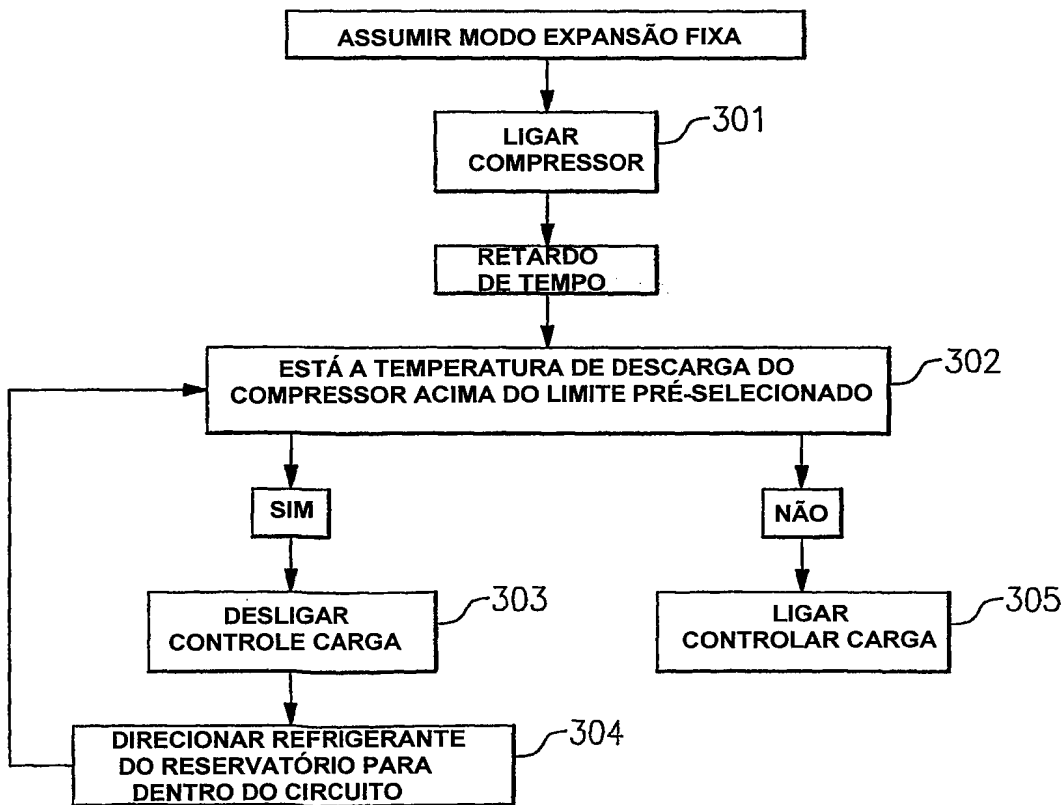
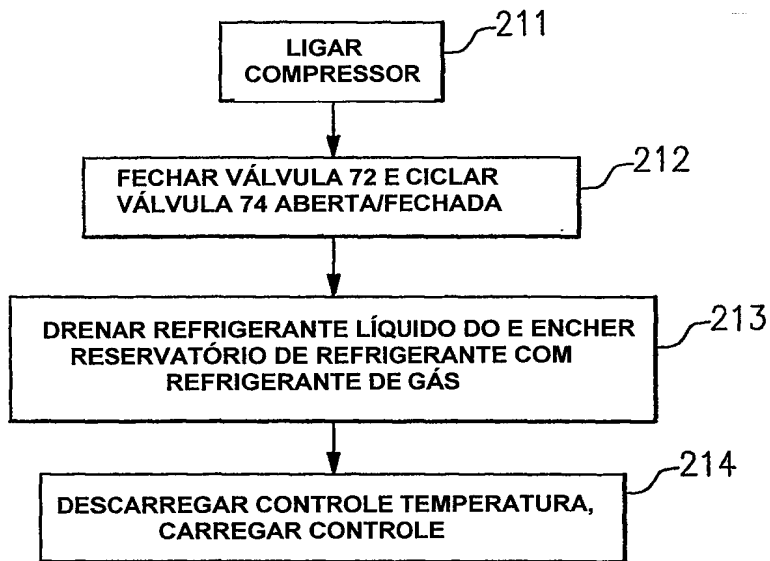


FIG.15

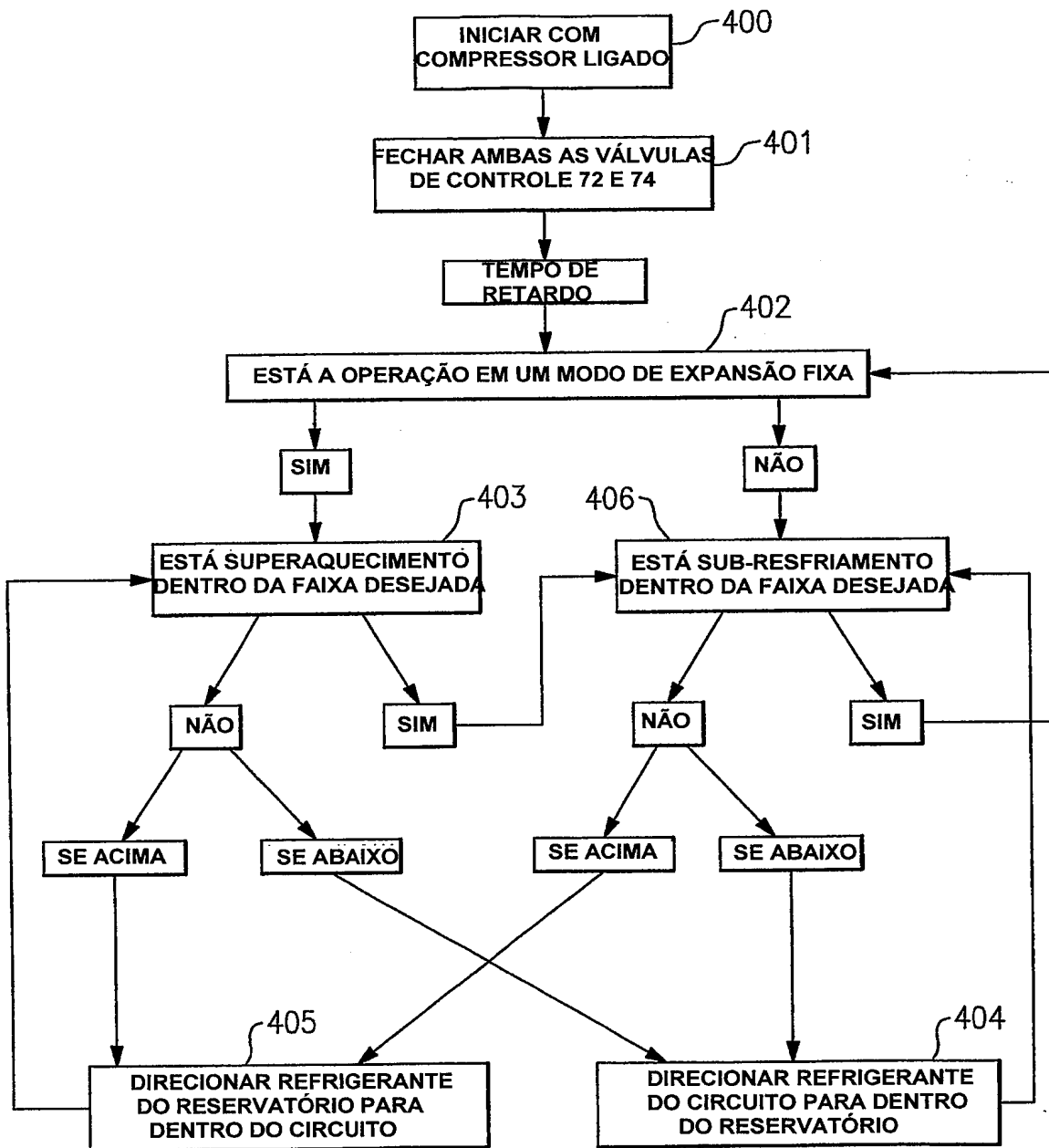


FIG. 16

RESUMO

“SISTEMA DE BOMBA DE CALOR DE CIRCUITO DE REFRIGERANTE”

Um sistema de bomba de calor (10) inclui um compressor (20), uma válvula de inversão (30), um trocador de calor ao ar livre (50) acoplado via linhas de refrigerante (35, 45, 55) em um circuito de refrigeração convencional, um trocador de calor de refrigerante para líquido (60), uma válvula de desvio de trocador de calor de refrigerante para líquido (130), uma válvula de desvio de trocador de calor externo (230) e uma válvula de desvio de trocador de calor interno (330). Um controlador (100) é provido para seletivamente controlar o respectivo posicionamento das válvulas (30, 130, 230 e 330) entre suas respectivas posições abertas e fechadas, a fim de seletivamente configurar o circuito refrigerante para operação em um modo somente de resfriamento por ar, um modo de resfriamento com ar com aquecimento com líquido, um modo somente de aquecimento com ar, um modo de aquecimento com ar com aquecimento com líquido e um modo somente de aquecimento com líquido.