



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 18 234 T2** 2004.10.21

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 981 033 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 18 234.4**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 306 136.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **02.08.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **23.02.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **23.06.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **21.10.2004**

(51) Int Cl.⁷: **F25B 49/02**
G05D 23/19

(30) Unionspriorität:

97252 P	20.08.1998	US
212752	16.12.1998	US

(73) Patentinhaber:

Carrier Corp., Syracuse, N.Y., US

(74) Vertreter:

Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80797 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, DK, ES, FR, NL

(72) Erfinder:

Lifson, Alexander, Manlius, New York 13104, US;
Karpman, Boris, Marlborough, Connecticut 06447,
US

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben einer Kälteanlage in stationärem Betriebszustand**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

[0001] Diese Erfindung betrifft ein Verfahren zum Optimieren eines Steuerschemas eines Kühlsystems während eines stationären Betriebs. Insbesondere ist das Verfahren auf ein Behälterkühlsystem gerichtet.

[0002] Ein an dem Behälter angebrachtes Kühlsystem kühlt die Waren in dem Behälter auf eine Zieltemperatur. Im stationären Zustand muss die Systemkühlkapazität auf die benötigte Kühllast abgestimmt werden, um eine genaue Temperatursteuerung aufrechtzuerhalten. Zu jedem gegebenen Zeitpunkt ist die Kühlsystemkühlkapazität durch die Systembetriebsbedingungen bestimmt, welche wiederum von der Umgebungstemperatur, der Temperatur in dem gekühlten Behälter und den Eigenschaften und der Betriebsart des Kompressors und anderer Systemkomponenten wie einem Ansaugmodulationsventil, Wärmetauschern etc. abhängen. Andererseits ist die benötigte Kühllast meist eine Funktion der Umgebungstemperatur, der Temperatur in dem gekühlten Raum, einer Produktrespirationslast und einer Containergröße und Isolationseigenschaften.

[0003] Sobald das System die Zieltemperatur erreicht hat oder sich ihr wenigstens angenähert hat, ist es nötig, die Kapazität des Kühlsystems kontinuierlich anzupassen, während der Betrieb innerhalb eines vorbestimmten Bereiches der Zieltemperatur gehalten wird. US-A-4 742 689 zeigt ein Beispiel eines Kühlsystems, bei dem eine Belastung auf den Kompressor in Abhängigkeit von Bedingungen und Kühlbedürfnissen variiert wird, indem mehrere Bypass-Schleifen eingesetzt werden. In der Vergangenheit waren die den Kühlsystemen zugeordneten Steuerungen nicht ausgereift genug, um die reduzierte Kapazität zu erreichen, während ein zuverlässiger und energieeffizienter Systembetrieb mit einer präzisen Temperatursteuerung aufrechterhalten wurde. Stattdessen haben die Kühlsysteme den Kompressor im allgemeinen einfach an- und ausgeschaltet. Trotz der Schlichtheit und Einfachheit einer An/Aus-Steuerung können viele Kühlsysteme dieses Verfahren nicht effektiv einsetzen aufgrund des Unvermögens, eine genaue Temperatursteuerung in dem gekühlten Raum aufrechtzuerhalten. Ferner hatte dieses Verfahren manchmal Zuverlässigkeitsprobleme mit Elektromotoren und Kompressoren, welche durch mechanische und/oder elektrische Überbelastung aufgrund des An/Aus-Schaltens bewirkt waren. Schließlich führt dieses Verfahren bei Anwendungen, bei denen weit variierende Belastungsbedingungen auftreten, zu einer schlechten Energieeffizienz.

[0004] Der Stand der Technik hat versucht, eine genaue Temperatursteuerung zu erreichen mittels Drosselventilen in Ansaugleitungen und zusätzlichen

Komponenten wie Kompressorentlastungseinrichtungen, Bypass-Anordnungen, geteilten Rohrschlangen, Antrieben mit variabler Drehzahl, mehreren Kompressoren und mit verschiedenen Betriebsarten der mehreren Systeme, um eine reduzierte Kapazität zu erreichen. Diese Techniken haben sich jedoch häufig als kostenintensiv und unzuverlässig erwiesen, so dass es noch immer einen Wunsch gibt, ein ausgefeilteres Verfahren zum Steuern der Kapazität zu erreichen, um eine Steuerung stationären Zustands hinsichtlich der Temperatursteuerungsgenauigkeit, Energieeffizienz und Zuverlässigkeit zu optimieren.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0005] In Übereinstimmung mit der Erfindung wird ein Verfahren zum Betreiben eines Kompressors in einem Kühlsystem in einem Betrieb stationären Zustands, wie in Anspruch 1 beansprucht, bereitgestellt.

[0006] In einer offenbarten Ausführungsform dieser Erfindung versucht ein Mikroprozessor-basierter Steueralgorithmus eine Kühlzykluskonfiguration in einer Weise anzupassen, die zu einer besten Übereinstimmung zwischen der benötigten Kühllast und zur Verfügung stehender Systemkapazität führt. Die dem System zur Verfügung stehende Kapazität wird über mehrere Kapazitätssteuerungsschritte angepasst und über kontinuierliche Modulation eines Ansaugdrosselventils fein abgestimmt. Grenzen hohen Drucks, geringen Ansaugdrucks und hohen Abgabedrucks werden überwacht, um einen zuverlässigen Betrieb zu gewährleisten. Eine Steuerlogik wird geändert, um die Grenzen in einer Art und Weise zu erhalten, die zu dem gewünschten Kompromiss zwischen Energieeffizienz, Zuverlässigkeit und Steuerungsgenauigkeit im Betriebsbereich führt.

[0007] Die vorliegende Erfindung wird in einigen Einzelheiten unten beschrieben, es sollte jedoch verstanden werden, dass viele Änderungen des zu beschreibenden, detaillierten Verfahrens innerhalb des Umfangs dieser Erfindung, wie er in den Ansprüchen definiert ist, liegen.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0008] Fig. 1 zeigt schematisch ein Kühlsystem.

[0009] Fig. 2 ist ein Flussdiagramm eines Verfahrens stationären Betriebs, welches in der vorliegenden Erfindung enthalten ist.

DETAILIERTE BESCHREIBUNG EINER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

[0010] Ein Kühlsystem **20** ist in Fig. 1 dargestellt mit einem Kompressor **22**, der ein Kühlmittel zu einem

Kondensor **24** zuführt. Der Kondensor **24** führt Kühlmittel einem Economizer-Wärmetauscher **26** zu. Von dem Economizer-Wärmetauscher verläuft ein Teil des Kühlmittels in eine Verdampferexpansionsvorrichtung **30** und dann zu dem Verdampfer **32** selbst. Vom Verdampfer **32** verläuft das Kühlmittel zu einer Ansaugdrosselvorrichtung **34** und dann zurück zu dem Kompressor **22**. Dies ist ein einfaches Kühlsystem, wie es bekannt ist.

[0011] Wie bekannt, expandiert ein Teil des Fluids vom Kondensor **24** durch die Economizer-Expansionsvorrichtung **44** und verläuft durch den Economizer-Wärmetauscher und wird dann zu dem Kompressor über ein Economizer-Absperrventil **28** zurückgeleitet in einen Economizer-Anschluss **42**, wenn das Economizer-Absperrventil **28** offen ist. Ein Entlastungsventil **36**, welches in einer Bypass-Leitung **46** angeordnet ist, verbindet die Economizer-Leitung **40** mit der Ansaugleitung **38** und wird selektiv geöffnet, um die Kapazität in einem unbelasteten Betriebszustand zu reduzieren. Diese Economizer- und Entlastungsventilanordnung ist in der US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 09/114 395 offenbart, betitelt "Scroll Compressor with Unloader Valve Between Economizer and Suction", eingereicht am 13. Juli 1998 und erteilt am 7. Dezember 1999 als US 5 996 364.

[0012] Vorzugsweise wird das Kühlsystem **20** zum Kühlen einer Behälterbox zum Aufbewahren einer Fracht eingesetzt. Das heißt, die Luft der Box wird, wie gezeigt, zu dem Verdampfer **32** zugeführt.

[0013] Ein Verfahren für einen Betrieb stationären Zustands des Kühlsystems **20** ist in dem Flussdiagramm in **Fig. 2** veranschaulicht.

[0014] Wenn das System anfänglich gestartet wird, ist der Behälter, wie gezeigt, typischerweise bei einer Temperatur oberhalb einer Zieltemperatur. Somit wird ein Abkühlverfahren begonnen. Das Abkühlverfahren ist am besten beschrieben in der US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 08/108 787, eingereicht am 2. Juli 1998, erteilt am 9. Mai 2000 als US 6 058 729 und betitelt "Method of Optimizing Cooling Capacity, Energy Efficiency and Reliability of a Refrigeration System During Temperatur Pull Down".

[0015] Wenn das Abkühlen fortschreitet, fährt eine Steuerung fort, die Temperatur in dem gekühlten Behälter oder die T_{box} -Temperatur mit der T_{set} -Temperatur zu vergleichen. Wenn die zwei Temperaturen nicht innerhalb eines vorbestimmten Bereiches voneinander sind, dann fährt die Abkühl-Betriebsart fort. An irgendeinem Punkt ist die Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur in der Behälterbox jedoch in einem vorbestimmten Bereich der Zieltemperatur. An diesem Punkt tritt die Steuerung in den Betrieb stationären Zustands ein.

[0016] Das in **Fig. 2** gezeigte Flussdiagramm ist eine vereinfachte Veranschaulichung eines ziemlich detaillierten Steuerverfahrens. Es können ausgewählte Teile dieses Verfahren statt des gesamten Verfahrens eingesetzt werden, und das grundlegende Konzept des Treibens des Kühlsystems zu einem Zustand optimaler Kapazität kann auch in einer stärker vereinfachten Form eingesetzt werden. Wie in dem Flussdiagramm aus **Fig. 2** gezeigt, prüft der Mikroprozessor, sobald in den Betrieb stationären Zustands eingetreten wurde, ob das Kühlsystem in seinem Zustand geringster Kapazität arbeitet.

[0017] Für das in **Fig. 2** gezeigte Kühlsystem gibt es mehrere, zur Verfügung stehende Grundzustände. Im Allgemeinen würde der Zustand höchster Kapazität einschließen, dass der Economizer betrieben wird, wobei das Entlastungsventil geschlossen ist und die Ansaugdrosselvorrichtung **34** vollständig geöffnet ist. Durch Öffnen und Schließen der Ansaugdrosselvorrichtung können mehrere Abstufungen zwischen den breiteren Betriebsarten erreicht werden.

[0018] Allgemein ausgedrückt, würde die nächst niedrige Kapazität umfassen, dass der Economizer-Kreislauf durch das Absperrventil **28** abgesperrt ist und die Bypass-Leitung **46** durch das Entlastungsventil **36** geschlossen ist. Dies ist als Standardbetrieb bekannt.

[0019] Der Betrieb nächst niedriger Kapazität würde umfassen, dass der Economizer-Kreislauf geschlossen ist und das Entlastungsventil **36** geöffnet ist.

[0020] Wie in dem Flussdiagramm aus **Fig. 2** gezeigt, wird in einen Betriebsmodus stationären Zustands eingetreten, sobald das Abkühlen abgeschlossen ist, was dadurch definiert ist, dass die Box-Temperatur T_{box} innerhalb eines bestimmten Bereiches der gewünschten Box-Temperatur T_{boxset} ist. Wie in **Fig. 2** gezeigt, beginnt der quasi-stationäre Betriebsmodus mit einem Kasten **100**, wobei ein Ansaugmodulationsventil dahingehend moduliert wird, abhängig von der Differenz zwischen T_{box} und T_{boxset} zu schließen oder zu öffnen. Vorzugsweise wird das Ansaugmodulationsventil in einer Reihe von Schritten geschlossen. Steuerungen zum Steuern und Schließen des Ansaugmodulationsventils in einer Reihe von Schritten sind bekannt, sie wurden jedoch nicht eingesetzt, um das Verfahren wie in dieser Anmeldung durchzuführen. Wenn T_{box} oberhalb von T_{boxset} ist, wird die Ansaugmodulationsventilöffnung vergrößert, wohingegen, wenn T_{box} unterhalb oder gleich T_{boxset} ist, die Ansaugmodulationsventilöffnung reduziert wird. Wenn das Ansaugmodulationsventil unter einen vorbestimmten minimalen Prozentanteil geschlossen ist, wird in Kasten **102** ein Zeitgeber ausgelöst, und wenn eine vorbestimmte Zeit überschritten wird, geht das System in einen Modus geringerer

Kapazität, wie in Kasten 108 ausgeführt. Wenn andererseits das Ansaugmodulationsventil nicht unterhalb des vorbestimmten Minimalwerts geschlossen ist, geht das System zu Kasten 104, wo überprüft wird, ob das Ansaugmodulationsventil oberhalb eines Maximalwerts ist. Wenn wiederum die Antwort auf Kasten 104 für eine Zeitdauer, welche einen Zeitgeber überschreitet, Ja ist, bewegt sich das System zu Kasten 106, wobei die Kapazität des Kompressors erhöht wird. Kasten 106 und Kasten 104 kehren in Reaktion auf ein Nein zurück zu Kasten 100.

[0021] Nach Kasten 108 überprüft die Steuerung, ob der Ansaugdruck geringer als ein Minimalwert ist in Kasten 110. Wenn die Antwort Nein ist, kehrt das System zu Kasten 100 zurück. Wenn die Antwort Ja ist, bewegt sich das System zu einem Druckkontrollmodus anstatt zu dem Temperaturkontrollmodus. Wie in Kasten 112 gezeigt, basiert in dem Druckkontrollmodus die Ansaugmodulationsventilmodulation auf einem Fehler, der als der Ansaugdruckeinstellpunkt P_{sucset} minus den eigentlichen Ansaugdruck P_{suc} definiert ist. Das Ansaugmodulationsventil wird dann moduliert, um zu gewährleisten, dass der Ansaugdruck nicht auf einen unerwünscht geringen Wert sinkt. Von Kasten 112 aus geht die Steuerung zu Kasten 114, welcher überprüft, ob die Temperatur in dem Behälter T_{box} größer ist als T_{boxser} , plus ein Bereich für einen Fehler. Wenn die Antwort Ja ist, geht das System aus der Drucksteuerung heraus und zurück zu Kasten 100. Wenn die Antwort Nein ist, prüft die Steuerung, ob die T_{box} -Zahl kleiner als T_{boxset} minus ein Bereich ist. Wenn die Antwort auf Kasten 116 Nein ist, kehrt das System zurück zu Kasten 112. Im wesentlichen gewährleistet die Schleife der Kästen 112, 114 und 116, dass der Ansaugdruck nicht unter einen akzeptablen Wert sinkt, wenn das System bei einer sehr geringen Kapazität arbeitet.

[0022] Wenn die Antwort auf Kasten 116 Ja ist, regelt das System den Kompressor ab bei Kasten 118. Die Steuerung fährt fort, T_{box} und T_{boxset} zu überwachen, und solange T_{box} nicht T_{boxset} plus einen Bereich überschreitet, wird der Kompressor abgeregelt gehalten bei Kasten 118. Sobald T_{box} den Bereich bei Kasten 120 überschreitet, kehrt das System zurück zu Kasten 100. Das in Fig. 2 gezeigte Flussdiagramm führt zu einem Kühlsystem, welches bei einem Modus geringster Kapazität gehalten wird, während es einen korrekten Betrieb anderer Systemkomponenten erlaubt.

[0023] Außerdem wird die Abgabetemperatur an dem Kompressorauslass überwacht. Wenn eine sehr geringe Strömung von Kühlmittel zu dem Kompressor vorliegt, kann es manchmal auftreten, dass die Kompressortemperatur auf unerwünschte Niveaus ansteigt. Wenn festgestellt wird, dass der Kompressor bei einer unerwünscht hohen Temperatur ist, kann das Ansaugmodulationsventil geöffnet werden,

um die Kühlmittelströmung zu erhöhen und die Kompressortemperatur zu senken. Diese Funktion ist insbesondere auf die Kompressortemperatur und nicht auf die Temperatur des Behälters oder T_{box} , bezogen. Sobald die Massenströmung zu dem Kompressor erhöht ist, ist es einige Zeit später wahrscheinlich, dass der Behälter T_{box} unter die gewünschte Temperatur T_{boxset} fällt. Der Kompressor regelt dann ab. Die Steuerung würde dies als das Äquivalent zu Kasten 118 nehmen und den Betrieb, wie in dem Flussdiagramm aus Fig. 2 gezeigt, unter diesen Bedingungen fortsetzen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Kompressors in einem Kühlsystem im stationären Betrieb, aufweisend die folgenden Schritte:

(1) Überwachen der Temperatur in einem Behälter und Vergleichen der Temperatur mit einer Zieltemperatur und Eintreten in einen stationären Betrieb, sobald die zwei Temperaturen in einem vorbestimmten Bereich voneinander sind;
(2) Überwachen des Betriebs des Kühlsystems, sobald es im stationären Betrieb ist, und Fortfahren, sich hin zu einem Betrieb geringerer Kapazität zu bewegen, und dabei Überwachen der Temperatur, mit einer Logik, welche dazu ausgelegt ist, eine Mehrzahl von Betriebsarten zu haben und welche das System hin zu einem Betrieb geringerer Kapazität bewegt, wenn das System weiterhin in der Lage ist, akzeptable Temperaturen zu erreichen, wobei die Bewegung hin zu dem Betrieb geringerer Kapazität ein Drosseln des Ansaugens für eine vorbestimmte Zeitdauer und ein Bewegen des Systems hin zu einem Zustand geringerer Kapazität aufweist, wenn das gedrosselte Ansaugen nicht bewirkt, dass die Temperatur den Bereich nach der vorbestimmten Zeitdauer überschreitet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Drossel wieder geöffnet wird, wenn die Temperatur beginnt, den Zieltemperaturbereich in der vorbestimmten Zeitdauer zu überschreiten.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Kompressor ein Entlastungsventil, eine Ansaugdrosselvorrichtung und eine Economizerschaltung hat, und wobei die Steuerung für den Kompressor ein Bewegen von einem Economiserbetrieb zu einem Standardbetrieb und von Standardbetrieb zu einem entlasteten Betrieb durch Ausführen der Verfahrensschritte gemäß Anspruch 1 versucht.

4. Verfahren nach Anspruch 1, ferner dadurch gekennzeichnet, dass der Ansaugdruck zumindest dann überwacht wird, wenn der Kompressor in einem Zustand geringster Kapazität ist, und auf Ansaugdrucksteuerung in dem Fall schaltet, dass der Ansaugdruck unter eine vorbestimmte Grenze sinkt,

und bei Ansaugdrucksteuerung das System den Ansaugdruck überwacht und den Betrieb der Ansaugdrosselvorrichtung mit Blick auf den Ansaugdruck, statt auf die Temperatur, modifiziert.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Steuerung zurück geht zum Modifizieren des Betriebs der Ansaugdrosselvorrichtung, basierend auf der Temperatur wenn die Temperatur in dem Behälter größer ist als die Zieltemperatur plus eine vorbestimmte Differenz Δ .

6. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Steuerung den Kompressor abregelt, wenn die Temperatur in dem Behälter geringer als die Zieltemperatur minus eine vorbestimmte Differenz Δ ist.

7. Verfahren nach Anspruch 1, ferner dadurch gekennzeichnet, dass eine Abgabetemperatur überwacht wird, und der Kompressor auf Abgabetemperatursteuerung schaltet, wenn die überwachte Abgabetemperatur unter eine vorbestimmte Grenze sinkt, und wobei die Steuerung, während sie in Abgabetemperatursteuerung ist, die Abgabetemperatur überwacht und wenigstens einen der Schritte des Modifizierens der Ansaugdrosselvorrichtung und des Schaltens zwischen einem Sparbetrieb, einem Standardbetrieb und einem entlasteten Betrieb durchführt, während die Abgabetemperatur unterhalb einer spezifizierten Abgabetemperaturgrenze ist.

8. Verfahren nach Anspruch 1, ferner dadurch gekennzeichnet, dass ein Abgabedruck überwacht wird und der Kompressor auf Abgabedrucksteuerung schaltet, wenn der Abgabedruck unter eine vorbestimmte Grenze sinkt, und wobei die Steuerung, während sie in Abgabedrucksteuerung ist, den Abgabedruck überwacht und wenigstens einen der Schritte des Modifizierens der Ansaugdrosselvorrichtung und des Schaltens zwischen einem Sparbetrieb, einem Standardbetrieb und einem entlasteten Betrieb durchführt, während der Abgabedruck unterhalb einer spezifizierten Abgabedruckgrenze ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

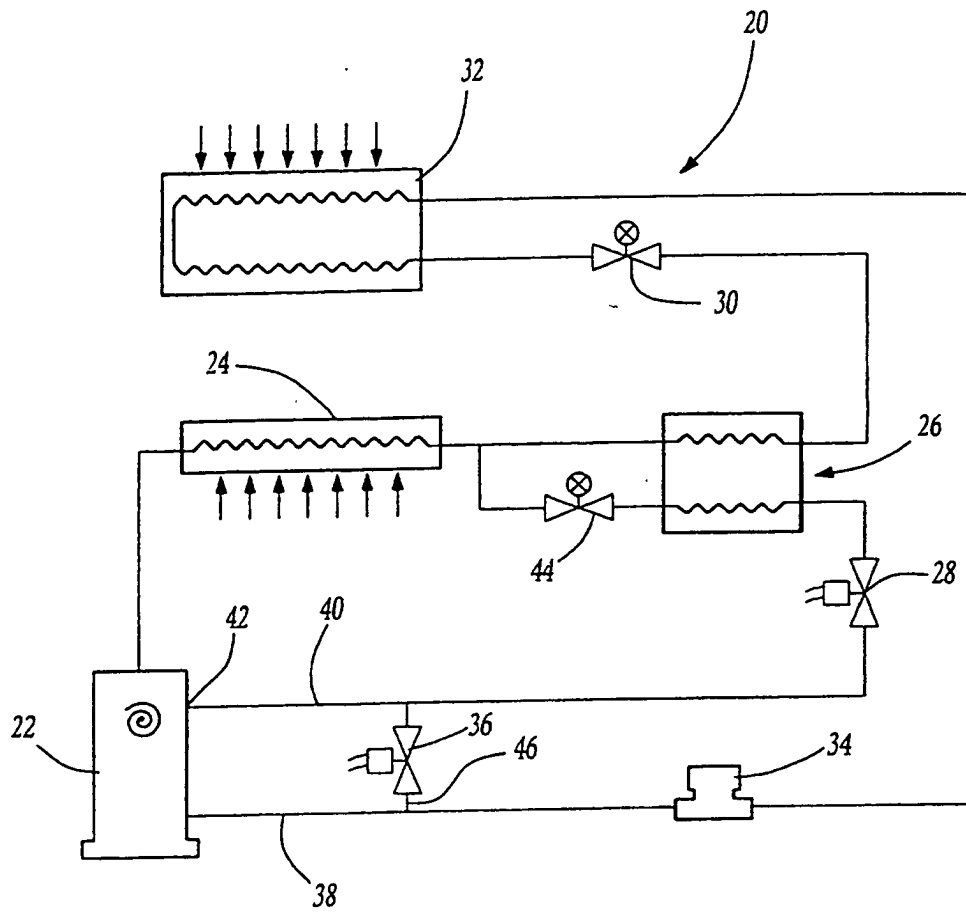


Fig-1

Fig-2