



(11) **EP 4 248 151 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.08.2024 Patentblatt 2024/34

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F25B 40/00 ^(2006.01) **F25B 49/00** ^(2006.01)
F25B 49/02 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21770189.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F25B 40/00; F25B 49/005; F25B 49/02;
F25B 2500/19; F25B 2500/222; F25B 2700/1933;
F25B 2700/2103; F25B 2700/21151;
F25B 2700/21163; F25B 2700/21175

(22) Anmeldetag: **31.08.2021**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2021/073977

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2022/106084 (27.05.2022 Gazette 2022/21)

(54) **VERFAHREN ZUM ERKENNEN VON LECKAGEN IN EINEM KÄLTEKREIS EINER KOMPRESSIIONSKÄLTEMASCHINE UND LECKAGEDETEKTIERSYSTEM**

METHOD FOR DETECTING LEAKS IN A REFRIGERATING CIRCUIT OF A COMPRESSION REFRIGERATION MACHINE, AND LEAK DETECTION SYSTEM

PROCÉDÉ DE DÉTECTION DE FUITES DANS UN CIRCUIT FRIGORIFIQUE D'UNE MACHINE DE RÉFRIGÉRATION PAR COMPRESSION ET SYSTÈME DE DÉTECTION DE FUITE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **23.11.2020 DE 102020130850**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
27.09.2023 Patentblatt 2023/39

(73) Patentinhaber: **Viessmann Refrigeration Solutions GmbH**
35108 Allendorf (DE)

(72) Erfinder:
• **NIZZE, Fabian Cedrik Nicolas**
95028 Hof (DE)
• **TEICHERT, Jan**
99428 Weimar (DE)

(74) Vertreter: **Sperschneider, Alexandra**
Die Patenterie GbR
Patent- und Rechtsanwaltssozietät
Nürnberger Straße 19
95448 Bayreuth (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 013 738 EP-A1- 3 859 249
WO-A1-2020/067296 GB-A- 2 576 644

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 4 248 151 B1

Beschreibung

[0001] Es werden ein Verfahren zum Erkennen von Leckagen in einem Kältekreis einer Kompressionskältemaschine und ein Leckagedetektiersystem zum Erkennen des Austritts eines Kältemittels in einem Kältekreis einer Kompressionskältemaschine beschrieben, wobei der Kältekreis mindestens einen Verdampfer, einen Verdichter, einen Verflüssiger, einen Druckminderer und einen inneren Wärmeübertrager aufweist, die über Leitungen miteinander verbunden sind, wobei in den Leitungen ein Kältemittel geführt ist und der innere Wärmeübertrager zwischen dem Verdampfer und dem Verdichter sowie zwischen dem Verflüssiger und dem Druckminderer angeordnet ist.

Hintergrund

[0002] Kompressionskältemaschinen nutzen die Verdampfungswärme beim Wechsel des Aggregatzustands eines Kältemittels zur Kühlung eines Raumes oder einer weiteren Einrichtung bzw. eines Kühlmittels, wobei das Kältemittel in den Kompressionskältemaschinen umgewälzt wird.

[0003] Kältemittel zeichnen sich gegenüber herkömmlichen Kühlmitteln (Sole, etc.) dadurch aus, dass diese Wärmeenergie entlang des Temperaturgradienten übertragen können, was bei einem konventionellen Kühlmittel nicht möglich ist.

[0004] Häufig werden auch Kältemittel eingesetzt, die gesundheits- oder umweltgefährdend sind und daher nicht aus dem Kältekreis entweichen dürfen.

[0005] Darüber hinaus sind Kältemittel bekannt, welche nicht gesundheits- oder umweltgefährdend sind. Auch bei diesen Kältemitteln soll der Kältekreis und damit die Menge an Kältemittel im Kältekreis geringgehalten werden.

Stand der Technik

[0006] Damit beim Austritt eines Kältemittels aus einem Kältekreis der Austritt von Kältemittel auf ein Minimum beschränkt wird, sind im Stand der Technik verschiedene Lösungsvorschläge gemacht worden, wobei die bekannten Lösungen zusätzliche Einrichtungen umfassen und/oder komplex ausgebildet sind.

[0007] So ist bspw. aus DE 10 2006 039 925 A1 ein Verfahren zur Bestimmung des Kältemittelverlusts von Kälteanlagen bekannt, wobei bei Anlagen mit Absaugabschaltung das Absaugen bis zu einem vorgegebenen Druck auf der Saugseite des Verdichters erfolgt, wobei der sich auf der Druckseite des Verdichters einstellende Hochdruck gemessen und der gemessene Hochdruck mit dem sich bei der Sollfüllmenge des Kältemittels ergebenden Referenzhochdruck verglichen und ausgewertet wird. Bei einer weiteren Ausführung wird der Verflüssiger abgeschaltet und der Druck auf der Druckseite des Verdichters bis zu einem Referenzdruck gesteigert, wobei der sich dabei auf der Saugseite des Verdichters einstellende Saugdruck gemessen und mit einem sich bei der Sollfüllmenge des Kältemittels ergebenden Referenzsaugdruck verglichen wird.

[0008] DE 39 13 521 A1 offenbart ein Verfahren zum Erkennen von Leckstellen im Kältemittelkreislauf von Kälteanlagen, das einen Kältemittelaustritt detektiert, wobei der Druck und die Temperatur des saugseitig am Verdichter anstehenden verdampften Kältemittels (Sauggas) gemessen und die Differenz der Istwerte von Sauggasdruck und Sauggastemperatur mit einem Sollwert verglichen werden. Der Sollwert wird durch die Differenz zwischen Sauggasdruck und Sauggastemperatur festgelegt, die üblicherweise bei intakter Kälteanlage besteht. Eine Abweichung zwischen Ist- und Sollwertdifferenz wird als Leck interpretiert.

[0009] Die bekannten Verfahren benötigen Druckmesseinrichtungen, um zusätzlich zu Temperaturen auch den Druck im Kältekreis erfassen zu können. Daher sind die bekannten Verfahren und Anlagen aufwändig ausgebildet, was neben erhöhten Kosten einen hohen Wartungsaufwand darstellt. Ferner kann es dadurch auch zu Fehlinterpretationen oder einem späten Erkennen von Leckagen kommen, so dass bspw. eine verhältnismäßig große Menge an Kältemittel austreten muss, bis die Leckage erfasst und als solche interpretiert wird.

[0010] In EP 1 013 738 A1 ist ein Verfahren zum Erkennen von Leckagen in einem Kältekreislauf einer Kompressionsmaschine offenbart. Dabei weist der Kältekreislauf mindestens einen Verdampfer, einen Verdichter, einen Gaskühler, einen Druckminderer und einen inneren Wärmeübertrager auf, die über Leitungen miteinander verbunden sind, wobei in den Leitungen ein Kältemittel geführt ist. Das offenbarte Verfahren basiert darauf, dass dem Kohlendioxid als Kältemittel ein Geruchs- und/oder Farbstoff zugesetzt wird, wodurch das Austreten des CO₂ für den Menschen über den Geruchssinn wahrgenommen werden kann und/oder ersichtlich wird. Es wird entsprechend lediglich eine Lösung zur schnellen Wahrnehmung einer Leckage durch die Sinneserfassung des Menschen vorgeschlagen.

[0011] In WO 2020/067296 A1 wird ein Gerät zur Ermittlung von Leckagen in Kühlkreisläufen offenbart, welches eine Berechnungseinheit und eine Ermittlungseinheit aufweist. Dabei wird eine Leckage eines Kältekreislaufs über das Temperaturverhältnis zwischen gemessener und geschätzter Temperatur am Verdichterauslass bestimmt. Die Menge des austretenden Kältemittels korreliert dabei mit dem Abweichungsgrad des tatsächlichen Wertes und des geschätzten Wertes.

[0012] In GB 2 576 644 A wird eine Steuerung offenbart, die eine Leckageerkennung und eine Zufuhrsteuerung aufweist. Basierend auf der Temperatur am Ausgang des Verflüssigers, der Temperatur am Ausgang des Economizers, der Außentemperatur und der Einspritztemperatur in den Verdichter wird eine Leckage erkannt und die Zufuhrsteuervorrichtung veranlasst ein Leckerkennungsmittel in den Kältekreislauf einzuspeisen. Das Leckerkennungsmittel ist als fluoreszierendes Mittel ausgebildet. Damit kann ein Wartungsangestellter eine Leckage lokalisieren, indem mit den Ultraviolettstrahlen einer Ultraviolettlampe eine bestimmte Stelle angestrahlt wird.

Aufgabe

[0013] Demgegenüber besteht die Aufgabe darin eine Lösung zur Erkennung von Leckagen in einem Kältekreis anzugeben, die einfach ausgebildet ist, eine zuverlässige Erkennung von Leckagen bereitstellt, und wobei kontinuierlich der Kältekreis überwacht wird und auch bereits geringe Leckagen erfasst werden können.

Lösung

[0014] Die vorstehend genannte Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 zum Erkennen von Leckagen in einem Kältekreis einer Kompressionskältemaschine gelöst, wobei der Kältekreis mindestens einen Verdampfer, einen Verdichter, einen Verflüssiger, einen Druckminderer und einen inneren Wärmeübertrager aufweist, die über Leitungen miteinander verbunden sind, wobei in den Leitungen ein Kältemittel geführt ist, wobei der innere Wärmeübertrager zwischen dem Verdampfer und dem Verdichter sowie zwischen dem Verflüssiger und dem Druckminderer angeordnet ist, wobei

- mindestens im Bereich des inneren Wärmeübertragers

- a) in der Leitung vom inneren Wärmeübertrager zum Druckminderer ein erster Messpunkt,
- b) in der Leitung vom Verdampfer zum inneren Wärmeübertrager ein zweiter Messpunkt,
- c) in der Leitung vom Verflüssiger zum inneren Wärmeübertrager ein dritter Messpunkt, und
- d) in der Leitung vom inneren Wärmeübertrager zum Verdichter ein vierter Messpunkt

für mindestens eine thermodynamische Zustandsgröße des Kältemittels zur Bestimmung der Temperatur des Kältemittels definiert sind, wobei die Temperatur direkt gemessen oder durch Messung des Drucks in Verbindung mit einem Stoffwert des Kältemittels indirekt erfasst wird,

- von der am dritten Messpunkt bestimmten Temperatur die am ersten Messpunkt bestimmte Temperatur des Kältemittels subtrahiert wird und daraus ein erster Wert ermittelt wird,
- von der am vierten Messpunkt bestimmten Temperatur die am zweiten Messpunkt bestimmte Temperatur des Kältemittels subtrahiert wird und daraus ein zweiter Wert ermittelt wird,
- der erste Wert und der zweite Wert in ein Verhältnis gesetzt werden,
- ein daraus gebildeter dritter Wert mit einer Referenz verglichen wird, und
- eine Leckage erkannt wird, wenn der dritte Wert von der Referenz abweicht.

[0015] Durch das Verfahren wird eine Möglichkeit angegeben, mittels eines einfachen Aufbaus den Kältekreis zu überwachen und eine Leckage zu erkennen. Nach dem Erkennen der Leckage können technische Maßnahmen, organisatorische Maßnahmen oder Verhaltensmaßnahmen eingeleitet werden. Es kann bspw. der betroffene Leitungsabschnitt vom Kältekreis getrennt werden. Es können Warnmeldungen, z.B. akustisch und optisch, ausgegeben werden. Dabei können bspw. auch Warnmeldungen (per SMS, Mail, Messenger, etc.) verschickt werden. Bspw. können Mitarbeiter und/oder Servicekräfte informiert werden. Es können auch Türen verschlossen werden, um bspw. den Zugang zu dem Raum zu versperren, in dem die Kältemaschine steht. Es können aber auch Fenster geöffnet werden, um den Raum zu lüften. Es können zudem auch medienführende Kanäle entsprechend geregelt werden, so dass bspw. kein Kühlmittel oder dergleichen einem System zugeführt wird. Es können dabei auch Be- und Entlüftungsanlagen entsprechend angesteuert werden. Nach dem Erkennen einer Leckage können somit verschiedenste Maßnahmen eingeleitet werden. Es können insbesondere auch mehrere Maßnahmen gleichzeitig oder in zeitlich festlegbarer Reihenfolge eingeleitet werden.

[0016] Es kann in weiteren Ausführungen durch die erfassten Werte auch bestimmt werden, in welchem Umfang eine Leckage vorliegt, so dass auch in Abhängigkeit davon Maßnahmen eingeleitet werden können, wobei bspw. eine bestimmte Reihenfolge der Maßnahmen nach Maßgabe des Umfangs der Leckage eingehalten wird und/oder festlegbare Maßnahmen sofort eingeleitet werden müssen.

[0017] Dabei kann in weiteren Ausführungen bspw. die Bestimmung der Temperatur an den Messpunkten in festgelegten Intervallen, z.B. jedes Mal dann, wenn der Verdichter ausschaltet, oder auch kontinuierlich erfolgen, wobei es

dann in weiteren Ausführungen auch möglich ist, sofort eine Leckage zu erkennen.

[0018] Hierzu werden an mindestens 4 Messpunkten Temperatur- oder Druckerfassungseinrichtungen benötigt, die sich im Bereich des inneren Wärmeübertragers befinden. Die Auswertung erfolgt über eine Steuerung, welche die erfassten Temperaturen an den 4 Messpunkten über die angegebene Berechnung miteinander verrechnet und somit einen dritten Wert generiert. Dieser dritte Wert ermöglicht einen Rückschluss darüber, ob eine Leckage im Kältekreis vorliegt.

[0019] Bei dem Verfahren basiert die Bestimmung einer Leckage nach Maßgabe der erfassten Temperaturen. Hierzu können entweder direkt die Temperaturen in den Messpunkten gemessen werden, oder es werden in den Messpunkten die Drücke gemessen und anhand der gemessenen Drücke unter Verwendung der Stoffwerte des Kältemittels die Temperatur bestimmt. Somit kann durch die thermodynamischen Zustandsgrößen eine Leckagebestimmung erfolgen.

[0020] In weiteren Ausführungen können die gemessenen oder bestimmten Temperaturen und/oder die gemessenen Drücke und Stoffwerte sowie die ersten, zweiten und dritten Werte mit Korrekturfaktoren verrechnet werden. Die Korrekturfaktoren können das Ergebnis verfeinern und bspw. verhindern, dass es zu Fehlinterpretationen kommt. In weiteren Ausführungen können Korrekturfaktoren bspw. die Stoffwerte des entsprechenden Kältemittels selbst sein, so dass die Bestimmung der Temperatur über den Druck als thermodynamische Zustandsgröße und des Stoffwertes erfolgt. Weitere Korrekturfaktoren können neben Stoffwerten bspw. auch Drücke oder die Außentemperatur umfassen.

[0021] In weiteren Ausführungen kann der innere Wärmeübertrager durch einen Abschnitt definiert sein, an dem die Leitung zwischen dem Verdampfer und dem Verdichter sowie die Leitung zwischen dem Verflüssiger und dem Druckminderer für die innere Wärmeübertragung aneinander verlaufen. Dabei ist der Abstand zwischen diesen Leitungsabschnitten sehr gering, damit es zu einer Wärmeübertragung kommen kann. Es kann der Abstand zwischen diesen Leitungsabschnitten auch gegen Null gehen oder "Null" sein, so dass die Leitung zwischen dem Verdampfer und dem Verdichter sowie die Leitung zwischen dem Verflüssiger und dem Druckminderer auch in direkten Kontakt stehen. Es ist dabei auch möglich, dass zwischen diesen Leitungsabschnitten ein Wärmeübertragungselement vorgesehen ist. Damit wird auch bei einem Abstand zwischen diesen Leitungsabschnitten ein relativ hoher Wärmeübergang erreicht. Es können bspw. innere Wärmeübertragungseinrichtungen verwendet werden, wobei ein Leitungsabschnitt den anderen Leitungsabschnitt umgibt und die darin geführten Kältemittel im Gegenstrom oder Gleichstrom die Leitungsabschnitte durchströmen.

[0022] Der innere Wärmeübertrager kann in dem Kältekreis somit bspw. ein kurzer Abschnitt sein, in dem der Vorlauf und der Rücklauf des Kältemittels aneinander verlaufen, um gegenseitig die Temperatur des Kältemittels zu beeinflussen. Es können aber auch andere Wärmeübertragungseinrichtungen für den inneren Wärmeübertrager verwendet werden, der dazu dient, die Temperatur im Vorlauf und im Rücklauf gegenseitig zu beeinflussen.

[0023] Der innere Wärmeübertrager dient in der Regel dazu, um Energie vom Kältemittel, das vom Verflüssiger zum Verdampfer geführt wird, auf das Kältemittel (Sauggas) zu übertragen, das über den Verdichter vom Verdampfer abgesaugt wird. Damit ergibt sich eine höhere Unterkühlung des Kältemittels und somit eine höhere nutzbare Kälteleistung.

[0024] Der ermittelte dritte Wert wird mit einer Referenz verglichen, wobei sowohl der dritte Wert als auch die Referenz dimensionslos sind.

[0025] Das Verfahren nutzt dabei den Umstand aus, dass bei einer Leckage im Kältekreis zwangsläufig auch eine Temperaturveränderung im Kältekreis auftritt. Damit eine Temperaturveränderung nicht automatisch zu einer Interpretation als Leckage führt, wobei Temperaturschwankungen aufgrund verschiedener Umstände permanent in einem Kältekreis auftreten können, werden am inneren Wärmeübertrager die Temperaturen gemäß der oben beschriebenen Berechnung in ein Verhältnis gesetzt und daraus der dritte Wert ermittelt. Der dritte Wert ist unabhängig von gewöhnlichen Schwankungen (z.B. Temperaturanstieg entlang von Leitungen, etc.). Bei gewöhnlichen Schwankungen verändern sich die Temperaturen an den 4 Messstellen entsprechend, sodass sich der dritte Wert im Wesentlichen kaum ändert bzw. dass der dritte Wert weiterhin kleiner oder gleich einer Referenz bleibt. Kommt es aufgrund einer Leckage nunmehr an einer der 4 Messstellen zu einer Temperaturveränderung, ergibt sich daraus eine Veränderung des dritten Wertes, der damit von der Referenz abweicht. Somit liegt eine Leckage vor und es können von der Steuerung entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden, um die Leckage auf ein Minimum zu reduzieren und weitere Maßnahmen einzuleiten.

[0026] Für den Fall, dass der erste oder der zweite Wert "0" werden, kann die Steuerung den entsprechenden Wert durch einen Ersatzwert von beispielsweise 0,0001 ersetzen, damit die Berechnung fortgeführt werden kann und kein mathematischer Fehler auftritt. Damit soll insbesondere vermieden werden, dass ein Teilen durch "0" auftritt. Im Rahmen der über die Steuerung vorgegebenen Berechnung können auch andere Ersatzwerte verwendet werden. Dies hängt insbesondere von der zu erreichenden Genauigkeit ab.

[0027] Bei dem Verfahren kann der erste Wert durch den zweiten Wert geteilt werden, wobei dann eine Leckage erkannt wird, wenn der daraus gebildete dritte Wert als Ergebnis über einer Referenz liegt.

[0028] Bei dem Verfahren kann aber auch der zweite Wert durch den ersten Wert geteilt werden, wobei dann eine Leckage erkannt wird, wenn der daraus gebildete dritte Wert als Ergebnis unter einer Referenz liegt.

[0029] Die Abweichung von der Referenz ist bei den hierin beschriebenen Verfahren zur Bestimmung von Leckagen dadurch definiert, dass entweder eine Referenz unterschritten wird oder dass eine Referenz überschritten wird. Die

Abweichung ist somit nicht so zu verstehen, dass sowohl ein Über- und Unterschreiten einer Referenz für eine Leckage sprechen. Die Bestimmung, ob eine Leckage vorliegt oder nicht, hängt, wie nachfolgend noch weiter ausgeführt, davon ab, welche Berechnungsmethode gewählt wird. Mit einer Berechnungsmethode lässt sich damit eine Leckage nur feststellen, wenn eine festgelegte Referenz unter- oder überschritten wird.

[0030] Dabei kann der dritte Wert gemäß der ersten Alternative berechnet und danach invertiert werden, wobei dann eine Leckage erkannt wird, wenn der dritte Wert unter der Referenz liegt. Aus mathematischer Sicht kann daher das hierin beschriebene Verfahren auch in entsprechender Weise genutzt werden, wenn der dritte Wert invertiert oder der zweite Wert durch den ersten Wert geteilt wird.

[0031] Insgesamt kann damit auf eine Leckage geschlossen werden, wenn der dritte Wert von der Referenz abweicht, wobei in Abhängigkeit der Berechnung dann entweder Werte über der Referenz oder unter der Referenz für eine Leckage sprechen.

[0032] Die entsprechenden Berechnungen sind daher als gleichwertig anzusehen und können entsprechend mathematisch auf unterschiedliche Berechnungsweisen einen dritten Wert ergeben, der wiederum nach Maßgabe der gewählten Berechnungsmethode bei Unterschreiten oder Überschreiten der Referenz repräsentativ für eine Leckage ist.

[0033] In weiteren Ausführungen kann mindestens ein weiterer Messpunkt im Kältekreis definiert sein, der zur Berechnung des ersten Werts, des zweiten Werts und/oder des dritten Werts herangezogen wird. Insbesondere kann durch Hinzuziehen weiterer Messpunkte das (Mess-)Ergebnis verfeinert werden.

[0034] Die Ermittlung der Werte und das Vergleichen mit der Referenz können kontinuierlich oder in festlegbaren Intervallen durchgeführt werden. Die festlegbaren Intervalle können beispielsweise mehrere Sekunden oder Minuten umfassen. Es können die Intervalle auch durch die Komponenten des Kältekreis festgelegt werden, wobei bspw. eine Überprüfung auf Leckage durch ein hierin beschriebenes Verfahren immer dann durchgeführt wird, wenn der Verdichter ausschaltet.

[0035] Eine kontinuierliche Messung hat den Vorteil, dass eine Leckage sofort erkannt werden kann und demgemäß auch sofort Maßnahmen ergriffen werden können.

[0036] Die Referenz kann ein vorab ermittelter Referenzwert oder eine Referenzfunktion sein.

[0037] Ein durch Versuche vorab ermittelter dritter Wert kann als Referenzwert in einer Steuerung oder einem damit verbundenen Speicher hinterlegt werden und für nachfolgende Berechnungen als Referenz dienen. Die Kompressionskältemaschine oder eine die Kompressionskältemaschine aufweisende Anlage können lernfähig ausgebildet sein bzw. eine lernfähige Steuerung aufweisen, so dass durch Versuche ermittelte dritte Werte als Referenzwerte in einem Speicher hinterlegt und/oder angepasst werden können.

[0038] Der Referenzwert kann im Betrieb der Kompressionskältemaschine ermittelt werden, wobei an den 4 Messstellen die Temperaturen des Kältemittels erfasst werden, bis an einer definierten Stelle im Kältekreis das Kältemittel einen vorgegebenen Sollwert erreicht. Der bei Erreichen des Sollwertes des Kältemittels vorherrschende dritte Wert wird dann als Referenzwert gespeichert. Anschließend erfolgt im Betrieb der Kompressionskältemaschine ein kontinuierlicher oder intervallmäßiger Abgleich der generierten dritten Werte mit dem Referenzwert.

[0039] Die Referenzfunktion kann aus mehreren Werten der bestimmten ersten, zweiten, dritten und/oder vierten Temperaturen gebildet und die Lage der nachfolgend ermittelten dritten Werte relativ zur Referenzfunktion bestimmt werden, wobei eine Leckage erkannt wird, wenn der dritte Wert wie oben beschrieben von der Referenzfunktion abweicht und bspw. über oder unter der Referenzfunktion liegt.

[0040] Dabei kann insbesondere die Referenzfunktion aus den Werten für mehrere Solltemperaturen des Kältemittels generiert werden.

[0041] Eine Referenzfunktion kann gebildet werden, indem für verschiedene Solltemperaturen des Kältemittels die entsprechenden dritten Werte ermittelt werden. Aus diesen dritten Werten wird dann die Referenzfunktion erstellt. Das Verhalten einer Leckage zeigt dabei ein Muster auf, welches als Funktion dargestellt werden kann. Diese Referenzfunktion stellt im Koordinatensystem eine Trennung dar. Je nach Berechnung entsprechen alle Werte über oder unter der Referenzfunktion einer Leckage, und die anderen Werte nicht.

[0042] Ferner kann die Referenzfunktion auch aus Drücken und Stoffwerten des Kältemittels für Sollwerte des Kältemittels gebildet werden.

[0043] Somit wird eine einfache und unanfällige Überwachung eines Kältekreis erreicht.

[0044] Nach einer Kalibrierung der Kompressionskältemaschine und eines damit in Verbindung stehenden Systems können fortlaufend für jeden Verdichtertakt Messwerte an den 4 Messstellen erfasst und mit dem Referenzwert in ein Verhältnis gesetzt werden. Die daraus ermittelte Zahl (dritter Wert) kann mit der vorgespeicherten Referenz oder Referenzfunktion verglichen werden.

[0045] Bspw. handelt es sich um eine Leckage, wenn der Vergleichswert über oder unter der Referenzfunktion liegt. Es kann dann nach dem Erkennen einer Leckage der Verdichter vom Kältekreis getrennt werden. Im Anschluss können der Verdichter ausgeschaltet und Absperrventile, die bspw. den Verdichter umschließen, aktiviert werden. Damit lassen sich bspw. eine Kühlzelle (am Verdichter) vom Kältekreis trennen und ein weiteres Austreten von Kältemittel verhindern. Danach kann nur noch das Kältemittel austreten, dass im abgesperrten Bereich noch enthalten ist.

[0046] Für die Trennung des Verdampfers als kritische Stelle im Kältekreis können im Vorlauf und im Rücklauf des Verdampfers im Kältekreis angeordnete Ventile geschlossen werden, wenn der dritte Wert über der Referenz liegt.

[0047] Zusätzlich können weitere Maßnahmen nach dem Erkennen einer Leckage durchgeführt werden, wie vorstehend ausgeführt.

[0048] Die vorstehend genannte Aufgabe wird auch durch ein Leckagedetektiersystem gemäß Anspruch 10 zum Erkennen des Austritts eines Kältemittels in einem Kältekreis einer Kompressionskältemaschine gelöst, aufweisend einen Kältekreis mit mindestens einem Verdampfer, einem Verdichter, einem Verflüssiger, einem Druckminderer und einem inneren Wärmeübertrager, die über Leitungen miteinander verbunden sind, wobei in den Leitungen ein Kältemittel geführt ist, wobei der innere Wärmeübertrager zwischen dem Verdampfer und dem Verdichter sowie zwischen dem Verflüssiger und dem Druckminderer angeordnet ist, wobei die

[0049] Kompressionskältemaschine mindestens im Bereich des inneren Wärmeübertragers

- a) in der Leitung vom inneren Wärmeübertrager zum Druckminderer einen ersten Messpunkt,
- b) in der Leitung vom Verdampfer zum inneren Wärmeübertrager einen zweiten Messpunkt,
- c) in der Leitung vom Verflüssiger zum inneren Wärmeübertrager einen dritten Messpunkt, und
- d) in der Leitung vom inneren Wärmeübertrager zum Verdichter einen vierten Messpunkt

für die Erfassung mindestens einer thermodynamischen Zustandsgröße des Kältemittels zur Bestimmung der Temperatur des Kältemittels aufweist, wobei die Temperatur direkt messbar oder durch Messung des Drucks in Verbindung mit einem Stoffwert des Kältemittels indirekt erfassbar ist,

ferner aufweisend eine Steuerung, die nach Maßgabe eines der vorstehend beschriebenen Verfahren

- von der am dritten Messpunkt bestimmten Temperatur die am ersten Messpunkt bestimmte Temperatur des Kältemittels subtrahiert und daraus einen ersten Wert ermittelt,
- von der am vierten Messpunkt bestimmten Temperatur die am zweiten Messpunkt bestimmte Temperatur des Kältemittels subtrahiert und daraus einen zweiten Wert ermittelt,
- den ersten Wert und den zweiten Wert in ein Verhältnis setzt,
- daraus einen dritten Wert bildet und diesen mit einer Referenz vergleicht,
- eine Leckage erkennt, wenn der dritte Wert von der Referenz abweicht, und
- im Vorlauf und im Rücklauf des Verdampfers im Kältekreis angeordnete Ventile schließt, wenn der dritte Wert über oder unter der Referenz liegt.

[0050] Das Leckagedetektiersystem ist einfach aufgebaut und daher weder wartungsintensiv noch störungsanfällig. Das Leckagedetektiersystem ist deshalb für die Erkennung von Leckagen vorteilhaft, weil eine zuverlässige Leckageerkennung bereitgestellt wird, wobei eine intervallmäßige oder eine kontinuierliche Überprüfung erfolgen kann.

[0051] Bei dem Leckagedetektiersystem können sich die Messpunkte in unmittelbarer Umgebung oder innerhalb des inneren Wärmeübertragers befinden.

[0052] Die Messpunkte können sich bspw. innerhalb des inneren Wärmeübertrager befinden und in zueinander benachbarten Leitungsabschnitten oder in Leitungsabschnitten liegen, die sich unmittelbar nach bzw. vor den benachbarten Leitungsabschnitten befinden.

[0053] Zur Erfassung der Temperatur an den Messpunkten weist das Leckagedetektiersystem geeignete Messeinrichtungen auf. Hierzu können an den Messpunkten Temperatur- oder Drucksensoren zur Temperatur- oder Druckerfassung des in den Leitungen geführten Kältemittels angeordnet sein, wobei die Temperatur direkt oder unter Zuhilfenahme des Stoffwertes des Kältemittels indirekt bestimmt werden kann, wie vorstehend für das Verfahren bereits angegeben.

[0054] Das Leckagedetektiersystem und die Kompressionskältemaschine können bspw. Bestandteil eines Kühlmöbels, einer Kühlzelle oder einer Kühlanlage sein. Die ermittelten Referenzwerte oder die Referenzfunktion können bei baugleichen Kühlmöbeln, Kühlzellen oder Kühlanlagen übernommen werden, sodass für baugleiche Einheiten eine einmalige Kalibrierung einer Einheit zur Bestimmung der Referenzen ausreichend ist. Damit wird erreicht, dass für baugleiche Einheiten nicht für jede Einheit separat eine Kalibrierung gemäß der vorstehend beschriebenen Verfahren erfolgen muss und ein Referenzwert oder eine Referenzfunktion übernommen werden können.

[0055] Weitere Vorteile, Merkmale und Ausgestaltungsmöglichkeiten ergeben sich aus der nachfolgenden Figurenbeschreibung von nicht einschränkend zu verstehenden Ausführungsbeispielen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0056] In den Zeichnungen zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Kältekreislaufes einer Kompressionskältemaschine mit einer Einrichtung zur Erfassung von Leckagen; und

Fig. 2 eine weitere schematische Darstellung eines Kältekreislaufes einer Kompressionskältemaschine.

[0057] In den Zeichnungen mit gleichen Bezugszeichen versehene Elemente entsprechen im Wesentlichen einander, sofern nichts anderes angegeben ist. Darüber hinaus wird darauf verzichtet, Bestandteile zu zeigen und zu beschreiben, welche nicht wesentlich zum Verständnis der hierin offenbarten technischen Lehre sind. Im Weiteren werden nicht für alle bereits eingeführten und dargestellten Elemente die Bezugszeichen wiederholt, sofern die Elemente selbst und deren Funktion bereits beschrieben wurden oder für einen Fachmann bekannt sind.

Ausführliche Beschreibung von Ausführungsbeispielen

[0058] In den Figuren werden beispielhafte Ausführungen von Kältekreislauf 100 einer Kompressionskältemaschine gezeigt und nachfolgend beschrieben, die Bestandteil eines Kühlmöbels, einer Kühlzelle oder einer Kühlanlage sind. Kühlmöbel sind beispielsweise solche, die im Lebensmitteleinzelhandel zur Präsentation von gekühlten Waren im Einsatz sind. Es wird nachfolgend in Bezug auf die verschiedenen Ausführungen von Kühlmöbeln, Kühlzellen oder Kühlanlagen auch von Kälteanlagen gesprochen.

[0059] In den Kältekreislauf 100 ist ein Kältemittel aufgenommen. Als Kältemittel können verschiedene Kältemittel eingesetzt werden, die im Markt verfügbar sind, wobei die verwendeten Kältemittel von den Eigenschaften und den zu erreichenden Sollwerten, d.h. Kühlleistungen, abhängig sind. Bspw. kann als Kältemittel R134a oder R1234ze verwendet werden. Es können darüber hinaus auch andere Kältemittel eingesetzt werden.

[0060] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Kältekreislaufes 100 einer Kompressionskältemaschine mit einer Einrichtung zur Erfassung von Leckagen, und Fig. 2 zeigt eine weitere schematische Darstellung eines Kältekreislaufes 100, wobei Absperrventile 200 gezeigt sind.

[0061] Die Kältekreislauf 100 der Fig. 1 und 2 weisen jeweils einen Verdampfer 120, einen Verdichter 130, einen Verflüssiger 140, ein Drosselorgan 150 als Druckminderer und eine Leitungsanordnung 110 auf. Darüber hinaus weisen die Kältekreislauf 100 jeweils einen inneren Wärmeübertrager 160 auf, welcher in dem Kältekreislauf 100 von Fig. 2 nicht dargestellt ist. Für den Kältekreislauf 100 von Fig. 2 sind zwei Absperrventile 200 dargestellt, welche ebenso bei dem Kältekreislauf 100 von Fig. 1 vorgesehen sind, um den Verdampfer 120 vom restlichen Kältekreislauf 100 trennen zu können. Darüber hinaus ist eine Steuerung vorgesehen, welche den Betrieb der Komponenten des jeweiligen Kältekreislaufes 100 regelt. Die Kältekreislauf 100 können noch weitere Komponenten aufweisen, die aus Gründen der Übersichtlichkeit und zum besseren Verständnis der hierin offenbarten technischen Lehre nicht dargestellt sind.

[0062] Der Kältekreislauf 100 von Fig. 1 weist bspw. zusätzlich einen Trockner 180 auf, der als Filtertrockner ausgebildet ist und das Kältemittel von Verunreinigungen filtert.

[0063] Im Kältekreislauf 100 von Fig. 1 sind zudem ein Hochdruckwächter 190 und ein Niederdruckwächter 192 angeordnet. Der Hochdruckwächter 190 dient zur Steuerung des Verflüssigers 140 und schützt diesen vor zu hohen Drücken, wozu die Leistung des Verdichters 130 geregelt werden kann. Der Niederdruckwächter 192 dient zur Steuerung des Verdichters 130 und regelt diesen nach Maßgabe des im entsprechenden Leitungsabschnitt der Leitungsanordnung 110 vorherrschenden Drucks.

[0064] Der Verdichter 130 dient zur Förderung des Kältemittels in dem Kältekreislauf 100 und insbesondere in der Leitungsanordnung 110. Der Verdichter 130 kann bspw. ein Kolbenverdichter oder eine drehzahlgeregelte Pumpe sein. Drehzahlgeregelte Pumpen weisen den Vorteil auf, dass diese sich stufenlos in ihrer Förderleistung regeln lassen. Damit können sehr feine Anpassungen der Fördervolumen erreicht werden. Dabei wird über den Verdichter 130 Kältemittel aus dem Verdampfer 120 angesaugt. Das vom Verdichter 130 angesaugte Kältemittel gelangt in den Verflüssiger 140, wobei das Kältemittel im Verflüssiger 140 unter Zuhilfenahme eines Wärmetauschers und eines Lüfters oder dergleichen, beispielsweise mit Umgebungsluft, gekühlt wird. Anschließend gelangt das gekühlte Kältemittel über die Leitungsanordnung zum Verdampfer 120, wobei das Kältemittel durch eine entsprechende Steuerung des Drosselorgans 150 in den Verdampfer 120 strömt und durch die Zustandsänderung beim Phasenwechsel Wärme aus der Umgebung aufnimmt und somit die Umgebung kühlt. Hierzu kann der Verdampfer 120 einen Wärmeübertrager und einen Ventilator aufweisen. Bei dem Drosselorgan 150 kann es sich bspw. um ein Expansionsventil handeln.

[0065] Zwischen dem Verdichter 130 und dem Verdampfer 120 in der Sauggasleitung der Leitungsanordnung 110 und zwischen dem Verflüssiger 140 und dem Drosselorgan 150 in dem korrespondierenden Hochdruck-Leitungsabschnitt der Leitungsanordnung 110 des Kältekreislaufes 100 ist der innere Wärmeübertrager 160 angeordnet. Der innere Wärmeübertrager 160 ist in dem Ausführungsbeispiel durch Leitungsabschnitte der Leitungsanordnung 110 gebildet, welche derart aneinander verlaufen, so dass die Temperatur des Kältemittels gegenseitig beeinflusst wird. Damit wird Energie vom Kältemittel, das vom Verflüssiger 140 zum Verdampfer 120 geführt wird, auf das Kältemittel (Sauggas) übertragen, das über den Verdichter 130 vom Verdampfer 120 abgesaugt wird. Dadurch werden eine höhere Unterküh-

lung des Kältemittels und eine höhere nutzbare Kälteleistung erreicht.

[0066] Der innere Wärmeübertrager 160 befindet sich in dem in Fig. 1 gezeigten Abschnitt 170.

[0067] Im Abschnitt 170 des Kältekreis 100 aus Fig. 1 werden 4 Temperaturen an entsprechenden Messpunkten 172, 174, 176 und 178 gemessen. Am ersten Messpunkt 172 wird eine Temperatur (1) des Kältemittels, am zweiten Messpunkt 174 wird eine Temperatur (2) des Kältemittels, am dritten Messpunkt 176 wird eine Temperatur (3) des Kältemittels und am vierten Messpunkt wird eine Temperatur (4) gemessen.

[0068] Die Temperaturen (1), (2), (3), (4) können anstelle einer direkten Temperaturmessung auch durch die Messung von Drücken über Druckmessenrichtungen an den Messpunkten 172, 174, 176, 178 bestimmt werden, wobei unter Verwendung des jeweiligen Stoffwertes des Kältemittels für die gemessenen Drücke die Temperaturen des Kältemittels berechnet werden, so dass sich auch hierüber die Temperaturen (1), (2), (3), (4) bestimmen lassen und die nachfolgenden Verfahren entsprechend angewendet werden können, um Leckagen festzustellen.

[0069] Die Messpunkte 172, 174, 176, 178 können sich jeweils in unmittelbarer Nähe zu dem inneren Wärmeübertrager 160 befinden, ohne jedoch die Temperatur des Kältemittels im inneren Wärmeübertrager 160 zu messen. An den Messpunkten 172, 174, 176, 178 erfolgt dann jeweils keine weitere Beeinflussung der Temperatur des Kältemittels durch das Kältemittel im anderen Leitungsabschnitt des inneren Wärmeübertragers 160. Es können aber auch die Temperaturen oder Drücke im inneren Wärmeübertrager 160 für die Bestimmung der Temperaturen (1), (2), (3), (4) gemessen werden.

[0070] Die Ausbildung des Wärmeübertragers 160 kann verschiedenartig erfolgen. Bspw. können Leitungsabschnitte vorgesehen sein, die aneinander verlaufen oder ein Leitungsabschnitt kann den anderen umgeben. In weiteren Ausführungsformen können auch anderweitig ausgebildete Wärmeübertrager vorgesehen sein.

[0071] Für die Messung der Temperaturen (1), (2), (3) und (4) sind Temperatursensoren in den entsprechenden Leitungsabschnitten der Leitungsanordnung 110 vorgesehen. Die gemessenen Temperaturen werden über Signalleitungen an die Steuerung übertragen. Die Steuerung berechnet kontinuierlich die Temperaturen (1), (2), (3) und (4) dabei nach folgender Gleichung (1), wobei

- (1) die am ersten Messpunkt (172) gemessene Temperatur ist,
- (2) die am zweiten Messpunkt (174) gemessene Temperatur ist,
- (3) die am dritten Messpunkt (176) gemessene Temperatur ist,
- (4) die am vierten Messpunkt (178) gemessene Temperatur ist, R3 ein dritter Wert ist:

$$\text{Gleichung (1)} \quad \frac{((3)-(1))}{((4)-(2))} = R3$$

[0072] Dabei wird aus

$$\text{Gleichung (2)} \quad ((3) - (1)) = R1$$

ein erster Wert R1 gebildet. Aus

$$\text{Gleichung (3)} \quad ((4) - (2)) = R2$$

wird ein zweiter Wert R2 gebildet. Damit kann Gleichung (1) auch durch

$$\text{Gleichung (4)} \quad \frac{R1}{R2} = R3$$

dargestellt werden.

[0073] Der berechnete Wert R3 wird dann mit einem Referenzwert R0 in ein Verhältnis gesetzt. Ist der Wert R3 größer als der Referenzwert R0, liegt eine Leckage im Kältekreis 100 vor. Die Steuerung veranlasst dann eine Aktivierung der Absperrventile 200 (siehe Fig. 2), wodurch der Verdampfer 120 vom Kältekreis 100 getrennt wird. Zudem wird zumindest der Verdichter 130 abgeschaltet. Damit wird erreicht, dass bei einer Leckage nur das Kältemittel austreten kann, welches im abgesperrten Bereich noch enthalten ist.

[0074] Der Referenzwert R0 wird vorab vorgegeben oder durch eine Kalibrierung bestimmt.

[0075] Bei dem vorstehend zuerst genannten Beispiel wird die Temperatur des Kältemittels nach dem Verflüssiger

140 gemessen. Sobald die Temperatur des Kältemittels nach dem Verflüssiger 140 einen vorgegebenen Wert erreicht hat, wird der Verdichter 130 abgeschaltet. Danach wird weiterhin die Temperatur des Kältemittels nach dem Verflüssiger 140 gemessen. Unterschreitet diese Temperatur einen Grenzwert, wird der Verdichter 130 wieder eingeschaltet und ein Kühlen des Kältemittels beginnt erneut.

[0076] Nach einer festlegbaren Anzahl an Takten können die Temperaturen (1), (2), (3), (4) an den Messpunkten 172, 174, 176 und 178 für die Berechnung eines Referenzwertes R_0 herangezogen werden. Es werden dabei die Temperaturen (1), (2), (3), (4) an den Messpunkten 172, 174, 176 und 178 erfasst, wenn das Kältemittel an der Prüfstelle nach dem Verflüssiger 140 den Sollwert erreicht hat.

[0077] Die gemessenen Temperaturen (1), (2), (3), (4) werden dann gemäß Gleichung (1) miteinander verrechnet, wobei bspw. der erstmalig berechnete Wert R_3 als Referenzwert R_0 verwendet werden kann. Der Referenzwert R_0 wird in der Steuerung oder einem zugehörigen Speicher hinterlegt. Nachfolgend werden alle weiteren nach der Kalibrierung berechneten Werte R_3 mit dem gespeicherten Referenzwert R_0 in ein Verhältnis gesetzt. Übersteigen die gemessenen Werte R_3 den Referenzwert R_0 , so liegt eine Leckage vor und die Steuerung leitet die oben genannten Maßnahmen ein. Es können im weiteren auch zusätzliche Maßnahmen durch die Steuerung eingeleitet werden, wobei bspw. Komponenten des Verdampfers 120 und des Verflüssigers 140 ausgeschaltet werden. Zudem können beispielsweise auch das Drosselorgan 150 und andere Ventile abgeschaltet bzw. geschlossen werden, um einen Strom des Kältemittels zu unterbinden.

[0078] Da bei einer ersten Inbetriebnahme eine Undichtigkeit des Kältekreises 100 ausgeschlossen werden kann, weil die Komponenten vor der Montage und die Kälteanlage geprüft werden, bevor bspw. ein Kältemittel in die Leitungen eingebracht wird, liegt somit keine Leckage vor. Daher können bspw. die bei einer ersten Inbetriebnahme erfassten Werte als Referenzwerte verwendet werden.

[0079] Es können anstelle eines Sollwertes an einer definierten Stelle, beispielsweise in Strömungsrichtung gemäß den Pfeilen in den Fig. 1 und 2 hinter dem Verflüssiger 140, auch für mehrere verschiedene Sollwerte die entsprechenden Temperaturen (1), (2), (3), (4) erfasst und daraus mehrere Referenzwerte R_0 berechnet werden. Diese Referenzwerte R_0 werden dann für die Erstellung einer Funktion herangezogen. Die Funktion bildet dann eine Referenzfunktion RF_0 . Im Koordinatensystem liegen dann alle danach ermittelten Werte R_3 entweder unter der Referenzfunktion RF_0 , auf der Referenzfunktion RF_0 oder über der Referenzfunktion RF_0 . Liegen die ermittelten Werte R_3 über der Referenzfunktion RF_0 , so liegt eine Leckage vor und die Steuerung kann entsprechende Maßnahmen einleiten.

[0080] Es können dann im Anschluss der Verdichter 130 ausgeschaltet und die Absperrventile 200 (siehe Fig. 2), die den Verdampfer 120 umschließen, aktiviert werden. Damit wird die Kühlzelle (am Verdampfer 120) vom Kältekreis 100 getrennt und ein weiteres Austreten von Kältemittel verhindert. Danach kann nur noch das Kältemittel austreten, dass im abgesperrten Bereich des Kältekreises 100 bzw. der Leitungsanordnung 110 noch enthalten ist.

[0081] Insbesondere ist bei Kälteanlagen der Aufbau derart gewählt, dass wesentliche Komponenten des Kältekreises 100 innerhalb einer Einhausung aufgenommen sind oder eine Wanne vorgesehen ist, welche austretendes Kältemittel auffangen kann. Lediglich der Verdampfer 120 stellt eine kritische Stelle dar, da dieser mit dem zu kühlenden Raum in Verbindung steht, sodass beispielsweise austretendes Kältemittel in diesen Raum gelangen könnte. Das Absperren des Verdampfers 120 stellt bei einer Leckage, unabhängig davon, ob diese zwischen den Absperrventilen 200 oder in der restlichen Leitungsanordnung 110 auftritt, somit eine ausreichende Maßnahme dar, damit Kältemittel nicht in die Umwelt gelangen kann. Selbstverständlich können noch weitere Absperreinrichtungen vorgesehen sein, so dass bspw. die Leitungsanordnung 110 in viele kleinere Abschnitte unterteilt werden kann, so dass stets die Menge an austretendem Kältemittel auf eine Mindestmenge reduziert wird.

[0082] Die gezeigte beispielhafte Ausführung mit den beiden Absperrventilen 200 im Vorlauf und im Rücklauf des Verdampfers 120 ermöglicht im Hinblick auf die umwelt- und gesundheitsgefährdende Schnittstelle die Reduzierung eines Kältemittelaustritts auf ein absolutes Minimum.

[0083] In weiteren Ausführungen kann anstelle der oben angeführten Berechnung die Gleichung (3) durch die Gleichung (2) geteilt werden, wobei der dritte Wert R_3 dann gegenüber Gleichung (4) invertiert ist. Es wird dann auf eine Leckage geschlossen, wenn der dritte Wert R_3 kleiner als ein zugehöriger inverser Referenzwert R_0^{-1} ist. Dies gilt analog für eine Referenzfunktion.

[0084] In weiteren Ausführungen können die Temperaturen (1), (2), (3), (4) mit Korrekturfaktoren multipliziert werden, um das Messergebnis zu verfeinern und um dafür zu sorgen, dass natürliche Schwankungen im Kältekreis die Überwachung von Leckagen nicht verfälschen.

Bezugszeichenliste

[0085]

- 100 Kältekreis
- 110 Leitungsanordnung

120	Verdampfer
130	Verdichter
140	Verflüssiger
150	Drosselorgan
5 160	innerer Wärmeübertrager
170	Abschnitt
172	erster Messpunkt
174	zweiter Messpunkt
176	dritter Messpunkt
10 178	vierter Messpunkt
180	Trockner
190	Hochdruckwächter
192	Niederdruckwächter
200	Absperrventil

15

Patentansprüche

20 1. Verfahren zum Erkennen von Leckagen in einem Kältekreis (100) einer Kompressionskältemaschine, wobei der Kältekreis (100) mindestens einen Verdampfer (120), einen Verdichter (130), einen Verflüssiger (140), einen Druckminderer und einen inneren Wärmeübertrager (160) aufweist, die über Leitungen miteinander verbunden sind, wobei in den Leitungen ein Kältemittel geführt ist, wobei der innere Wärmeübertrager (160) zwischen dem Verdampfer (120) und dem Verdichter (130) sowie zwischen dem Verflüssiger (140) und dem Druckminderer angeordnet ist, wobei

25

- mindestens im Bereich des inneren Wärmeübertragers (160)

30 a) in der Leitung vom inneren Wärmeübertrager (160) zum Druckminderer ein erster Messpunkt (172),
b) in der Leitung vom Verdampfer (120) zum inneren Wärmeübertrager (160) ein zweiter Messpunkt (174),
c) in der Leitung vom Verflüssiger (140) zum inneren Wärmeübertrager (160) ein dritter Messpunkt (176), und
d) in der Leitung vom inneren Wärmeübertrager (160) zum Verdichter (130) ein vierter Messpunkt (178)

für mindestens eine thermodynamische Zustandsgröße des Kältemittels zur Bestimmung der Temperatur des Kältemittels definiert sind,

35 - die Temperatur direkt gemessen oder durch Messung des Drucks in Verbindung mit einem Stoffwert des Kältemittels indirekt erfasst wird,
- von der am dritten Messpunkt (176) bestimmten Temperatur die am ersten Messpunkt (172) bestimmte Temperatur des Kältemittels subtrahiert und daraus ein erster Wert ermittelt wird,
- von der am vierten Messpunkt (178) bestimmten Temperatur die am zweiten Messpunkt (174) bestimmte Temperatur des Kältemittels subtrahiert wird und daraus ein zweiter Wert ermittelt wird,
40 - der erste Wert und der zweite Wert in ein Verhältnis gesetzt werden,
- ein daraus gebildeter dritter Wert mit einer Referenz verglichen wird, und
- eine Leckage erkannt wird, wenn der dritte Wert von der Referenz abweicht.

45 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei

- der erste Wert durch den zweiten Wert geteilt und dann eine Leckage erkannt wird, wenn der daraus gebildete dritte Wert als Ergebnis über der Referenz liegt, oder
- der zweite Wert durch den ersten Wert geteilt und dann eine Leckage erkannt wird, wenn der daraus gebildete dritte Wert als Ergebnis unter einer Referenz liegt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei mindestens ein weiterer Messpunkt im Kältekreis definiert ist, der zur Berechnung des ersten Werts, des zweiten Werts und/oder des dritten Werts herangezogen wird.

55 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Ermittlung der Werte und das Vergleichen mit der Referenz kontinuierlich oder in festlegbaren Intervallen durchgeführt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Referenz ein vorab bestimmter Referenzwert oder eine

Referenzfunktion ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Referenzfunktion aus mehreren Werten der bestimmten ersten, zweiten, dritten und/oder vierten Temperaturen gebildet und die Lage der nachfolgend ermittelten dritten Werte relativ zur Referenzfunktion bestimmt wird, wobei eine Leckage erkannt wird, wenn der dritte Wert von der Referenzfunktion abweicht.
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei die Referenzfunktion aus den Werten für mehrere Solltemperaturen, Drücke und/oder Stoffwerte des Kältemittels generiert wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei nach dem Erkennen einer Leckage der Verdampfer (120) vom Kältekreis (100) getrennt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei im Vorlauf und im Rücklauf des Verdampfers (120) im Kältekreis (100) angeordnete Ventile (200) geschlossen werden, wenn der dritte Wert von der Referenz abweicht.
10. Leckagedetektiersystem zum Erkennen des Austritts eines Kältemittels in einem Kältekreis (100) einer Kompressionskältemaschine, aufweisend einen Kältekreis (100) mit mindestens einem Verdampfer (120), einem Verdichter (130), einem Verflüssiger (140), einem Druckminderer und einem inneren Wärmeübertrager (160), die über Leitungen miteinander verbunden sind, wobei in den Leitungen ein Kältemittel geführt ist, wobei der innere Wärmeübertrager (160) zwischen dem Verdampfer (120) und dem Verdichter (130) sowie zwischen dem Verflüssiger (140) und dem Druckminderer angeordnet ist, wobei die Kompressionskältemaschine mindestens im Bereich des inneren Wärmeübertragers (160)
 - a) in der Leitung vom inneren Wärmeübertrager (160) zum Druckminderer einen ersten Messpunkt (172),
 - b) in der Leitung vom Verdampfer (120) zum inneren Wärmeübertrager (160) einen zweiten Messpunkt (174),
 - c) in der Leitung vom Verflüssiger (140) zum inneren Wärmeübertrager (160) einen dritten Messpunkt (176), und
 - d) in der Leitung vom inneren Wärmeübertrager (160) zum Verdichter (130) einen vierten Messpunkt (178)
 für die Erfassung mindestens einer thermodynamischen Zustandsgröße des Kältemittels zur Bestimmung der Temperatur des Kältemittels aufweist, wobei die Temperatur direkt messbar oder durch Messung des Drucks in Verbindung mit einem Stoffwert des Kältemittels indirekt erfassbar ist, ferner aufweisend eine Steuerung, die nach Maßgabe eines der Verfahren der Ansprüche 1 bis 9
 - von der am dritten Messpunkt (176) bestimmten Temperatur die am ersten Messpunkt (172) bestimmte Temperatur des Kältemittels subtrahiert und daraus einen ersten Wert ermittelt,
 - von der am vierten Messpunkt (178) bestimmten Temperatur die am zweiten Messpunkt (174) bestimmte Temperatur des Kältemittels subtrahiert und daraus einen zweiten Wert ermittelt,
 - den ersten Wert und den zweiten Wert in ein Verhältnis setzt,
 - daraus einen dritten Wert bildet und diesen mit einer Referenz vergleicht,
 - eine Leckage erkennt, wenn der dritte Wert von der Referenz abweicht, und
 - im Vorlauf und im Rücklauf des Verdampfers (120) im Kältekreis (100) angeordnete Ventile (200) schließt, wenn der dritte Wert über oder unter der Referenz liegt.
11. System nach Anspruch 10, wobei sich die Messpunkte (172; 174; 176; 178) in unmittelbarer Umgebung oder innerhalb des inneren Wärmeübertragers (160) befinden.

Claims

1. Method for identifying leaks in a refrigeration circuit (100) of a compression refrigerating machine, wherein the refrigeration circuit (100) comprises at least an evaporator (120), a compressor (130), a condenser (140), a pressure-reducing valve and an internal heat exchanger (160), which are interconnected by means of lines, wherein a refrigerant is conducted in the lines, wherein the internal heat exchanger (160) is arranged between the evaporator (120) and the compressor (130) and between the condenser (140) and the pressure-reducing valve, wherein
 - there are defined, at least in the region of the internal heat exchanger (160):
 - a) a first measurement point (172) in the line from the internal heat exchanger (160) to the pressure-reducing

valve,

b) a second measurement point (174) in the line from the evaporator (120) to the internal heat exchanger (160),

c) a third measurement point (176) in the line from the condenser (140) to the internal heat exchanger (160) and

d) a fourth measurement point (178) in the line from the internal heat exchanger (160) to the compressor (130)

for at least one thermodynamic state variable of the refrigerant for the purposes of determining the temperature of the refrigerant,

- the temperature is either measured directly or acquired indirectly by measuring the pressure in conjunction with a physical characteristic of the refrigerant,

- the refrigerant temperature determined at the first measurement point (172) is subtracted from the temperature determined at the third measurement point (176), and a first value is established therefrom,

- the refrigerant temperature determined at the second measurement point (174) is subtracted from the temperature determined at the fourth measurement point (178), and a second value is established therefrom,

- a ratio between the first value and the second value is established,

- a third value created therefrom is compared with a reference and

- a leak is identified if the third value deviates from the reference.

2. Method according to claim 1, wherein

- the first value is divided by the second value and then a leak is identified if the third value created therefrom as the result is above the reference, or

- the second value is divided by the first value and then a leak is identified if the third value created therefrom as the result is below a reference.

3. Method according to claim 1 or claim 2, wherein at least one further measurement point is defined in the refrigeration circuit and is used for calculating the first value, the second value and/or the third value.

4. Method according to any of claims 1 to 3, wherein the establishment of the values and the comparison with the reference are carried out continually or at definable intervals.

5. Method according to any of claims 1 to 4, wherein the reference is a pre-established reference value or a reference function.

6. Method according to claim 5, wherein the reference function is created from a plurality of values of the determined first, second, third and/or fourth temperatures, and the position of the subsequently established third values relative to the reference function is determined, wherein a leak is identified if the third value deviates from the reference function.

7. Method according to claim 6, wherein the reference function is generated from the values for a plurality of target temperatures, pressures and/or physical characteristics of the refrigerant.

8. Method according to any of claims 1 to 6, wherein the evaporator (120) is disconnected from the refrigeration circuit (100) after a leak is identified.

9. Method according to claim 8, wherein valves (200) arranged in the flow pipe and return pipe of the evaporator (120) in the refrigeration circuit (100) are closed if the third value deviates from the reference.

10. Leak detection system for identifying the escape of a refrigerant in a refrigeration circuit (100) of a compression refrigerating machine, comprising a refrigeration circuit (100) having at least an evaporator (120), a compressor (130), a condenser (140), a pressure-reducing valve and an internal heat exchanger (160), which are interconnected by means of lines, wherein a refrigerant is conducted in the lines, wherein the internal heat exchanger (160) is arranged between the evaporator (120) and the compressor (130) and between the condenser (140) and the pressure-reducing valve, wherein the compression refrigerating machine comprises, at least in the region of the internal heat exchanger (160):

a) a first measurement point (172) in the line from the internal heat exchanger (160) to the pressure-reducing

valve,

b) a second measurement point (174) in the line from the evaporator (120) to the internal heat exchanger (160),
 c) a third measurement point (176) in the line from the condenser (140) to the internal heat exchanger (160) and
 d) a fourth measurement point (178) in the line from the internal heat exchanger (160) to the compressor (130)
 for acquiring at least one thermodynamic state variable of the refrigerant for the purposes of determining the
 temperature of the refrigerant, wherein the temperature can be either measured directly or acquired indirectly
 by measuring the pressure in conjunction with a physical characteristic of the refrigerant,
 further comprising a controller which, according to one of the methods of claims 1 to 9,

- subtracts the refrigerant temperature determined at the first measurement point (172) from the temperature determined at the third measurement point (176) and establishes a first value therefrom,
- subtracts the refrigerant temperature determined at the second measurement point (174) from the temperature determined at the fourth measurement point (178) and establishes a second value therefrom,
- establishes a ratio between the first value and the second value,
- creates a third value therefrom and compares it with a reference,
- identifies a leak if the third value deviates from the reference and
- closes valves (200) arranged in the flow pipe and return pipe of the evaporator (120) in the refrigeration circuit (100) if the third value is above or below the reference.

11. System according to claim 10, wherein the measurement points (172; 174; 176; 178) are located in the immediate vicinity of the internal heat exchanger (160) or within the internal heat exchanger (160).

Revendications

1. Procédé de détection de fuites dans un circuit frigorifique (100) d'une machine frigorifique à compression, le circuit frigorifique (100) comportant au moins un évaporateur (120), un compresseur (130), un condenseur (140), un détendeur et un échangeur de chaleur interne (160), qui sont reliés entre eux par des conduites, un réfrigérant étant transporté dans les conduites, l'échangeur de chaleur interne (160) étant disposé entre l'évaporateur (120) et le compresseur (130) et entre le condenseur (140) et le détendeur,

- au moins dans la zone de l'échangeur de chaleur interne (160)

- a) un premier point de mesure (172) étant défini dans la conduite allant de l'échangeur de chaleur interne (160) au détendeur,
- b) un deuxième point de mesure (174) étant défini dans la conduite allant de l'évaporateur (120) à l'échangeur de chaleur interne (160),
- c) un troisième point de mesure (176) étant défini dans la conduite allant du condenseur (140) à l'échangeur de chaleur interne (160), et
- d) un quatrième point de mesure (178) étant défini dans la conduite allant de l'échangeur de chaleur interne (160) au compresseur (130)

pour au moins une grandeur d'état thermodynamique du réfrigérant afin de déterminer la température du réfrigérant,

- la température étant mesurée directement ou acquise indirectement par mesure de la pression en liaison avec une caractéristique physique du réfrigérant,
- la température du réfrigérant déterminée au premier point de mesure (172) étant soustraite de la température déterminée au troisième point de mesure (176) et une première valeur étant déterminée à partir de là,
- la température du réfrigérant déterminée au deuxième point de mesure (174) étant soustraite de la température déterminée au quatrième point de mesure (178) et une deuxième valeur étant déterminée à partir de là,
- la première valeur et la deuxième valeur étant placées dans un rapport,
- une troisième valeur formée à partir de là étant comparée à une référence, et
- une fuite étant détectée lorsque la troisième valeur s'écarte de la référence.

2. Procédé selon la revendication 1,

- la première valeur étant divisée par la deuxième valeur et une fuite étant alors détectée si la troisième valeur obtenue est supérieure à la référence, ou

- la deuxième valeur étant divisée par la première valeur et une fuite étant alors détectée si la troisième valeur obtenue est inférieure à une référence.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, au moins un autre point de mesure étant défini dans le circuit frigorifique et étant utilisé pour calculer la première valeur, la deuxième valeur et/ou la troisième valeur.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, la détermination des valeurs et la comparaison à la référence étant effectuées en continu ou à intervalles définissables.

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, la référence étant une valeur de référence préalablement déterminée ou une fonction de référence.

6. Procédé selon la revendication 5, la fonction de référence étant formée de plusieurs valeurs des première, deuxième, troisième et/ou quatrième températures déterminées et la position des troisièmes valeurs déterminées ultérieurement étant déterminée par rapport à la fonction de référence, une fuite étant détectée lorsque la troisième valeur s'écarte de la fonction de référence.

7. Procédé selon la revendication 6, la fonction de référence étant générée à partir des valeurs de plusieurs températures cibles, pressions et/ou caractéristiques physiques du réfrigérant.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, l'évaporateur (120) étant séparé du circuit frigorifique (100) après qu'une fuite a été détectée.

9. Procédé selon la revendication 8, des vannes (200) disposées dans la portion montante et la portion retour de l'évaporateur (120) dans le circuit frigorifique (100) étant fermées si la troisième valeur s'écarte de la référence.

10. Système de détection de fuite destiné à détecter la sortie d'un réfrigérant dans un circuit frigorifique (100) d'une machine frigorifique à compression, ledit système comportant un circuit frigorifique (100) muni d'au moins un évaporateur (120), d'un compresseur (130), d'un condenseur (140), d'un détendeur et d'un échangeur de chaleur interne (160), qui sont reliés entre eux par des conduites, un réfrigérant étant transporté dans les conduites, l'échangeur de chaleur interne (160) étant disposé entre l'évaporateur (120) et le compresseur (130) et entre le condenseur (140) et le détendeur, la machine frigorifique à compression comportant au moins dans la zone de l'échangeur de chaleur interne (160)

a) un premier point de mesure (172) dans la conduite allant de l'échangeur de chaleur interne (160) au détendeur, b) un deuxième point de mesure (174) dans la conduite allant de l'évaporateur (120) à l'échangeur de chaleur interne (160),

c) un troisième point de mesure (176) dans la conduite allant du condenseur (140) à l'échangeur de chaleur interne (160), et

d) un quatrième point de mesure (178) dans la conduite allant de l'échangeur de chaleur interne (160) au compresseur (130),

pour détecter au moins une grandeur d'état thermodynamique du réfrigérant afin de déterminer la température du réfrigérant, la température pouvant être mesurée directement ou pouvant être détectée indirectement par mesure de la pression en liaison avec une caractéristique physique du réfrigérant,

comportant en outre une commande qui, conformément à un procédé des revendications 1 à 9,

- soustrait la température du réfrigérant, déterminée au premier point de mesure (172), de la température déterminée au troisième point de mesure (176) et détermine à partir de là une première valeur,

- soustrait la température du réfrigérant, déterminée au deuxième point de mesure (174), de la température déterminée au quatrième point de mesure (178) et détermine à partir de là une deuxième valeur,

- met la première valeur et la deuxième valeur dans un rapport,

- forme à partir de là une troisième valeur et la compare à une référence,

- détecte une fuite si la troisième valeur s'écarte de la référence, et

- ferme des vannes (200) disposées dans la portion montante et la portion retour de l'évaporateur (120) dans le circuit frigorifique (100) lorsque la troisième valeur est supérieure ou inférieure à la référence.

11. Système selon la revendication 10, les points de mesure (172 ; 174 ; 176 ; 178) se trouvant dans l'environnement immédiat ou à l'intérieur de l'échangeur de chaleur interne (160).

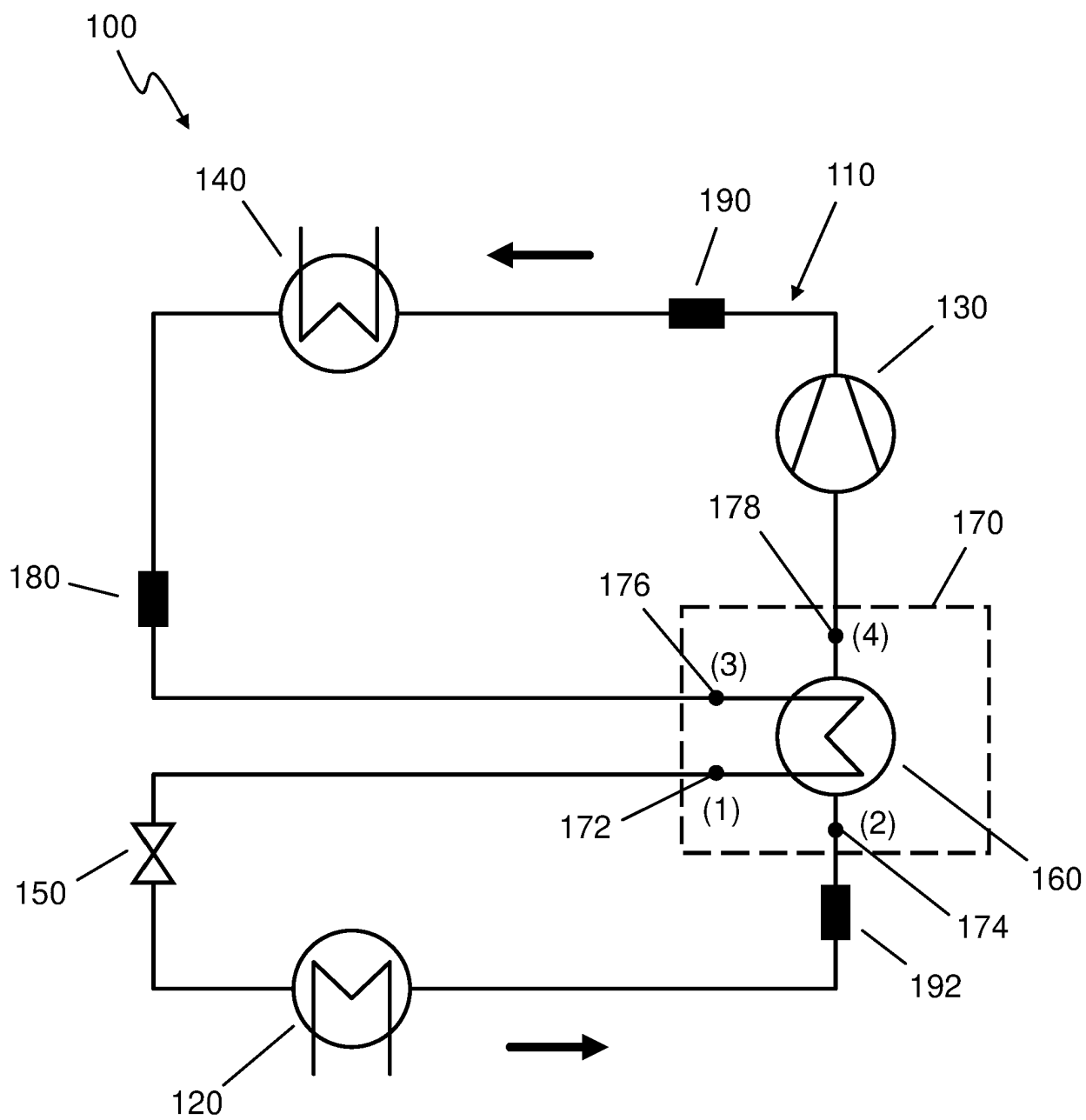


Fig. 1

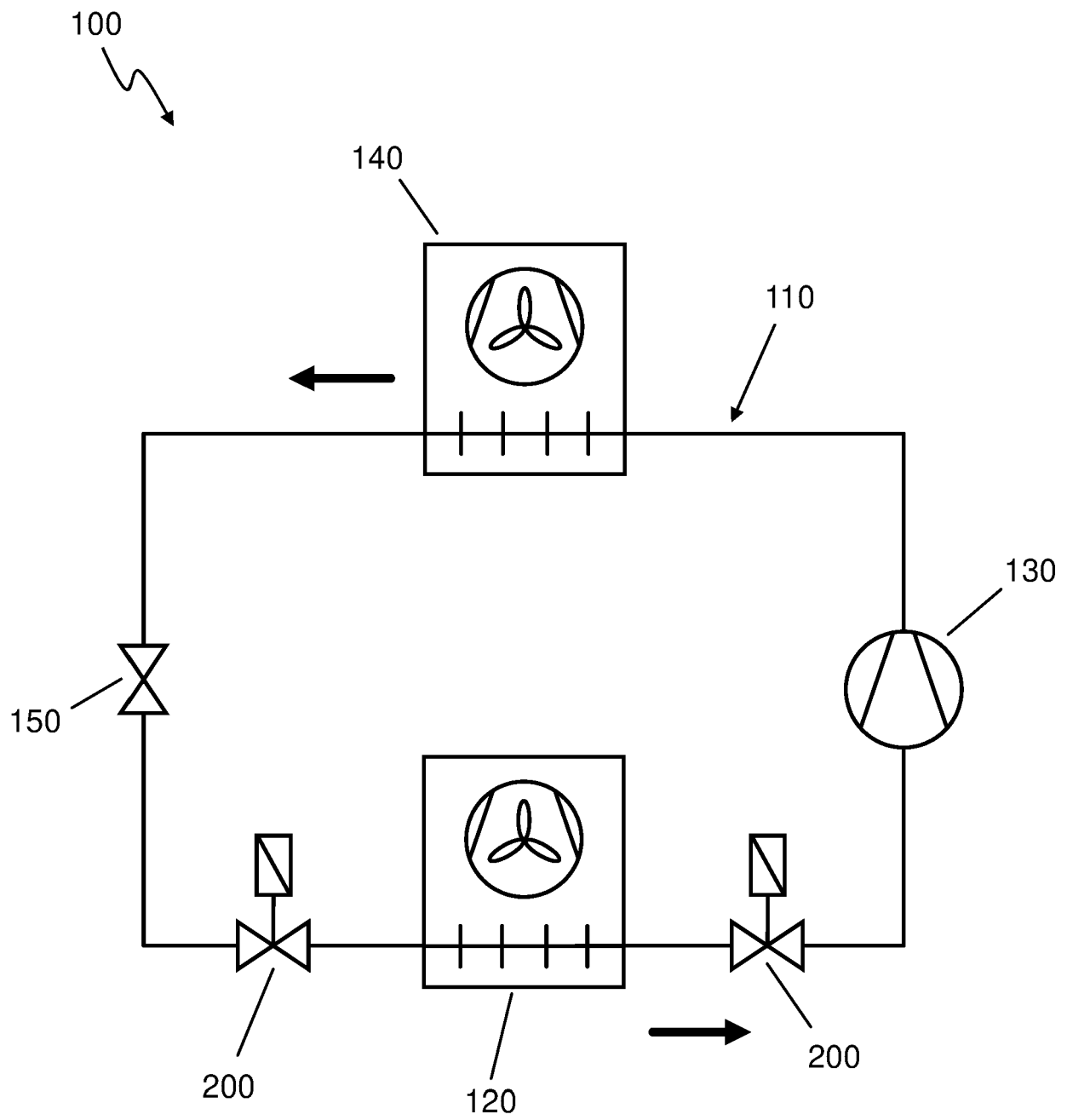


Fig. 2

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102006039925 A1 **[0007]**
- DE 3913521 A1 **[0008]**
- EP 1013738 A1 **[0010]**
- WO 2020067296 A1 **[0011]**
- GB 2576644 A **[0012]**