

(19)



(11)

EP 2 989 397 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
04.09.2019 Patentblatt 2019/36

(51) Int Cl.:
F25B 31/00 ^(2006.01) **F25B 1/10** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **14714996.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2014/056567

(22) Anmeldetag: **02.04.2014**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/173641 (30.10.2014 Gazette 2014/44)

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM KÜHLEN EINES MOTORS

METHOD AND DEVICE FOR COOLING AN ENGINE

PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE REFROIDISSEMENT D'UN MOTEUR

(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: **23.04.2013 DE 102013207344**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.03.2016 Patentblatt 2016/09

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **MEISE, Max**
35396 Giessen (DE)
• **KLINK, Simon**
35415 Pohlheim (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
US-A- 3 232 074 US-A- 6 070 421

EP 2 989 397 B1

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).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Kühlen eines Motors nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens.

[0002] Ein derartiger Kältemittelkreislauf mit einem zweistufigen Kompressor wird beispielsweise in Zusammenhang mit Wärmepumpen eingesetzt. Die beiden Kompressionsstufen des Kompressors werden dabei über einen Motor angetrieben, der dafür mechanisch mit diesem verbunden ist. Mit Hilfe der ersten Kompressionsstufe des Kompressors erfolgt eine Verdichtung des Kältemittelgases von einem niedrigen Niveau auf ein mittleres Niveau. In der zweiten Kompressionsstufe wird das Druckniveau dann weiter erhöht, bis das Kältemittel ein hohes Druckniveau aufweist. Über einen der zweiten Kompressionsstufe nachgeschalteten Kondensator kann dann eine Wärmeabgabe vom Kältemittel erfolgen, das anschließend entspannt wird und in einem Verdampfer erneut Wärme aufnehmen kann, um gasförmig der ersten Kompressionsstufe des Kompressors zugeführt zu werden.

[0003] Je nach Betriebsweise lässt sich durch einen derartigen Kältemittelkreislauf dabei ein Erwärmen oder Abkühlen beispielsweise eines Raumes erreichen. Dabei dient das Kältemittel gleichzeitig zur Kühlung des Motors, der damit bei einer optimalen Betriebstemperatur betrieben werden kann.

[0004] In Kältemittelkreisen wird üblicherweise der Motor des Kompressors entweder durch das vom Kompressor angesaugte oder durch das bereits verdichtete, gasförmige Kühlmittel gekühlt. Die Motorabwärme wird dabei dem gasförmigen Kältemittel entweder direkt vor oder direkt nach der Verdichtung zugeführt. Bei Kältemittelkreisen mit zweistufigen Kompressoren, die eine erste Kompressionsstufe und eine zweite Kompressionsstufe umfassen, ist es bekannt, den Motor mit dem auf einem mittleren Druckniveau befindlichen Kältemittel zu kühlen. Dies geschieht dann also entweder durch das Sauggas vor der zweiten bzw. zweiten Kompressionsstufe oder durch das Druckgas der ersten bzw. ersten Kompressionsstufe.

[0005] In der Regel wird nur gasförmiges Kältemittel zum Kühlen des Motors genutzt, um eine Verdünnung des zur Schmierung für die Motorlager im Motor befindlichen Schmieröles zu verhindern. Dies könnte zu einer Mangelschmierung in den Lagern führen und damit eine Beschädigung des Motors verursachen. Allerdings vermindert die Kühlung mit Sauggas vor der Verdichtung in der zweiten Kompressionsstufe des Kompressors durch die Erwärmung des Sauggases die Effizienz des Kältemittelkreislaufes, weil sie eine Abnahme der Dichte des Sauggases und damit des geförderten Massenstroms bewirkt. Die Kühlung des Motors mit Druckgas nach der Verdichtung in der ersten Kompressionsstufe hat Verluste zur Folge und erhöht Temperatur des Druckgases der ersten Kompressionsstufe. Damit steigen auch die An-

forderungen an die Temperaturbeständigkeit des Motors.

[0006] Zur Kühlung eines Motors eines zweistufigen Kompressors ist es bekannt, aus dem Kältemittelkreislauf nach einem der zweiten Kompressionsstufe nachgeschalteten Kondensator einen Teilstrom vom Kältemittelhauptstrom abzuzweigen und über eine Art Bypass-Verbindung zu einer Motorkühlung zu leiten. Dabei erfolgt eine separate Entspannung in der Bypass-Leitung, für die je nach Betriebsmodus ein oder zwei Expansionsventile erforderlich sind, die eine gesonderte Regelung benötigen.

[0007] Die bekannten Verfahren zur Kühlung des Motors haben also entweder eine Verringerung der Effizienz des Gesamtsystems zur Folge oder sind relativ aufwendig und nur mit zusätzlichen Leitungen und Expansionsventilen zu realisieren, für die noch eine gesonderte Regelung erforderlich ist. Das Dokument US 6 070 421 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff der Ansprüche 1 bzw. 6.

[0008] Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, die Nachteile des Standes der Technik zu beheben und insbesondere ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Kühlen eines Motors anzugeben, bei dem die Abwärme des Motors in den Kältekreis zurückgeführt werden kann, ohne negativen Einfluss auf die Effizienz des Gesamtsystems zu haben. Dabei sollen der Herstellungsaufwand sowie der Regelungsaufwand möglichst gering sein und mit möglichst wenigen Bauelementen ausgekommen werden.

[0009] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 6 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den Unteransprüchen.

[0010] Bei einem Verfahren zum Kühlen mindestens eines Motors, der mindestens einen zumindest zweistufigen Kompressor eines Kältemittelkreislaufs antreibt, der zumindest eine erste Kompressionsstufe und eine zweite Kompressionsstufe umfasst, wobei ein Kältemittel durch den Kältemittelkreislauf geleitet wird, das in der ersten Kompressionsstufe von einem niedrigen Druckniveau auf ein mittleres Druckniveau und in der zweiten Kompressionsstufe vom mittleren Druckniveau auf ein hohes Druckniveau gebracht und im Anschluss an die zweite Kompressionsstufe unter Wärmeabgabe auf das mittlere Druckniveau entspannt wird, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Motor mit einem zweiphasigen Kältemittel-Hauptstrom gekühlt wird, der das mittlere Druckniveau aufweist.

[0011] Der zweiphasige Kältemittel-Hauptstrom enthält sowohl gasförmiges als auch flüssiges Kältemittel. Da der Kältemittel-Hauptstrom, also üblicherweise der gesamte Kältemittelstrom, für die Motorkühlung genutzt wird, sind keine zusätzlichen Expansionsventile nötig. Dementsprechend ist auch keine diesbezügliche Regelung erforderlich. Die vom Motor abgeführte Abwärme hat dabei keinen negativen Einfluss auf die Effizienz, da

es weder auf der jeweiligen Druckseite, noch auf der jeweiligen Saugseite der Kompressionsstufen einen negativen Einfluss hat.

[0012] Bei Kältemittelkompressoren mit mehr als zwei Kompressionsstufen findet das Verfahren zwischen zweien der Kompressionsstufen Anwendung. Bei mehr als einem Kältemittelkompressor kann das Verfahren zwischen zwei Kältemittelkompressoren angewendet werden. Dabei kann auch mehr als ein Motor gekühlt werden, wobei gegebenenfalls jedem Motor ein eigener Kältemittelkreislauf zugeordnet werden kann.

[0013] In einer bevorzugten Weiterbildung wird der Kältemittel-Hauptstrom nach Kühlen des Motors in einen flüssigen Kältemittelteil und einen gasförmigen Kältemittelteil getrennt, wobei der gasförmige Kältemittelteil der zweiten Kompressionsstufe und der flüssige Kältemittelteil der ersten Kompressionsstufe des zweistufigen Kompressors zugeführt werden. Im Anschluss an die Kühlung des Motors folgt also eine Auftrennung des zweiphasigen Kältemittel-Hauptstroms in die beiden Phasen, wobei der gasförmige Anteil in der zweiten Kompressionsstufe weiter verdichtet wird. Damit kann in der zweiten Kompressionsstufe direkt eine sehr effiziente Verdichtung des gasförmigen Kältemittels auf einen hohen Druck bei hoher Temperatur erfolgen. Zum Trennen der Phasen des Kältemittels aus dem Kältemittel-Hauptstrom kann beispielsweise ein Mitteldruckbehälter, oder dienen, wobei es sich um einen Sammelbehälter handelt, in dem das Kältemittel in einen gasförmigen Anteil und in einen flüssigen Anteil getrennt wird.

[0014] Bevorzugterweise wird dabei das Kältemittel vor der ersten Kompressionsstufe unter Wärmeaufnahme verdampft und nach der zweiten Kompressionsstufe unter Wärmeabgabe kondensiert. Dafür erfolgt beispielsweise nach dem Trennen des Kältemittel-Hauptstroms in den flüssigen und den gasförmigen Kältemittelteil eine Expansion des flüssigen Kältemittelteils mit einer anschließenden Verdampfung in einem Verdampfer, in dem Wärme beispielsweise aus der Umgebung aufgenommen werden kann. Dadurch geht der bis dahin flüssige Kältemittelteil ebenfalls in die gasförmige Phase über und wird gasförmig zur ersten Kompressionsstufe des zweistufigen Kompressors zugeführt, dort verdichtet und erwärmt. Im Anschluss an die zweite Kompressionsstufe kann beispielsweise ein Kondensator vorgesehen sein, in dem eine Kondensation des bis dahin gasförmigen Kältemittelteils erfolgt und dabei Wärme beispielsweise an die Umgebung abgegeben wird. Von dort wird das Kältemittel unter hohem Druck und teilweise verflüssigt weitergeführt und schließlich bis auf das mittlere Druckniveau entspannt.

[0015] In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Kältemittelteil nach der ersten Kompressionsstufe mit dem von der zweiten Kompressionsstufe nach Wärmeabgabe kommenden Kältemittelteil vor der Verwendung zum Kühlen des Motors zusammengeführt. Damit erfolgt eine Vereinigung der beiden Kältemittelteile, sodass der gesamte Kältemittelstrom zur Kühlung des Motors zur

Verfügung steht.

[0016] In einer alternativen Ausgestaltung ist vorgesehen, dass der Kältemittelteil nach der ersten Kompressionsstufe direkt der zweiten Kompressionsstufe zugeführt wird, wobei der nach Kühlen des Motors gasförmige Mittelteil der zweiten Kompressionsstufe zugeführt und mit dem von der ersten Kompressionsstufe kommenden Kältemittelteil zusammen geführt wird, wobei das den Kältemittel-Hauptstrom bildende, von der zweiten Kompressionsstufe nach Wärmeabgabe kommende Kältemittel zum Kühlen des Motors verwendet wird. Damit ergibt sich ein relativ einfacher Aufbau, wobei auch dann der gesamte Kältemittelstrom zur Kühlung des Motors genutzt wird.

[0017] Bei einer Vorrichtung zum Durchführen des oben genannten Verfahrens, die insbesondere als zweistufige Wärmepumpe, Klimatisierungsgerät oder Kälteanlage ausgebildet ist, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass sie einen Motor und einen Kältemittelkreislauf aufweist, in dem ein zweistufiger Kompressor mit einer ersten Kompressionsstufe und einer zweiten Kompressionsstufe angeordnet ist, der vom Motor antreibbar ist, wobei eine Motorkühlung derart in den Kältemittelkreislauf eingebunden ist, dass sie von einem Kältemittel-Hauptstrom durchströmbar ist, wobei in Strömungsrichtung hinter der Motorkühlung ein Phasentrennelement angeordnet ist, das über eine Sauggasleitung für einen gasförmigen Kältemittelteil mit der zweiten Kompressionsstufe und über eine erste Leitung für einen flüssigen Kältemittelteil mit der ersten Kompressionsstufe des zweistufigen Kältemittelkompressors verbunden ist.

[0018] Dadurch kann das gesamte, auf einem mittleren Druckniveau befindliche Kältemittel zur Motorkühlung genutzt werden und die Abwärme in den Kältemittelkreislauf zurückgeführt werden. Ein negativer Einfluss auf die Effizienz erfolgt damit nicht, da mit Hilfe des Phasentrennelementes im Anschluss an die Aufnahme der Abwärme des Motors beziehungsweise im Anschluss an die Motorkühlung eine Trennung in einen gasförmigen und einen flüssigen Kältemittelteil erfolgt, wobei nur der gasförmige Kältemittelteil der zweiten Kompressionsstufe zugeführt und damit weiter verdichtet wird. Diese kann daher mit hoher Effizienz betrieben werden.

[0019] Auf zusätzliche Bypass-Verbindung mit zusätzlichen Expansionsventilen zur Versorgung der Motorkühlung kann somit verzichtet werden. Vielmehr wird die Motorkühlung einfach mit dem Kältemittel-Hauptstrom durchströmt, der entsprechende Wärme aufnehmen kann. Eine zusätzliche Regelung ist dafür nicht erforderlich. Damit wird der Herstellungs- und Regelungsaufwand gering gehalten.

[0020] In einer bevorzugten Weiterbildung sind in der ersten Leitung vor der ersten Kompressionsstufe ein Verdampfer und gegebenenfalls ein Drosselement sowie gegebenenfalls weitere Bauteile angeordnet. Damit kann eine Entspannung und Verdampfung des bis dahin flüssigen Kältemittelteils erfolgen, sodass dieses gasförmig der ersten Kompressionsstufe zuführbar ist. Im Ver-

dampfer erfolgt dabei eine Wärmeaufnahme aus einer Umgebung, die dadurch gekühlt wird. Die weiteren Bauteile umfassen beispielsweise Filter oder ähnliches.

[0021] Dabei ist besonders bevorzugt, dass in einer zweiten Leitung des Kältemittelkreislaufes nach der zweiten Kompressionsstufe ein Kondensator und gegebenenfalls ein Drosselement sowie gegebenenfalls weitere Bauteile angeordnet sind. Im Kondensator kann von dem gasförmigen Kältemittelteil nach der zweiten Kompressionsstufe Wärme an die Umgebung abgegeben werden, wodurch dieser Kältemittelteil mindestens teilweise verflüssigt wird. Durch das anschließend angeordnete Drosselement, das beispielsweise als einfache Drossel oder als Expansionsventil ausgebildet sein kann, erfolgt anschließend eine Entspannung dieses Kältemittelteils, sodass es auf einem mittleren Druckniveau flüssig und/oder gasförmig zur Motorkühlung genutzt werden kann. Die weiteren Bauteile können beispielsweise als Kühlelemente für eine Leistungselektronik oder ähnliches ausgebildet sein.

[0022] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist im Kältemittelkreislauf vor der Motorkühlung eine Mischeinrichtung angeordnet, die mit einer von der ersten Kompressionsstufe kommenden Druckgasleitung und der zweiten Leitung verbunden ist. In der Mischeinrichtung treffen also der von der ersten Kompressionsstufe kommende Kältemittelteil und der von der zweiten Kompressionsstufe kommende Kältemittelteil zusammen und können von dort gemeinsam zur Motorkühlung geführt werden. Damit dient der gesamte Kältemittelstrom zur Motorkühlung.

[0023] In einer alternativen Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die zweite Leitung mit der Motorkühlung verbunden ist, wobei eine von der ersten Kompressionsstufe kommende Druckgasleitung in die zur zweiten Kompressionsstufe führende Sauggasleitung mündet. Der gasförmige Kältemittelteil nach dem Phasentrennelement kann dabei mit dem von der ersten zur zweiten Kompressionsstufe laufenden Kältemittelteil vor der zweiten Kompressionsstufe zusammengeführt werden. Auch bei diesem vereinfachten Aufbau wird der gesamte Kältemittelstrom zur Motorkühlung geführt und dort zum Aufnehmen von Abwärme genutzt. Der von der ersten Kompressionsstufe kommende Kältemittelteil wird aber nicht direkt vor der Motorkühlung mit dem von der zweiten Kompressionsstufe kommenden Kältemittelteil kombiniert, sondern durchläuft erst ebenfalls die zweite Kompressionsstufe.

[0024] In einer Kältemittelleitung zwischen Motorkühlung und Phasentrennelement können weitere Bauteile angeordnet sein. Dies sind beispielsweise Drosselemente und/oder zusätzliche Kühlelemente, die beispielsweise zur Kühlung von Elementen einer Leistungselektronik dienen.

[0025] Vorzugsweise weist der Kältemittelkompressor mehr als zwei Kompressionsstufen auf, wobei das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 zwischen zwei der Kompressionsstufen angewendet wird. Damit kann

auch eine sehr starke Abkühlung erreicht werden.

[0026] In einer bevorzugten Weiterbildung weist die Vorrichtung zwei Kältemittelkompressoren auf, wobei das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 zwischen den Kältemittelkompressoren oder zwischen Kompressionsstufen der Kältemittelkompressoren angewendet wird, wobei gegebenenfalls mehr als eine Motorkühlung erfolgt. Die Vorrichtung ist dadurch sehr universell einsetzbar.

[0027] Die Erfindung wird im Folgenden anhand bevorzugter Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den Zeichnungen näher beschrieben. Hierin zeigen:

Fig. 1 einen Kältemittelkreislauf mit einem zweistufigen Kompressor einer ersten Ausführungsform und

Fig. 2 einen Kältemittelkreislauf mit einem zweistufigen Kompressor einer zweiten Ausführungsform.

[0028] In Fig. 1 ist schematisch ein Kältemittelkreislauf 1 einer Wärmepumpe dargestellt, der einen zweistufigen Kompressor 2 mit einer ersten Kompressionsstufe 3 und einer zweiten Kompressionsstufe 4 aufweist. Der zweistufige Kompressor 2 wird mit einem Motor 5 betrieben, wobei eine mechanische Verbindung zwischen dem Motor 5 und den Kompressionsstufen 3, 4 des zweistufigen Kompressors 2 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt ist.

[0029] Mit Hilfe der Kompressionsstufen 3, 4 des zweistufigen Kompressors 2 erfolgt ein Anheben des Druckniveaus eines Kältemittels von einem ersten Druckniveau zunächst auf ein mittleres Druckniveau und anschließend auf ein hohes Druckniveau. Als Kältemittel wird dabei ein unter Überdruck flüssiges Fluid, das nach einer Druckentlastung und Wärmeaufnahme gasförmig wird, verwendet. Das Kältemittel wird beispielsweise gasförmig und mit niedrigem Druck der ersten Kompressionsstufe 3 des Kompressors 2 zugeführt und dort auf ein mittleres Druckniveau gebracht, wobei es gleichzeitig erwärmt wird.

[0030] Über eine Druckgasleitung 6 gelangt ein gasförmiger Kältemittelanteil dann bei dem Kältemittelkreislauf gemäß Figur 1 zu einer Mischeinrichtung 7 und wird dort mit einem von der zweiten Kompressionsstufe 4 kommenden Kältemittelteil zusammengeführt. Dieser Kältemittelteil war der zweiten Kompressionsstufe des Kompressors 2 gasförmig und mit einem mittleren Druckniveau zugeführt worden und wurde in der zweiten Kompressionsstufe 4 bei gleichzeitiger Erwärmung auf ein hohes Druckniveau gebracht. Der gasförmige Kältemittelteil wird dann im Anschluss an die zweite Kompressionsstufe 4 über eine zweite Leitung 8 einem Kondensator 9 zugeführt. Dort erfolgt eine Wärmeabgabe vom Kältemittelteil an eine Umgebung beziehungsweise Wärmesenke 10. Der dadurch kondensierte Wärmemittelteil, der sowohl flüssige als auch gasförmige Phasen aufweisen kann, wird anschließend mit Hilfe eines Drosselementes 11, das beispielsweise als Expansionsventil aus-

gebildet ist, auf das mittlere Druckniveau entspannt, mit der dieser Kältemittelteil bei der Mischeinrichtung 7 ankommt und mit dem von der ersten Kompressionsstufe 3 kommenden Kältemittelteil zusammengeführt wird.

[0031] Die zusammengeführten Kältemittelteile, also der Kältemittel-Hauptstrom, der den gesamten Volumenstrom umfasst, gelangt von der Mischeinrichtung 7 zu einer Motorkühlung des Motors 5 und nimmt dort Wärme vom Motor 5 auf. Anschließend wird der Kältemittel-Hauptstrom in einem Phasentrennelement 12 in den gasförmigen Kältemittelteil und den flüssigen Kältemittelteil aufgetrennt. Der gasförmige Kältemittelteil wird dann wiederum der zweiten Kompressionsstufe 4 zugeführt.

[0032] Der flüssige Kältemittelteil wird mit Hilfe eines Drosselelementes 13, das wiederum als Expansionsventil ausgebildet sein kann, entspannt und mit niedrigem Druck und niedriger Temperatur einem Verdampfer 14 zugeführt, in dem der flüssige Kältemittelteil in eine gasförmige Phase überführt wird. Der Verdampfer 14 nimmt dabei aus der Umgebung beziehungsweise von einer Wärmequelle 15 Wärme auf, die vom Kältemittelteil aufgenommen wird. Dabei sind das Drosselement 13 und der Verdampfer 14 in einer ersten Leitung 16 angeordnet, die das Phasentrennelement 12 mit der ersten Kompressionsstufe 3 des zweistufigen Kompressors 2 verbindet. In der ersten Kompressionsstufe 3 erfolgt dann eine Erhöhung des Druckes des im Verdampfer 14 verdampften Kältemittelteils, sodass dieser auf mittlerem Druckniveau und mit erhöhter Temperatur wiederum der Mischeinrichtung 7 zugeführt werden kann.

[0033] Figur 2 zeigt ein alternatives bevorzugtes Ausführungsbeispiel, bei dem entsprechende Elemente mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind. Im Unterschied zum Ausführungsbeispiel nach Figur 1 wird der Kältemittelteil nach der ersten Kompressionsstufe 3 nicht einer der Motorkühlung vorgelagerten Mischeinrichtung zugeführt, sondern direkt der zweiten Kompressionsstufe 4. Da auch der vom Phasentrennelement 12 kommende gasförmige Kältemittelteil der zweiten Kompressionsstufe 4 zugeführt wird, wird der Kältemittel-Hauptstrom in der zweiten Kompressionsstufe 4 auf das hohe Druckniveau gebracht und dabei erwärmt. Nach Wärmeabgabe und Kondensation im Kondensator 9 und anschließender Entspannung über das Drosselement 11 gelangt dann der Kältemittel-Hauptstrom, der gasförmige und flüssige Bestandteile aufweist, zur Kühlung des Motors 5 und kann dort Wärme aufnehmen. Der vom Phasentrennelement 12 aus dem Kältemittel-Hauptstrom abgetrennte flüssige Kältemittelteil wird über die erste Leitung 16 geführt und zunächst mit Hilfe des Drosselelementes 13 auf ein niedriges Druckniveau entspannt. Anschließend erfolgt eine Verdampfung im Verdampfer 14, so dass es schließlich gasförmig der ersten Kompressionsstufe 3 des Kompressors 3 zugeführt und dort bei gleichzeitiger Erwärmung auf ein mittleres Druckniveau gebracht wird, um dann zur zweiten Kompressionsstufe 4 zu gelangen.

[0034] Bei den erfindungsgemäßen Verfahren beziehungsweise bei den erfindungsgemäßen Vorrichtungen,

bei der es sich insbesondere um eine Wärmepumpenanordnung handelt, erfolgt eine Kühlung des Motors, der zum Antreiben des zweistufigen Kompressors erforderlich ist, mit Hilfe des Kältemittel-Hauptstroms, also durch das gesamte Kältemittel. Eine zusätzliche Bypass-Verbindung, um einen Teil des Kältemittels zur Kühlung des Motors abzuzweigen, ist nicht erforderlich. Dementsprechend ergibt sich ein vereinfachter Aufbau insbesondere durch Reduzieren der Anzahl der erforderlichen Expansionsventile und damit eine einfachere Regelung.

[0035] Die Abwärme des Motors wird dabei dem Kältemittelkreislauf wieder zugeführt, ohne aufgrund der nach Aufnahme der Abwärme erfolgenden Phasentrennung die Effizienz des Gesamtsystems zu verschlechtern.

[0036] Mit relativ geringem Aufwand lässt sich das erfindungsgemäße Vorgehen an einen Kältekreislauf mit einem einstufigen Kompressor anpassen, wobei eine Zwischeneinspritzung und ein interner Wärmeübertrager oder auch eine Zwischeneinspritzung und eine Phasentrennung in einem Phasentrennelement Anwendung finden können.

[0037] Aufgrund des Designs des Kältemittelkreislaufs kann eine Umkehrung des Kältekreislaufes zur Abtauung und/oder für den Kühlbetrieb erfolgen, wobei das Phasentrennelement jedoch immer in gleicher Richtung durchströmt werden muss.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Kühlen eines Motors, der mindestens einen zumindest zweistufigen Kompressor (2) eines Kältemittelkreislaufes (1) antreibt, der zumindest eine erste Kompressionsstufe (3) und eine zweite Kompressionsstufe (4) umfasst, wobei ein Kältemittel durch den Kältemittelkreislauf (1) geleitet wird, das in der ersten Kompressionsstufe (3) von einem niedrigen Druckniveau auf ein mittleres Druckniveau und in der zweiten Kompressionsstufe (4) vom mittleren Druckniveau auf ein hohes Druckniveau gebracht wird und im Anschluss an die zweite Kompressionsstufe (4) unter Wärmeabgabe auf das mittlere Druckniveau entspannt wird,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Motor (5) mit dem gesamten Kältemittelstrom, der im Kältemittelkreislauf zirkuliert, als zweiphasiger Kältemittel-Hauptstrom gekühlt wird, der das mittlere Druckniveau aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kältemittel-Hauptstrom nach Kühlen des Motors (5) in einen flüssigen Kältemittelteil und einen gasförmigen Kältemittelteil getrennt wird, wobei der gasförmige Kältemittelteil der zweiten Kompressionsstufe (4) und der flüssige Kältemittelteil der ersten Kompressionsstufe (3) des zwei-

stufigen Kompressors (2) zugeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kältemittel vor der ersten Kompressionsstufe (3) unter Wärmeaufnahme verdampft und nach der zweiten Kompressionsstufe (4) unter Wärmeabgabe kondensiert wird. 5
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kältemittelteil nach der ersten Kompressionsstufe (3) mit dem von der zweiten Kompressionsstufe (4) nach Wärmeabgabe kommenden Kältemittelteil vor der Verwendung zum Kühlen des Motors (5) zusammengeführt wird. 10
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kältemittelteil nach der ersten Kompressionsstufe (3) direkt der zweiten Kompressionsstufe (4) zugeführt wird, wobei der nach Kühlen des Motors (5) gasförmige Kältemittelteil der zweiten Kompressionsstufe (4) zugeführt und mit dem von der ersten Kompressionsstufe (3) kommenden Kältemittelteil zusammengeführt wird und das den Kältemittel-Hauptstrom bildende, von der zweiten Kompressionsstufe (4) kommende Kältemittel nach Wärmeabgabe zum Kühlen des Motors (5) verwendet wird. 20 25
6. Vorrichtung, insbesondere zweistufige Wärmepumpe, Klimatisierungsgerät oder Kälteanlage, zum Durchführen eines Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 5, umfassend einen Motor (5) und einen Kältemittelkreislauf (1), in dem ein zweistufiger Kompressor (2) mit einer ersten Kompressionsstufe (3) und einer zweiten Kompressionsstufe (4) angeordnet ist, der vom Motor (5) antreibbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Motorkühlung derart in den Kältemittelkreislauf (1) eingebunden ist, dass sie von dem gesamten Kältemittelstrom, der im Kältemittelkreislauf zirkuliert, als zweiphasiger Kältemittel-Hauptstrom durchströmbar ist, wobei in Strömungsrichtung hinter der Motorkühlung ein Phasentrennelement (12) angeordnet ist, das über eine Sauggasleitung (17) für einen gasförmigen Kältemittelteil mit der zweiten Kompressionsstufe (4) und über eine erste Leitung (16) für einen flüssigen Kältemittelteil mit der ersten Kompressionsstufe (3) des zweistufigen Kältemittelkompressors (2) verbunden ist. 30 35 40 45 50
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der ersten Leitung (16) vor der ersten Kompressionsstufe (3) ein Verdampfer (14) und gegebenenfalls ein Drosselement (13) sowie gegebenenfalls weitere Bauteile angeordnet sind. 55
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch ge-**

kennzeichnet, dass in einer zweiten Leitung (8) des Kältemittelkreislaufs (1) nach der zweiten Kompressionsstufe (4) ein Kondensator (9) und gegebenenfalls ein Drosselement (11) sowie gegebenenfalls weitere Bauteile angeordnet sind.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Kältemittelkreislauf (1) vor der Motorkühlung eine Mischeinrichtung angeordnet ist, die mit einer von der ersten Kompressionsstufe (3) kommenden Druckgasleitung (6) und der zweiten Leitung (8) verbunden ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Leitung (8) mit der Motorkühlung verbunden ist, wobei eine von der ersten Kompressionsstufe (3) kommende Druckgasleitung (6) in die zur zweiten Kompressionsstufe (4) führende Sauggasleitung (17) mündet.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einer Kältemittelleitung zwischen Motorkühlung (5) und Phasentrennelement (12) weitere Bauteile angeordnet sind.

Claims

1. Method for cooling a motor, which at least drives an at least two-stage compressor (2) of a refrigerant circuit (1) which comprises at least one first compression stage (3) and a second compression stage (4), a refrigerant being led through the refrigerant circuit (1), being brought from a low pressure level to a medium pressure level in the first compression stage (3) and from the medium pressure level to a high pressure level in the second compression stage (4) and, following the second compression stage (4), being expanded to the medium pressure level, dissipating heat, **characterized in that** the motor (5) is cooled with the entire refrigerant stream which circulates in the refrigerant circuit as a two-phase main refrigerant stream which is at the medium pressure level.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** after cooling the motor (5), the main refrigerant stream is separated into a liquid refrigerant fraction and a gaseous refrigerant fraction, wherein the gaseous refrigerant fraction is fed to the second compression stage (4) and the liquid refrigerant fraction is fed to the first compression stage (3) of the two-stage compressor (2) .
3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** before the first compression stage (3) the refrigerant is evaporated, picking up heat, and after the second compression stage (4) is condensed, dissi-

pating heat.

4. Method according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the refrigerant fraction after the first compression stage (3) is combined with the refrigerant fraction coming from the second compression stage (4) after dissipating heat, before it is used for cooling the motor (5).
5. Method according to one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the refrigerant fraction after the first compression stage (3) is fed directly to the second compression stage (4), wherein the gaseous refrigerant fraction after cooling the motor (5) is fed to the second compression stage (4) and is combined with the refrigerant fraction coming from the first compression stage (3), and the refrigerant forming the main refrigerant stream and coming from the second compression stage (4) is used for cooling the motor (5) after dissipating heat.
6. Device, in particular two-stage heat pump, air conditioning appliance or refrigeration system, for carrying out a method according to Claims 1 to 5, comprising a motor (5) and a refrigerant circuit (1), in which there is arranged a two-stage compressor (2) having a first compression stage (3) and a second compression stage (4), which can be driven by the motor (5),
characterized in that
a motor cooling system is incorporated into the refrigerant circuit (1) in such a way that the entire refrigerant stream which circulates in the refrigerant circuit can flow through it as a two-phase main refrigerant stream, wherein, in the flow direction after the motor cooling system, there is arranged a phase separation element (12) which is connected via a suction gas line (17) for a gaseous refrigerant fraction to the second compression stage (4) and via a first line (16) for a liquid refrigerant fraction to the first compression stage (3) of the two-stage refrigerant compressor (2).
7. Device according to Claim 6, **characterized in that** an evaporator (14) and, if appropriate, a throttling element (13) and, if appropriate, further components, are arranged in the first line (16), before the first compression stage (3).
8. Device according to Claim 6 or 7, **characterized in that** a condenser (9) and, if appropriate, a throttling element (11) and, if appropriate, further components, are arranged in a second line (8) of the refrigerant circuit (1), after the second compression stage (4).
9. Device according to one of Claims 6 to 8, **characterized in that** a mixing unit is arranged in the re-

frigerant circuit (1) before the motor cooling system, being connected to a pressurized gas line (6) coming from the first compression stage (3) and to the second line (8).

10. Device according to one of Claims 6 to 8, **characterized in that** the second line (8) is connected to the motor cooling system, wherein a pressurized gas line (6) coming from the first compression stage (3) opens into the suction gas line (17) leading to the second compression stage (4).
11. Device according to one of Claims 6 to 8, **characterized in that** further components are arranged in a refrigerant line between motor cooling system (5) and phase separation element (12).

Revendications

1. Procédé de refroidissement d'un moteur, qui entraîne au moins un compresseur (2) au moins à deux étages d'un circuit de réfrigérant (1) qui comprend au moins un premier étage de compression (3) et un deuxième étage de compression (4), un réfrigérant étant guidé à travers le circuit de réfrigérant (1), lequel est amené dans le premier étage de compression (3) d'un niveau de pression bas à un niveau de pression moyen et dans le deuxième étage de compression (4) du niveau de pression moyen à un niveau de pression élevé et qui est détendu à la suite du deuxième étage de compression (4) par dégagement de chaleur au niveau de pression moyen,
caractérisé en ce que
le moteur (5) est refroidi avec le courant de réfrigérant total qui circule dans le circuit de réfrigérant en tant que courant principal de réfrigérant à deux phases, qui présente le niveau de pression moyen.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le courant principal de réfrigérant, après le refroidissement du moteur (5), est séparé en une partie de réfrigérant liquide et une partie de réfrigérant gazeuse, la partie de réfrigérant gazeuse étant acheminée au deuxième étage de compression (4) et la partie de réfrigérant liquide étant acheminée au premier étage de compression (3) du compresseur (2) à deux étages.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le réfrigérant est évaporé avant le premier étage de compression (3) avec absorption de chaleur et est condensé après le deuxième étage de compression (4) avec dégagement de chaleur.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la partie de réfrigérant après le premier étage de compression (3) est réunie

avec la partie de réfrigérant provenant du deuxième étage de compression (4) après dégagement de chaleur avant l'utilisation pour le refroidissement du moteur (5).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la partie de réfrigérant après le premier étage de compression (3) est acheminée directement au deuxième étage de compression (4), la partie de réfrigérant gazeuse après le refroidissement du moteur (5) étant acheminée au deuxième étage de compression (4) et étant réunie avec la partie de réfrigérant provenant du premier étage de compression (3) et le réfrigérant formant le courant principal de réfrigérant, provenant du deuxième étage de compression (4), étant utilisé après dégagement de chaleur pour refroidir le moteur (5). 5

6. Dispositif, en particulier pompe à chaleur à deux étages, appareil de climatisation ou installation frigorifique, pour mettre en oeuvre un procédé selon les revendications 1 à 5, comprenant un moteur (5) et un circuit de réfrigérant (1) dans lequel est disposé un compresseur (2) à deux étages avec un premier étage de compression (3) et un deuxième étage de compression (4), qui peut être entraîné par le moteur (5), **caractérisé en ce qu'un** refroidissement du moteur est incorporé dans le circuit de réfrigérant (1) de telle sorte qu'il puisse être parcouru par tout l'écoulement de courant de réfrigérant qui circule dans le circuit de réfrigérant sous forme de courant principal de réfrigérant à deux phases, un élément de séparation de phase (12) étant disposé dans la direction d'écoulement derrière le refroidissement du moteur, lequel est connecté par le biais d'une conduite de gaz d'aspiration (17) pour une partie de réfrigérant gazeuse au deuxième étage de compression (4) et par le biais d'une première conduite (16) pour une partie de réfrigérant liquide au premier étage de compression (3) du compresseur de réfrigérant (2) à deux étages. 20
25
30
35
40

7. Dispositif selon la revendication 6, **caractérisé en ce qu'un** évaporateur (14) et éventuellement un élément d'étranglement (13) ainsi qu'éventuellement d'autres composants sont disposés dans la première conduite (16) avant le premier étage de compression (3). 45
50

8. Dispositif selon la revendication 6 ou 7, **caractérisé en ce que** dans une deuxième conduite (8) du circuit de réfrigérant (1) après le deuxième étage de compression (4) sont disposés un condenseur (9) et éventuellement un élément d'étranglement (11) ainsi qu'éventuellement d'autres composants. 55

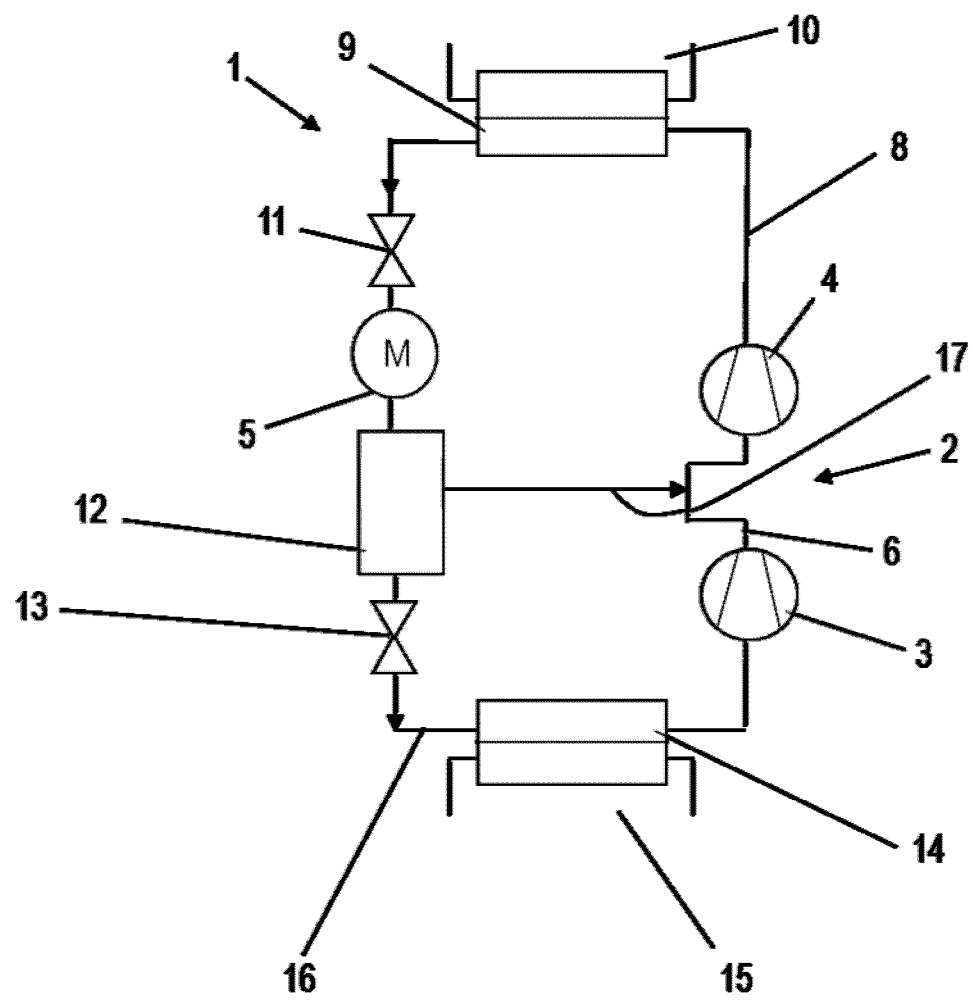
9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications

6 à 8, **caractérisé en ce que** dans le circuit de réfrigérant (8) avant le refroidissement du moteur est disposé un dispositif de mélange qui est connecté à une conduite de gaz sous pression (6) provenant du premier étage de compression (3) et à la deuxième conduite (8).

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, **caractérisé en ce que** la deuxième conduite (8) est connectée au refroidissement du moteur, une conduite de gaz sous pression (6) provenant du premier étage de compression (3) débouchant dans la conduite de gaz d'aspiration (17) conduisant au deuxième étage de compression (4). 10
15

11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 8, **caractérisé en ce que** des composants supplémentaires sont disposés dans une conduite de réfrigérant entre le refroidissement du moteur (5) et l'élément de séparation de phase (12). 20

Fig. 2



WO 2014/173641 INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International PCT/EP2014/056567

PCT/EP2014/056567

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

See continuation sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
5 (complete) ; 1-3, 6-8, 10, 11 (teilweise)

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

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

- US 6070421 A [0007]