



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
17.07.2024 Patentblatt 2024/29

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F25B 25/00^(2006.01) F25B 49/02^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: 23213504.6

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F25B 49/02; F25B 25/005; F25B 2500/222;
F25B 2600/0253; F25B 2700/15; F25B 2700/21151;
F25B 2700/21152; F25B 2700/21156;
F25B 2700/21162; F25B 2700/21163;
F25B 2700/21173; F25B 2700/21174

(22) Anmeldetag: 30.11.2023

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: 16.01.2023 DE 102023100871

(71) Anmelder: Diehl AKO Stiftung & Co. KG
88239 Wangen (DE)

(72) Erfinder:
• Herbert, Thomas
87439 Kempten/Allgäu (DE)
• Deschler, Florian
88147 Achberg (DE)

(74) Vertreter: Diehl Patentabteilung
c/o Diehl Stiftung & Co. KG
Stephanstraße 49
90478 Nürnberg (DE)

(54) VERFAHREN ZUM ÜBERWACHEN VON ARBEITSMITTELVERLUST AUS EINER WÄRMEPUMPE

(57) Um die Effizienz einer Wärmepumpe (10) zu gewährleisten, wird ein automatisches Verfahren zum Überwachen von Arbeitsmittelverlust aus der Wärmepumpe (10) vorgeschlagen, welches ein dauerhaftes Erfassen von Leistungsdaten der Fördervorrichtung (15), ein Erkennen der Schwingung der erfassten Leistungsdaten, die durch Schwingung des Arbeitsmittelmassenstroms ausgewirkt wird, und ein Beurteilen eines Arbeitsmittelverlustes aus der Wärmepumpe (10) basierend auf einer ermittelten Schwingungsänderung der Leistungsdaten aufgrund des veränderten Arbeitsmittelmassenstroms durch Frequenzanalyse der erfassten Leistungsdaten aufweist. Falls auf diese Weise ein Arbeitsmittelverlust aus der Wärmepumpe (10) beurteilt wird, wird vorzugsweise ein entsprechender Hinweis an einen Benutzer ausgegeben, um den Benutzer anzuregen, Reparaturmaßnahmen an der Wärmepumpe durchzuführen, und Benutzer und Umwelt vor Schaden durch ausgetretene Arbeitsmittel zu bewahren.

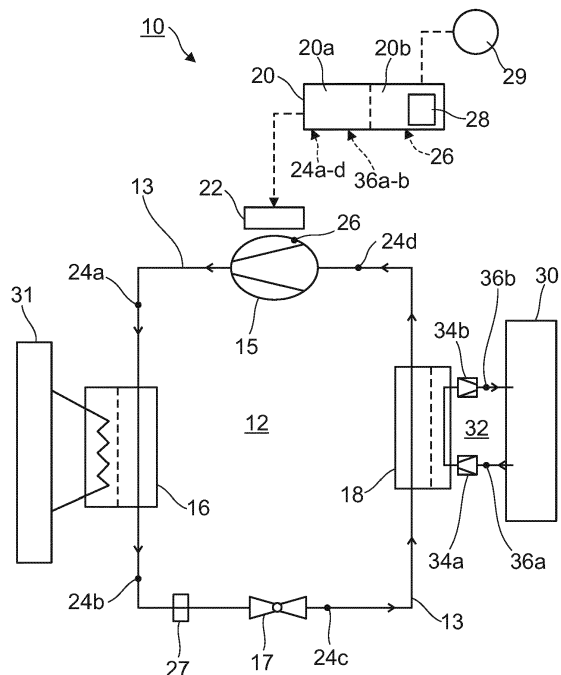


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Überwachen von Arbeitsmittelverlust aus einer Wärmepumpe und auch eine Wärmepumpe, die ein solches Verfahren ausführen kann.

[0002] Eine Wärmepumpe als Kältemaschine oder Heizmaschine hat üblicherweise einen geschlossenen Arbeitsmittelkreislauf mit einer Fördervorrichtung zum Fördern eines Arbeitsmittels durch den Arbeitsmittelkreislauf, eine Antriebsvorrichtung zum Antreiben der Fördervorrichtung und wenigstens einen Wärmeübertrager, in dem das Arbeitsmittel mit einem Nutzmittel eines Nutzmittelkreislaufs für ein thermisches Objekt in Wärmeaustausch steht. Im Laufe der Zeit kann es im Arbeitsmittelkreislauf durch Verschleiß oder Beschädigung zu Leckagen kommen, durch welche das Arbeitsmittel dann aus dem Arbeitsmittelkreislauf austritt. Dies kann sowohl zu einem kurzfristigen Totalverlust des Arbeitsmittels als auch zu einem langfristigen Entweichen des Arbeitsmittels führen. Unterschreitet die Arbeitsmittelmenge im Kältemittelkreislauf einen gewissen Wert, verliert die Maschine an Effizienz; bei einem zunehmenden Arbeitsmittelverlust sinkt der Wirkungsgrad, bis die Maschine aufgrund von Arbeitsmittelmangel komplett ausfällt. Außerdem sind vereinzelte Arbeitsmittel für den Benutzer sowie die Umwelt toxisch und/oder brennbar, sodass eine frühzeitige Leckageerkennung zur Sicherung von Benutzer und Umwelt beitragen soll. Es wurden deshalb für die Detektion von Leckagen der Wärmepumpe bereits Gassensoren und Drucksensoren innerhalb des Wärmepumpengehäuses vorgeschlagen, welche einerseits einen zusätzlichen Herstellungsaufwand durch diese zusätzlichen Sensorsysteme erzeugen und durch welche andererseits nur sehr große Arbeitsmittelverluste erfasst werden können.

[0003] Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Verfahren zum Überwachen von Arbeitsmittelverlust aus einer Wärmepumpe zu entwickeln, durch welches bereits geringe Arbeitsmittelverluste erkennbar sind, damit Reparaturen früher ausgeführt werden können, und welches keinen zu großen Herstellungs- und Kostenaufwand generiert.

[0004] Diese Aufgabe wird gelöst durch das automatische Verfahren zum Überwachen von Arbeitsmittelverlust aus einer Wärmepumpe, das im unabhängigen Anspruch 1 definiert ist. Einige vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen dieses Erfindungsgegenstandes sowie Realisierungen und Anwendungen dieser Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0005] Gemäß der Erfindung wird ein automatisches Verfahren zum Überwachen von Arbeitsmittelverlust aus einer Wärmepumpe (je nach Anwendung als Kältemaschine oder Heizmaschine einsetzbar) mit einem Arbeitsmittelkreislauf mit einer Fördervorrichtung zum Fördern eines Arbeitsmittels (je nach Anwendung zum Beispiel Kältemittel oder Heizmittel) durch den Arbeitsmittelkreislauf, einer Antriebsvorrichtung zum Antreiben der

Fördervorrichtung und wenigstens einem Wärmeübertrager, in dem das Arbeitsmittel mit einem Nutzmittel eines Nutzmittelkreislaufs für ein thermisches Objekt (Kühlobjekt oder Heizobjekt) in Wärmeaustausch steht, vorgeschlagen, bei dem ein dauerhaftes Erfassen von Leistungsdaten der Fördervorrichtung; ein Erkennen der Schwingung der erfassten Leistungsdaten, die durch Schwingung des Arbeitsmittelmassenstroms ausgewirkt wird; ein Durchführen einer Frequenzanalyse der erfassten Leistungsdaten zum Ermitteln, ob sich die Schwingung der Leistungsdaten ändert; und ein Beurteilen, dass ein Arbeitsmittelverlust aus der Wärmepumpe vorhanden ist, wenn ermittelt worden ist, dass sich die Schwingung der Leistungsdaten aufgrund des veränderten Kältemittelmassenstroms ändert, ausgeführt werden.

[0006] Die Leistungsdaten der Fördervorrichtung (insbesondere Verdichter / Kompressor) können durch standardmäßig in der Fördervorrichtung vorhandene Sensorsysteme erfasst werden, sodass in die Wärmepumpe für die Realisierung des vorgeschlagenen Überwachungsverfahrens keine zusätzlichen Sensoren eingesetzt werden müssen. Die Fördervorrichtung treibt einen Arbeitsmittelmassenstrom, wobei sich dieser innerhalb des geschlossenen Arbeitsmittelkreislaufs auf den Antrieb der Fördervorrichtung auswirkt, und wobei dieser zu einer Schwingung führt. Die Schwingungen des Arbeitsmittelmassenstroms wirken sich zum Beispiel über den Rotor auf den Stator der Fördervorrichtung aus und erzeugen somit auch eine Schwingung der Leistungsdaten der Fördervorrichtung, da ein geringerer Massenstrom einen geringeren Widerstand erzeugt und deshalb in der Fördervorrichtung durch den Antrieb der Fördervorrichtung eine schnellere Rotation (zum Beispiel des Rollkolbens der Kompressionsvorrichtung und/oder des Verdichtermotors zum Antreiben der Kompressionsvorrichtung in der Fördervorrichtung) entsteht. Außerdem wird durch einen Verlust des Arbeitsmittels die Schwingung des Arbeitsmittelmassenstroms verändert (eine geringere Arbeitsmittelmasse generiert eine höhere Frequenz der Vibration), wodurch dann auch eine Veränderung der Schwingung der Leistungsdaten der Fördervorrichtung bewirkt wird. Durch das Erfassen und Auswerten der Leistungsdaten der Fördervorrichtung können somit auch schon geringe Arbeitsmittelverluste erkannt werden, die nur eine geringe Veränderung der Vibrationen des Arbeitsmittelmassenstroms und der Leistungsdaten der Fördervorrichtung bewirken.

[0007] Vorzugsweise weist das Überwachungsverfahren ferner ein Ausgeben (z.B. optisch, akustisch und/oder digital) eines Hinweises an einen Benutzer auf, der einen Arbeitsmittelverlust aus der Wärmepumpe anzeigt. Basierend auf einen solchen Hinweis kann der Benutzer eine Reparatur der Wärmepumpe aktivieren und sich und die Umwelt vor ausgeleiteten kritischen Arbeitsmitteln schützen. Vorteilhafterweise kann der an den Benutzer ausgegebene Hinweis abhängig vom Maß der ermittelten Schwingungsänderung der Leistungsdaten einen geringfügigen Arbeitsmittelverlust oder einen Total-

verlust des Arbeitsmittels aus der Wärmepumpe anzeigen.

[0008] In einer Ausgestaltung der Erfindung werden das Erkennen der Schwingung der erfassten Leistungsdaten, die Frequenzanalyse der erfassten Leistungsdaten und das Beurteilen des Arbeitsmittelverlustes aus der Wärmepumpe durch ein computergestütztes Verfahren durchgeführt, welches von einem Benutzer und/oder selbst durch künstliche Intelligenz eingestellt wird.

[0009] Die zu erfassenden Leistungsdaten der Fördervorrichtung enthalten beispielsweise wenigstens einen Parameter, der ausgewählt ist aus einer Rotationsgeschwindigkeit eines Verdichtermotors in der Fördervorrichtung und einer Rotationsgeschwindigkeit einer Kompressionsvorrichtung in der Fördervorrichtung. Insbesondere zusätzlich (aber grundsätzlich auch alternativ möglich) können die zu erfassenden Leistungsdaten der Fördervorrichtung einen elektrischen Widerstand und/oder einen magnetischen Widerstand der Fördervorrichtung enthalten.

[0010] Optional kann das Verfahren ferner ein Erfassen einer Schwingung des Arbeitsmittelmassenstroms (zum Beispiel durch einen Beschleunigungssensor an der Arbeitsmittelleitung) enthalten, um dadurch die erkannte Schwingung der erfassten Leistungsdaten der Fördervorrichtung zu verifizieren, wobei dies vorzugsweise in einem Bereich des Arbeitsmittelkreislaufs ausgeführt wird, in dem das Arbeitsmittel flüssig ist (d.h. zum Beispiel stromab des nach der Fördervorrichtung vorhandenen hochdruckseitigen Wärmeübertragers, in dem der von der Fördervorrichtung geförderte Arbeitsmittelstrom verflüssigt wird).

[0011] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung enthält eine Wärmepumpe einen Arbeitsmittelkreislauf, der eine Fördervorrichtung zum Fördern eines Arbeitsmittels durch den Arbeitsmittelkreislauf, eine Antriebsvorrichtung zum Antreiben der Fördervorrichtung und wenigstens einen Wärmeübertrager, in dem das Arbeitsmittel mit einem Nutzmittel eines Nutzmittelkreislaufs für ein thermisches Objekt (Kühlobjekt oder Heizobjekt) in Wärmeaustausch steht, wobei die Fördervorrichtung eine Leistungssensorik zum Erfassen von Leistungsdaten der Fördervorrichtung aufweist, und wobei die Wärmepumpe ferner eine Auswerteeinheit aufweist, die mit der Leistungssensorik der Fördervorrichtung verbunden ist und konfiguriert ist, um das oben diskutierte automatische Verfahren zum Überwachen von Arbeitsmittelverlust aus der Wärmepumpe gemäß der Erfindung durchzuführen.

[0012] Mit dieser erfindungsgemäßen Wärmepumpe werden dieselben Vorteile wie mit dem erfindungsgemäßen automatischen Überwachungsverfahren erzielt. Bezüglich der Vorteile und Erklärungen wird deshalb auch auf die oben in Bezug auf das Verfahren erläuterten Vorteile und Erklärungen verwiesen.

[0013] Die Wärmepumpe weist vorzugsweise ferner ein Ausgabeelement auf, das mit der Auswerteeinheit verbunden ist und konfiguriert ist, um an einen Benutzer

einen Hinweis auf Arbeitsmittelverlust aus der Wärmepumpe auszugeben (z.B. optisch, akustisch und/oder digital).

[0014] In einer Ausgestaltung der Erfindung enthält die Auswerteeinheit ein computergestütztes Verfahren, das konfiguriert ist, um basierend auf den durch die Leistungssensorik erfassten Leistungsdaten der Fördervorrichtung eine Änderung der Schwingung der Leistungsdaten zu ermitteln, die durch Schwingung des Arbeitsmittelstroms ausgewirkt wird, und den Arbeitsmittelverlust aus der Wärmepumpe zu ermitteln, wenn ermittelt worden ist, dass sich die Schwingung der Leistungsdaten aufgrund des veränderten Arbeitsmittelmassenstroms ändert. Dieses computergestützte Verfahren kann von einem Benutzer und/oder selbst durch künstliche Intelligenz eingestellt werden.

[0015] Die Auswerteeinheit zum Durchführen der Überwachung von Arbeitsmittelverlust aus der Wärmepumpe kann optional mit einer Steuereinheit zum Ansteuern der Antriebsvorrichtung für die Fördervorrichtung integriert sein (wahlweise in einer gemeinsamen Steuerung).

[0016] Optional kann die Wärmepumpe ferner einen Beschleunigungssensor zum Erfassen einer Schwingung des Arbeitsmittelmassenstroms in der Arbeitsmittelleitung des Arbeitsmittelkreislaufs aufweisen. Der Beschleunigungssensor ist ebenfalls mit der Auswerteeinheit verbunden, sodass die Auswerteeinheit durch die so erfasste Schwingung des Arbeitsmittelmassenstroms die erkannte Schwingung der erfassten Leistungsdaten der Fördervorrichtung verifizieren kann. Der Beschleunigungssensor ist vorzugsweise in einem Bereich des Arbeitsmittelkreislaufs vorgesehen, in dem das Arbeitsmittel flüssig ist (d.h. zum Beispiel stromab des nach der Fördervorrichtung vorhandenen hochdruckseitigen Wärmeübertragers, in dem der von der Fördervorrichtung geförderte Arbeitsmittelstrom verflüssigt wird).

[0017] Gegenstand der Erfindung ist auch ein elektronisches Gerät (zum Beispiel als Haushaltsgerät, gewerbliches Gerät oder Fahrzeuggerät), das eine oben beschriebene Wärmepumpe gemäß der Erfindung und wenigstens ein thermisches Objekt (Kühlobjekt oder Heizobjekt), dessen Nutzmittelkreislauf in dem wenigstens einen Wärmeübertrager der Wärmepumpe mit dem Arbeitsmittelkreislauf in Wärmeaustausch steht, aufweist. Das elektronische Gerät kann zum Beispiel ein Waschbehandlungsgerät, ein Kühl- und/oder Gefriergerät, eine Klimaanlage oder dergleichen sein.

[0018] Die Erfindung ist durch die anhängenden Ansprüche definiert. Obige sowie weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden aus der nachfolgenden beispielhaften Beschreibung bevorzugter, nicht-einschränkender Ausführungsbeispiele anhand der beiliegenden Zeichnung besser verständlich. Darin zeigen, zum Teil schematisch:

Fig. 1 den Grundaufbau eines Ausführungsbeispiels einer Wärmepumpe gemäß der Erfindung; und

Fig. 2 ein Flussdiagramm eines Ausführungsbeispiel eines automatischen Überwachungsverfahrens gemäß der Erfindung.

[0019] Bezugnehmend auf Fig. 1 wird ein Ausführungsbeispiel einer Wärmepumpe gemäß der Erfindung beispielhaft in Form einer Kälteanlage für ein Kühlobjekt erläutert. Alternativ kann diese Wärmepumpe auch als Heizanlage für ein Heizobjekt eingesetzt werden. Das thermische Objekt kann zum Beispiel ein Aggregat eines Haushaltsgeräts sein, beispielsweise eines Wäschebehandlungsgeräts, eines Kühl- und/oder Gefriergeräts, einer Klimaanlage, etc.

[0020] Die Wärmepumpe 10 hat einen Arbeitsmittelkreislauf 12 für ein Arbeitsmittel (z.B. Kältemittel R134a), der entlang der Arbeitsmittelleitung 13 eine Arbeitsmittel-Fördervorrichtung 15 in Form eines Verdichters oder Kompressors, einen hochdruckseitigen Wärmeübertrager 16 in Form eines Verflüssigers oder Kondensators, ein Expansionsorgan 17 in Form eines Expansionsventils oder einer Drossel und einen niederdruckseitigen Wärmeübertrager 18 in Form eines Verdampfers aufweist. Das gasförmige Arbeitsmittel wird zunächst im Verdichter 15 komprimiert und dann im Verflüssiger 16 unter Wärmeabgabe zum Beispiel an die Umgebung verflüssigt. Anschließend wird das verflüssigte Arbeitsmittel durch das Expansionsventil 17 entspannt. Im anschließenden Verdampfer 18 verdampft das Arbeitsmittel unter Wärmeaufnahme bei niedriger Temperatur, um dann wieder im Verdichter 15 komprimiert zu werden.

[0021] Am Verdampfer 18 steht der Arbeitsmittelkreislauf 12 mit einem Nutzmittelkreislauf 32 eines Kühlobjekts 30 in Form zum Beispiel eines Kühlraums in Wärmeaustausch. Wie in Fig. 1 angedeutet, enthält der Nutzmittelkreislauf 32 im Bereich des Verdampfers 18 wenigstens einen Nutzmittelförderer 34a, 34b stromauf oder stromab des Verdampfers 18 zum Fördern des Nutzmittels (z.B. Kaltluftstrom) durch den Verdampfer, und vorzugsweise auch wenigstens einen Temperatursensor 36a, 36b stromauf oder stromab des Verdampfers.

[0022] Wie in Fig. 1 dargestellt, enthält die Wärmepumpe 10 ferner eine Steuereinheit 20a zum Regeln des Betriebs der Komponenten 14, 16, 17, 18 des Arbeitsmittelkreislaufs 12 und vorzugsweise auch des wenigstens einen Nutzmittelförderers 34a, 34b des Nutzmittelkreislaufs 32. Die Steuereinheit 20a ist beispielsweise mit mehreren Kreislaufsensoren 24a, 24b, 24c, 24d zum Erfassen von Temperatur und/oder Druck des Arbeitsmittels an verschiedenen Stellen des Arbeitsmittelkreislaufs 12 und auch dem wenigstens einen Temperatursensor 36a, 36b des Nutzmittelkreislaufs 32 zum Erfassen der Temperatur des Nutzmittels (jeweils drahtlos oder leitungsgebunden) verbunden. Die Steuereinheit 20a steuert basierend auf den erhaltenen Parametern insbesondere eine Antriebsvorrichtung 22 zum Betreiben des Verdichters 15 an, um die Kälteleistung des Arbeitsmittelkreislaufs 12 zu regeln, um den Kältebedarf des Kühlobjekts 30 zu erfüllen.

jekts 30 zu erfüllen.

[0023] Im Laufe der Zeit kann es durch Verschleiß oder Beschädigung des Arbeitsmittelkreislaufs 12 zur Leckage kommen, wodurch das Arbeitsmittel aus dem Arbeitsmittelkreislauf 12 entweichen kann. Wie in Fig. 1 dargestellt, enthält die Wärmepumpe 10 deshalb außerdem eine Auswerteeinheit 20b zum Durchführen einer Überwachung von Arbeitsmittelverlust aus der Wärmepumpe 10. Diese Auswerteeinheit 20b ist in diesem Ausführungsbeispiel mit der Steuereinheit 20a in einer gemeinsamen Steuerung 20 integriert. Alternativ können die Steuereinheit 20a und die Auswerteeinheit 20b aber auch in separaten Steuerungen enthalten sein, wobei die separaten Steuerungen dann bevorzugt miteinander verbunden sind.

[0024] Die Auswerteeinheit 20b ist mit einer Leistungssensorik 26 im Verdichter 15 verbunden, um dauerhaft Leistungsdaten des Verdichters 15 zu erfassen. Eine solche Leistungssensorik 26 ist standardgemäß in einem Verdichter 15 enthalten. Der Verdichter 15 enthält zum Beispiel eine Kompressionsvorrichtung zum Komprimieren des aus der Arbeitsmittelleitung 13 eingeleiteten Arbeitsmittelmassenstroms vor der Ausgabe in die Arbeitsmittelleitung 13 und einen Verdichtermotor zum Antreiben der Kompressionsvorrichtung. Dementsprechend enthalten die von der Leistungssensorik 26 erfassten Leistungsdaten die Rotationsgeschwindigkeit des Verdichtermotors (insbesondere seines Rotors oder seiner mit der Kompressionsvorrichtung verbundenen Antriebswelle) und/oder die Rotationsgeschwindigkeit der Kompressionsvorrichtung (zum Beispiel ihres Rollkolbens).

[0025] Zusätzlich können die von der Leistungssensorik 26 zu erfassenden Leistungsdaten des Verdichters auch einen elektrischen Widerstand und/oder einen magnetischen Widerstand des Verdichters 15 enthalten, denn das Arbeitsmittel hat auch einen kühlenden Effekt auf den Verdichter 15 in Abhängigkeit vom Arbeitsmittelmassenstrom und dessen Temperatur. Optional kann in der Arbeitsmittelleitung 13 auch noch ein Beschleunigungssensor 27 vorhanden sein (vorzugsweise stromab des Kondensators 16, durch den der Arbeitsmittelmassenstrom im Arbeitsmittelkreislauf verflüssigt wird), der ebenfalls mit der Auswerteeinheit 20b verbunden ist.

[0026] Wie in Fig. 1 veranschaulicht, ist die Auswerteeinheit 20b vorzugsweise auch mit einem Ausgabeelement 29 verbunden, mit dem ein Hinweis auf einen beurteilten Arbeitsmittelverlust aus der Wärmepumpe 10 ausgegeben werden kann. Je nach Struktur des Ausgabeelements 29 kann der Hinweis dem Benutzer der Wärmepumpe 10 zum Beispiel optisch und/oder akustisch ausgegeben werden. Wahlweise kann der Hinweis auch digital ausgegeben werden, d.h. zum Beispiel drahtlos oder über ein Netzwerk zu einem Benutzergerät (z.B. Mobiltelefon).

[0027] Außerdem enthält die Auswerteeinheit 20b vorzugsweise ein computergestütztes Verfahren 28 zum Ermitteln einer Änderung der Schwingung der Leistungs-

daten und den entsprechenden Arbeitsmittelverlust aus der Wärmepumpe 10 basierend auf den durch die Leistungssensorik 26 erfassten Leistungsdaten des Verdichters 15, wobei dieses computergestützte Verfahren 28 von einem Benutzer und/oder selbst durch künstliche Intelligenz einstellbar sein kann. Optional können Algorithmen, welche der künstlichen Intelligenz zugeschrieben werden, verwendet werden.

[0028] Wie oben erläutert, ist im Ausführungsbeispiel von Fig. 1 an den Verdampfer 18 des Arbeitsmittelkreislaufs 12 ein Kühlobjekt 30 zum Abkühlen des Nutzmittels durch das Arbeitsmittel gekoppelt. Wie in Fig. 1 angedeutet, kann alternativ oder zusätzlich an den Kondensator 16 des Arbeitsmittelkreislaufs 12 ein Heizobjekt 31 zum Aufwärmen des Nutzmittels durch das Arbeitsmittel gekoppelt sein.

[0029] Bezugnehmend auf Fig. 2 wird nun das erfindungsgemäße automatische Verfahren 100 zum Überwachen von Arbeitsmittelverlust aus der oben erläuterten und in Fig. 1 veranschaulichten Wärmepumpe 10 erläutert.

[0030] In einem ersten Schritt S110 werden dauerhaft die Leistungsdaten des Verdichters 15 erfasst. Im Schritt S112 erkennt die Auswerteeinheit 20b die Schwingung der erfassten Leistungsdaten, die durch Schwingung des Arbeitsmittelmassenstroms durch den Arbeitsmittelkreislauf 12 ausgewirkt wird.

[0031] Dann führt die Auswerteeinheit 20b eine Frequenzanalyse der erfassten Leistungsdaten durch, wodurch ermittelt werden kann, ob sich die Schwingung der Leistungsdaten ändert. Die Schwingung der Leistungsdaten ändert sich entsprechend der Änderung der Schwingung des Arbeitsmittelmassenstroms, welche durch einen Verlust der Kältemittel verursacht wird. Bei einer geringeren Arbeitsmittelmasse im Arbeitsmittelmassenstrom bekommt die Schwingung eine höhere Frequenz. Wenn die Auswerteeinheit 20b auf diese Weise eine Veränderung der Schwingung der Leistungsdaten aufgrund des veränderten Arbeitsmittelstroms ermittelt, beurteilt sie in Schritt S116, dass ein entsprechender Arbeitsmittelverlust aus der Wärmepumpe 10 vorhanden ist. Die auf diese Weise ermittelte Veränderung der Leistungsdaten kann, wie oben bereits erwähnt, optional durch eine erfasste Veränderung der Schwingung des Arbeitsmittelmassenstroms verifiziert werden. Bei einer geringen Veränderung der Schwingung der Leistungsdaten wird ein geringfügiger Arbeitsmittelverlust beurteilt, und bei einer starken Änderung der Schwingung der Leistungsdaten wird ein Totalverlust des Arbeitsmittels aus der Wärmepumpe 10 beurteilt.

[0032] Falls in Schritt S116 ein geringfügiger oder totaler Arbeitsmittelverlust aus der Wärmepumpe 10 beurteilt worden ist, wird in einem nächsten Schritt S118 ein entsprechender Hinweis, der den Arbeitsmittelverlust anzeigt, über das Ausgabeelement 29 ausgegeben (z.B. optisch, akustisch und/oder digital).

[0033] Durch diesen Hinweis, der durch das automatische Überwachungsverfahren der Wärmepumpe 10

ausgegeben wird, kann der Benutzer auch schon bei einem geringfügigen Arbeitsmittelverlust eine entsprechende Reparatur der Wärmepumpe 10 durchführen oder veranlassen, um einen effizienten Betrieb der Wärmepumpe 10 aufrechtzuerhalten bzw. wieder einzurichten.

[0034] Wie in Fig. 2 angedeutet, werden das Erfassen der Leistungsdaten des Verdichters 15 und die entsprechenden Auswertungen durch die Auswerteeinheit 20b weiter durchgeführt, wenn noch kein Arbeitsmittelverlust vorhanden ist, und vorzugsweise auch noch nach einem beurteilten Arbeitsmittelverlust (insbesondere im Fall eines geringfügigen Arbeitsmittelverlusts).

[0035] Die Erfindung ist durch die anhängenden Ansprüche definiert. Die oben erläuterten Ausführungsbeispiele dienen nur dem besseren Verständnis der Erfindung, sollen aber nicht den durch die Ansprüche definierten Schutzbereich einschränken. Wie für den Fachmann ersichtlich, sind auch noch andere Ausführungsformen im Rahmen der Erfindung möglich, insbesondere durch Weglassen einzelner Merkmale aus den oder Hinzufügen zusätzlicher Merkmale in die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele.

25 BEZUGSZIFFERNLISTE

[0036]

10	Wärmepumpe (als Kälteanlage oder Heizanlage)
12	Arbeitsmittelkreislauf
13	Arbeitsmittelleitung
15	Fördervorrichtung, insbes. Verdichter / Kompressor
16	hochdruckseitiger Wärmeübertrager, insbes. Verflüssiger / Kondensator
17	Expansionsorgan, insbes. Expansionsventil / Drossel
18	niederdruckseitiger Wärmeübertrager, insbes. Verdampfer
20	Steuerung
20a	Steuereinheit für Betrieb der Fördervorrichtung
20b	Auswerteeinheit für Überwachungsverfahren
22	Antriebsvorrichtung für 15
24a-d	Kreislaufsensoren für Temperatur / Druck des Arbeitsmittels in 13
26	Leistungssensorik in 15
27	Beschleunigungssensor in 13
28	computergestütztes Verfahren in 20b
29	Ausgabeelement
30	thermisches Objekt (Kühlobjekt bei 18)
31	thermisches Objekt (Heizobjekt bei 16)
32	Nutzmittelkreislauf
34a	Nutzmittelförderer stromauf 16 / 18
34b	Nutzmittelförderer stromab 16 / 18
36a	Nutzmittel-Temperatursensor stromauf 16 / 18
36b	Nutzmittel-Temperatursensor stromab 16 / 18
100	Verfahren

Patentansprüche

1. Automatisches Verfahren (100) zum Überwachen von Arbeitsmittelverlust aus einer Wärmepumpe (10), wobei die Wärmepumpe (10) einen Arbeitsmittelkreislauf (12) mit einer Fördervorrichtung (15) zum Fördern eines Arbeitsmittels durch den Arbeitsmittelkreislauf (12), eine Antriebsvorrichtung (22) zum Antreiben der Fördervorrichtung (15) und wenigstens einen Wärmeübertrager (16, 18), in dem das Arbeitsmittel mit einem Nutzmittel eines Nutzmittelkreislaufs (32) für ein thermisches Objekt (30, 31) in Wärmeaustausch steht, aufweist, wobei das Verfahren (100) aufweist:

dauerhaftes Erfassen (S110) von Leistungsdaten der Fördervorrichtung (15); Erkennen (S112) der Schwingung der erfassten Leistungsdaten, die durch Schwingung des Arbeitsmittelmassenstroms ausgewirkt wird; Durchführen einer Frequenzanalyse (S114) der erfassten Leistungsdaten zum Ermitteln, ob sich die Schwingung der Leistungsdaten ändert; und Beurteilen (S116), dass ein Arbeitsmittelverlust aus der Wärmepumpe (10) vorhanden ist, wenn ermittelt worden ist, dass sich die Schwingung der Leistungsdaten aufgrund des veränderten Arbeitsmittelmassenstroms ändert.
2. Verfahren (100) nach Anspruch 1, ferner aufweisend ein Ausgeben (S118) eines Hinweises an einen Benutzer, der einen Arbeitsmittelverlust aus der Wärmepumpe (10) anzeigt.
3. Verfahren (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem das Erkennen der Schwingung (S112) der erfassten Leistungsdaten, die Frequenzanalyse (S114) der erfassten Leistungsdaten und das Beurteilen (S116) des Arbeitsmittelverlustes aus der Wärmepumpe durch ein computergestütztes Verfahren (28) durchgeführt werden, wobei das computergestützte Verfahren (18) von einem Benutzer und/oder selbst durch künstliche Intelligenz eingestellt wird.
4. Verfahren (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die zu erfassenden Leistungsdaten der Fördervorrichtung (15) wenigstens einen Parameter enthalten, der ausgewählt ist aus einer Rotationsgeschwindigkeit eines Verdichtermotors in der Fördervorrichtung (15) und einer Rotationsgeschwindigkeit einer Kompressionsvorrichtung in der Fördervorrichtung (15).
5. Verfahren (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem die zu erfassenden Leistungsdaten der Fördervorrichtung (15) einen elektrischen Widerstand und/oder einen magnetischen Widerstand der Fördervorrichtung (15) enthalten.
6. Verfahren (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner aufweisend ein Erfassen einer Schwingung des Arbeitsmittelmassenstroms zum Verifizieren der erkannten Schwingung der erfassten Leistungsdaten der Fördervorrichtung, vorzugsweise in einem Bereich des Arbeitsmittelkreislaufs (12), in dem das Arbeitsmittel flüssig ist.
7. Verfahren (100) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, bei welchem der an den Benutzer ausgegebene Hinweis abhängig vom Maß der ermittelten Schwingungsänderung der Leistungsdaten einen geringfügigen Arbeitsmittelverlust oder einen Totalverlust des Arbeitsmittels aus der Wärmepumpe (10) anzeigt.
8. Wärmepumpe (10), aufweisend einen Arbeitsmittelkreislauf (12), der aufweist:

eine Fördervorrichtung (15) zum Fördern eines Arbeitsmittels durch den Arbeitsmittelkreislauf (12),
eine Antriebsvorrichtung (22) zum Antreiben der Fördervorrichtung (15), und wenigstens einen Wärmeübertrager (16, 18), in dem das Arbeitsmittel mit einem Nutzmittel eines Nutzmittelkreislaufs (32) für ein thermisches Objekt (30, 31) in Wärmeaustausch steht;
wobei die Fördervorrichtung (15) eine Leistungssensorik (26) zum Erfassen von Leistungsdaten der Fördervorrichtung (15) aufweist; und
wobei die Wärmepumpe (10) ferner eine Auswerteeinheit (20b) aufweist, die mit der Leistungssensorik (26) der Fördervorrichtung (15) verbunden ist und konfiguriert ist, um das automatische Verfahren (100) zum Überwachen von Arbeitsmittelverlust aus der Wärmepumpe (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 durchzuführen.
9. Wärmepumpe (10) nach Anspruch 8, ferner aufweisend ein Ausgabeelement (29), das mit der Auswerteeinheit (20b) verbunden ist und konfiguriert ist, um an einen Benutzer einen Hinweis auf Arbeitsmittelverlust aus der Wärmepumpe (10) auszugeben.
10. Wärmepumpe (10) nach Anspruch 8 oder 9, bei welcher die Auswerteeinheit (20b) ein computergestütztes Verfahren (28) enthält, das konfiguriert ist, um basierend auf den durch die Leistungssensorik (26) erfassten Leistungsdaten der Fördervorrichtung (15) eine Änderung der Schwingung der Leistungsdaten, die durch Schwingung des Arbeitsmittelmassenstroms ausgewirkt wird, und, wenn ermittelt worden ist, dass sich die Schwingung der Leistungsda-

ten aufgrund des veränderten Arbeitsmittelmassenstroms ändert, den Arbeitsmittelverlust aus der Wärmepumpe (10) zu ermitteln, wobei das computergestützte Verfahren (28) von einem Benutzer und/oder selbst durch künstliche Intelligenz einstellbar ist.

5

11. Wärmepumpe (10) nach einem der Ansprüche 8 bis 10, ferner aufweisend einen Beschleunigungssensor (27) zum Erfassen einer Schwingung des Arbeitsmittelmassenstroms in der Arbeitsmittelleitung (13) des Arbeitsmittelkreislaufs (12), wobei der Beschleunigungssensor (27) ebenfalls mit der Auswerteeinheit (20b) verbunden ist, und wobei der Beschleunigungssensor (27) vorzugsweise in einem Bereich des Arbeitsmittelkreislaufs (12) vorgesehen ist, in dem das Arbeitsmittel flüssig ist.

10

15

12. Elektronisches Gerät, aufweisend:

eine Wärmepumpe (10) nach einem der Ansprüche 8 bis 11; und
wenigstens ein thermisches Objekt (30, 31), dessen Nutzmittelkreislauf (32) in dem wenigstens einen Wärmeübertrager (16, 18) der Wärmepumpe (10) mit dem Arbeitsmittelkreislauf (12) in Wärmeaustausch steht.

20

25

30

35

40

45

50

55

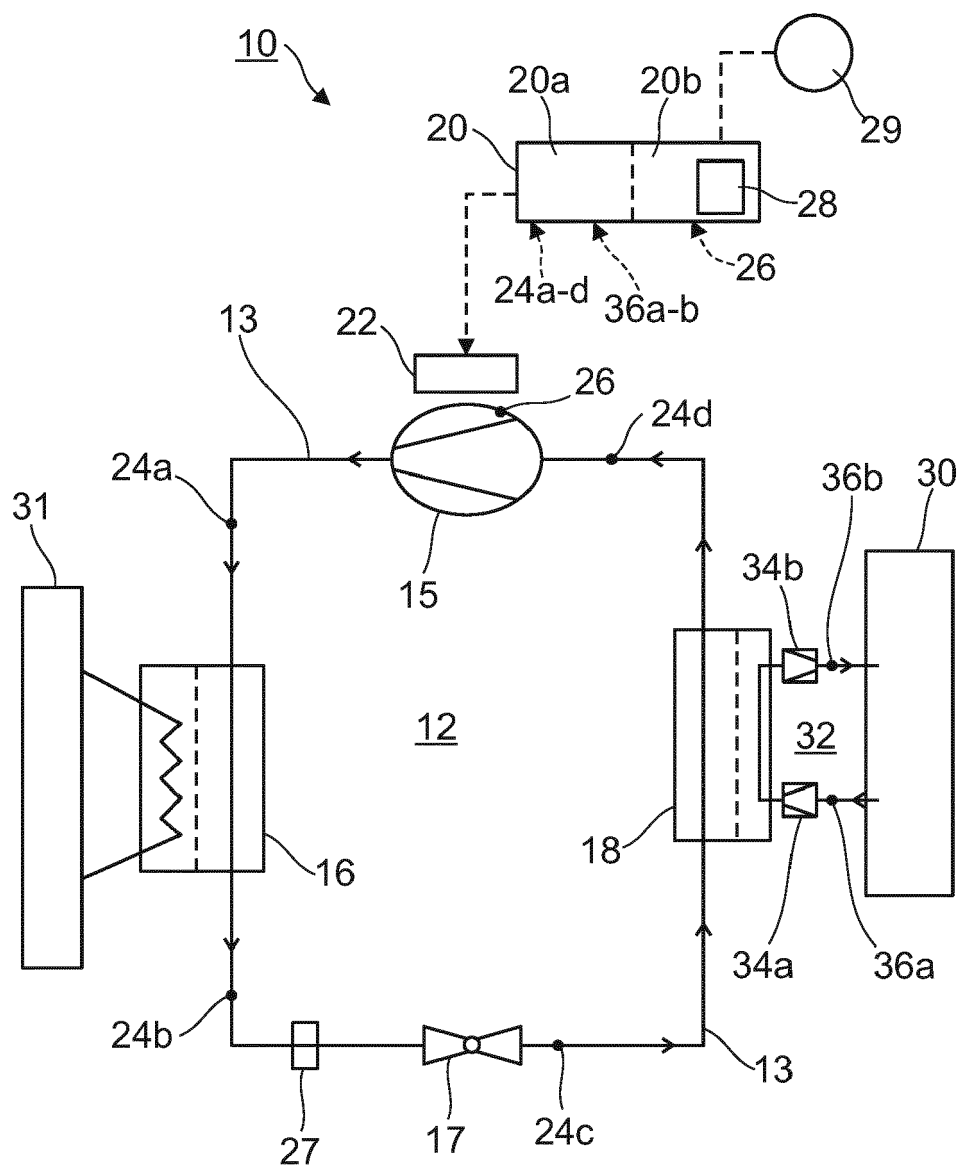


Fig. 1

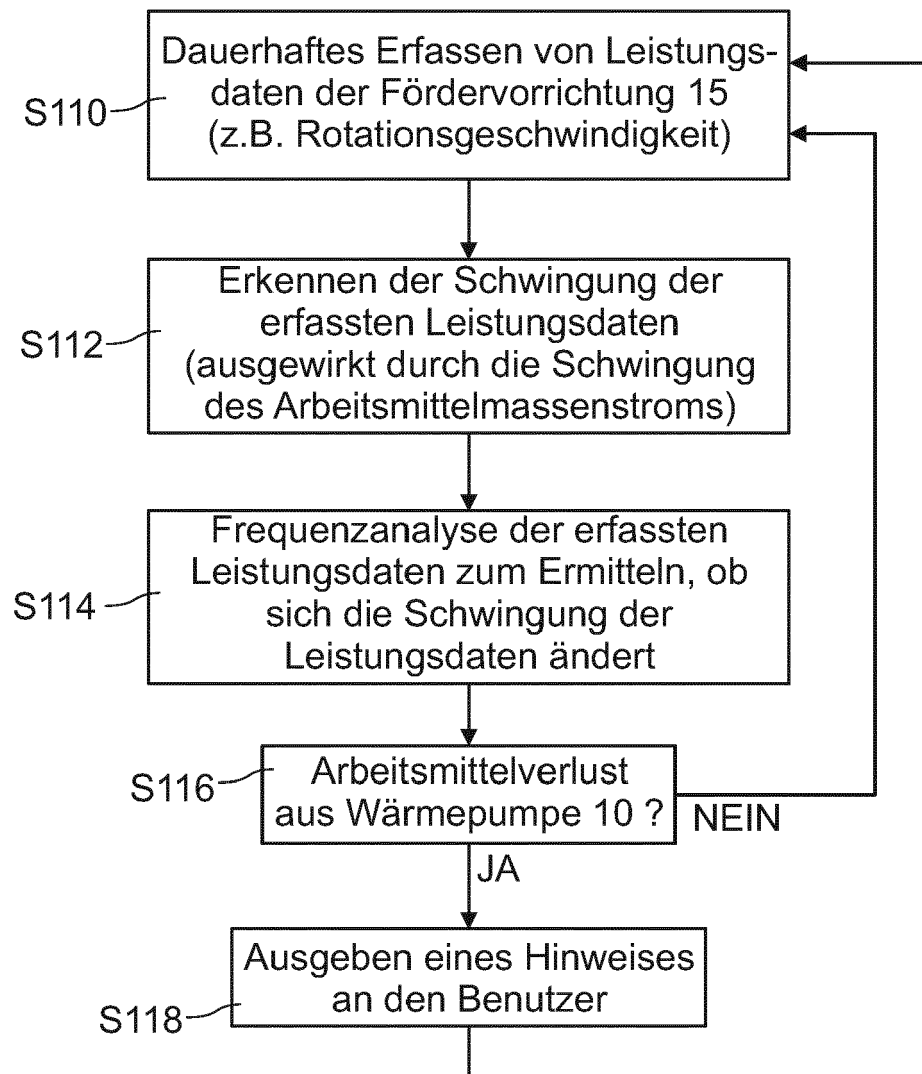
Automatisches Überwachungsverfahren (100)

Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 21 3504

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2020/084299 A1 (CENTRICA PLC [GB]) 30. April 2020 (2020-04-30)	1-5, 7-10, 12	INV. F25B25/00
Y	* das ganze Dokument *	6, 11	F25B49/02

X	EP 3 859 249 A1 (DAIKIN IND LTD [JP]) 4. August 2021 (2021-08-04)	1-12	
	* das ganze Dokument *		

X	DE 10 2020 214846 A1 (ZAYANI AMIN [DE]) 2. Juni 2022 (2022-06-02)	1-5, 7-10, 12	
Y	* Absatz [0043] - Absatz [0066]; Ansprüche 1, 2 *	6, 11	

A	DE 10 2017 122126 A1 (VAILLANT GMBH [DE]) 28. März 2019 (2019-03-28)	1-12	
	* das ganze Dokument *		

A	EP 3 786 516 A2 (VAILLANT GMBH [DE]) 3. März 2021 (2021-03-03)	1-12	
	* das ganze Dokument *		

A	DE 10 2004 019929 A1 (SIEMENS AG [DE]) 1. Dezember 2005 (2005-12-01)	1-12	
	* das ganze Dokument *		

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 23. April 2024	Prüfer Gaspar, Ralf
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 23 21 3504

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

23-04-2024

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2020084299 A1	30-04-2020	GB 2578332 A	06-05-2020
		WO 2020084299 A1	30-04-2020
EP 3859249 A1	04-08-2021	CN 112752938 A	04-05-2021
		DK 3859249 T3	13-11-2023
		EP 3859249 A1	04-08-2021
		JP 6887979 B2	16-06-2021
		JP 2020056509 A	09-04-2020
		US 2022034568 A1	03-02-2022
		WO 2020067296 A1	02-04-2020
DE 102020214846 A1	02-06-2022	DE 102020214846 A1	02-06-2022
		US 2024003614 A1	04-01-2024
		WO 2022111773 A1	02-06-2022
DE 102017122126 A1	28-03-2019	DE 102017122126 A1	28-03-2019
		DK 3477274 T3	10-08-2020
		EP 3477274 A1	01-05-2019
		ES 2810005 T3	08-03-2021
		HR P20201204 T1	05-02-2021
		PL 3477274 T3	02-11-2020
EP 3786516 A2	03-03-2021	DE 102019123044 A1	04-03-2021
		EP 3786516 A2	03-03-2021
DE 102004019929 A1	01-12-2005	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82