

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets

(11)



EP 1 497 597 B1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**18.10.2006 Patentblatt 2006/42**

(21) Anmeldenummer: **03746812.1**

(22) Anmeldetag: **12.04.2003**

(51) Int Cl.:  
**F25B 49/00 (2006.01)**      **F25B 49/02 (2006.01)**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/DK2003/000251**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2003/089854 (30.10.2003 Gazette 2003/44)**

### (54) VERFAHREN ZUM ENTDECKEN VON ÄNDERUNGEN IN EINEM ERSTEN MEDIENSTROM EINES WÄRME-ODER KÄLTETRANSPORTMEDIUMS IN EINER KÄLTEANLAGE

METHOD FOR DETECTING CHANGES IN A FIRST FLUX OF A HEAT OR COLD TRANSPORT MEDIUM IN A REFRIGERATION SYSTEM

PROCEDE PERMETTANT LA DETECTION DE MODIFICATIONS DANS UN PREMIER FLUX D'UN MILIEU DE TRANSPORT DE CHALEUR OU DE FROID DANS UN SYSTEME DE REFRIGERATION

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **22.04.2002 DE 10217975**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**19.01.2005 Patentblatt 2005/03**

(73) Patentinhaber: **Danfoss A/S  
6430 Nordborg (DK)**

(72) Erfinder:  
**• THYBO, Claus  
DK-6400 Sønderborg (DK)**

- **RASMUSSEN, Bjarne, Dindler  
DK-6400 Sønderborg (DK)**
- **IZADI-ZAMANABAD, Roozbeh  
DK-9270 Klarup (DK)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A-87/05097 US-A- 4 325 223  
US-A- 4 611 470 US-A- 4 621 502  
US-A- 4 768 346 US-A- 5 289 692  
US-A- 5 689 963 US-A- 6 128 910  
US-A1- 2003 019 221 US-B1- 6 223 544**

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 01, 31. Januar 1996 (1996-01-31) & JP 07 234043 A (HITACHI BUILDING SYST ENG & SERVICE CO LTD), 5. September 1995 (1995-09-05)**

**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Entdecken von Änderungen in einem ersten Medienstrom eines Wärme- oder Kältetransportmediums in einer Kälteanlage, in der der erste Medienstrom durch einen Wärmetauscher geführt wird, in dem ein Wärmeübergang zwischen dem ersten Medienstrom und einem zweiten Medienstrom eines Wärme- oder Kälteträgers erfolgt.

[0002] Die US 6,128,910 beschreibt ein Verfahren zur Diagnostisierung einer Kälteanlage zum Kühlen von Luft. Bei dem Verfahren werden physikalische Größen der Luft, die einem Wärmetauscher der Anlage passiert, mit einer Fühleranordnung (48), die Teil einer Messeinheit (44) ist, gemessen. Die gemessenen Größen sind: Lufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Volumenstrom der Luft. Anhand der Lufttemperatur und die relative Luftfeuchtigkeit wird die Enthalpieänderung der Luft bei Passage des Wärmetauschers bestimmt. Die Änderung wird, zusammen mit dem Volumenstrom, benutzt um verringerte Luftdurchströmung, verringerte Wärmeübertragung, sowie verringelter SHR festzustellen. Anhand zusätzlicher Messungen der Kältemitteltemperatur in der Saugleitung sowie der Temperatur des flüssigen Kältemittels zwischen Verflüssiger und Expansionsventil, kann die Kältemittelfüllung untersucht werden.

[0003] Um die Erfindung zu erläutern, wird nachfolgend eine Verkaufskühltruhe als Beispiel für eine Kälteanlage gewählt. Sie ist aber auch bei anderen Kälteanlagen anwendbar. Bei einer Verkaufskühltruhe, wie sie beispielsweise in Supermärkten verwendet wird, um gekühlte oder gefrorene Produkte zum Verkauf bereitzuhalten, zirkuliert ein Luftstrom, der den ersten Medienstrom bildet, in einem Luftkanal, in dem ein Verdampfer angeordnet ist. Der Verdampfer ist ein Wärmetauscher, dem auf einer Seite ein Kältemittel, also der zweite Medienstrom, in einem flüssigen oder zweiphasigen Zustand (gasförmig und flüssig) zugeführt wird. Wenn die Luft auf der anderen Seite über den Verdampfer geführt wird, erfolgt ein Wärmeübergang von der Luft auf das Kältemittel und die Luft wird gekühlt. Ein anderes Beispiel für einen Wärmetauscher ist der Kondensator, über den Luft geführt wird, um das Kältemittel zu verflüssigen. Dabei wird dem Kältemittel Wärme entzogen.

[0004] Man möchte bei einer derartigen Kälteanlage mit einer gewissen Zuverlässigkeit feststellen können, ob der Luftstrom in einem ausreichenden Maße zirkulieren kann, d.h., man möchte feststellen, ob Störungen aufgetreten sind. Derartige Störungen können beispielsweise dadurch verursacht werden, daß ein Ventilator ausfällt, daß der Verdampfer vereist, daß sich Verschmutzungen im Luftkanal festsetzen oder Gegenstände, wie Verkaufsschilder oder Waren, den Luftkanal versperren und den Strömungswiderstand für die Luftmenge vergrößern und dadurch den Luftstrom behindern.

[0005] Eine derartige Fehlererkennung sollte möglichst erfolgen, bevor die Kühlleistung der Kälteanlage zu stark abgenommen hat. Wenn ein Fehler sich erst bei einer Temperaturerhöhung erkennen läßt, kann es für die gekühlten oder gefrorenen Produkte bereits zu spät sein, d.h. es besteht das Risiko, daß diese Produkte verderben. In vielen Fällen bedeutet eine Störung des Luftstroms aber bereits lange vor einer Beschädigung der gekühlten Produkte, daß die Kälteanlage nicht in ihrem optimalen Betriebspunkt betrieben wird. Wenn also ein Fehler aufgetreten ist, können einzelne Komponenten der Kälteanlage öfter belastet werden, was ihre Lebensdauer herabsetzt. Dies läßt sich problemlos am Beispiel von Ventilatoren nachvollziehen. Wenn einer von mehreren Ventilatoren ausfällt, können der oder die übrigen Ventilatoren nach wie vor noch den zur Erzeugung der Kälteleistung erforderlichen Luftstrom durch die Kälteanlage treiben. Die verbleibenden Ventilatoren werden aber öfter belastet. Neben einer Verringerung der Lebensdauer der Komponenten, beispielsweise der Ventilatoren, hat ein Fehler den Nachteil eines erhöhten Energieverbrauchs. Die Kälteanlage wird nicht in ihrem optimalen Betriebspunkt betrieben. Auch aus diesem Grunde ist die Erkennung von Fehlern wichtig.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Änderungen im ersten Medienstrom möglichst früh erkennen zu können.

[0007] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß man zur Überwachung des durch den Wärmetauscher strömenden ersten Medienstromes die Änderung der Enthalpie des zweiten Medienstromes oder eine davon abgeleitete Größe ermittelt.

[0008] Wenn der erste Medienstrom durch einen Luftstrom gebildet ist, ist die Ermittlung der Masse der durchströmenden Luft durch eine Messung des Luftstromes selbst relativ schwierig. Eine derartige Messung würde im übrigen den Luftstrom auch behindern, was unerwünscht ist. Man wählt daher einen anderen Weg: man geht davon aus, daß der Luftstrom eine gewisse Wärmemenge transportiert und damit einen gewissen Energieinhalt hat. Der Energieinhalt läßt sich auch als Enthalpie bezeichnen. Diese Wärmemenge wird im Wärmetauscher an das Kältemittel abgegeben (oder im Falle des Kondensators vom Kältemittel abgegeben). Wenn man nun diese Wärmemenge erfassen kann, dann hat man eine Aussage darüber, wie viel Luft durch den Verdampfer, d.h. den Wärmetauscher geführt wird. Diese Aussage reicht aus, um zu erkennen, ob ein Fehler aufgetreten ist oder nicht. Die von der Luft abgegebene Wärme pro Zeit entspricht der vom Kältemittel aufgenommenen Wärme pro Zeit. Dieses Gleichgewicht ist die Grundlage des Verfahrens zur Entdeckung eines verringerten Luftstromes im Kanal. Man kann diese tatsächliche Luftmenge beispielsweise mit einem Sollwert vergleichen. Wenn dieser Istwert nicht mit dem Sollwert übereinstimmt, wird dies als eine Verringerung des Luftstromes interpretiert und man kann beispielsweise einen Fehler anzeigen. Diese Fehleranzeige kann in einem relativ frühen Stadium erfolgen, also lange bevor eine starke Überlastung der Kälteanlage aufgetreten ist oder sogar

eine unerwünschte Temperaturerhöhung eingetreten ist. Die gleiche Vorgehensweise gilt natürlich auch dann, wenn anstelle von Luft ein anderes Medium, beispielsweise eine Flüssigkeit oder eine Sole, als erster Medienstrom verwendet wird.

**[0009]** Vorzugsweise ermittelt man zur Bestimmung der Änderung der Enthalpie des zweiten Medienstromes einen Massenstrom und eine spezifische Enthal piedifferenz des zweiten Medienstromes über den Wärmetauscher. Die spezifische Enthalpie eines Kältemittels ist eine Stoff- und Zustandseigenschaft und variiert von Kältemittel zu Kältemittel, oder allgemeiner, von zweitem Medienstrom zu zweitem Medienstrom. Die spezifische Enthalpie ist die Enthalpie pro Masse. Da aber bekannt ist, welches Kältemittel verwendet wird, läßt sich anhand von gemessenen Größen, wie Temperaturen, Drücken oder ähnlichem, die spezifische Enthalpie des zweiten Medienstromes vor und nach dem Wärmetauscher feststellen. Daraus läßt sich eine spezifische Enthal piedifferenz bilden, die gemeinsam mit dem Massenstrom eine Aussage über die Enthalpie erlaubt.

**[0010]** Hierbei ist besonders bevorzugt, daß man zur Bestimmung der spezifischen Enthal piedifferenz des zweiten Medienstromes am Eingang des Expansionsventils die Temperatur und den Druck des zweiten Medienstromes und am Ausgang des Wärmetauschers die Temperatur des zweiten Medienstromes und entweder den Druck am Ausgang des Wärmetauschers oder die Siedetemperatur des zweiten Medienstromes am Eingang des Wärmetauschers ermittelt. Die Sensoren zur Ermittlung der Temperatur und des Drucks des zweiten Medienstromes, hier des Kältemittels, sind in den meisten Fällen ohnehin vorhanden. Sie werden benötigt, um die Kälteanlage entsprechend steuern zu können. Man kann den Druck des Kältemittels auch am Eingang messen und daraus den Druck am Ausgang des Wärmetauschers ermitteln, indem man den Druckabfall im Verdampfer berücksichtigt. Anhand der gemessenen oder berechneten Werte kann man dann mit Hilfe von Diagrammen, die von den Kältemittelherstellern zur Verfügung gestellt werden (sogenannte Log p, h-Diagramme) die spezifische Enthalpie bestimmen. In vielen Fällen kann dies auch automatisch erfolgen, wenn die entsprechenden Beziehungen in Tabellen abgelegt sind oder über Zustandsgleichungen zur Verfügung stehen.

**[0011]** Vorzugsweise ermittelt man auch eine spezifische Enthal piedifferenz des ersten Medienstromes über den Wärmetauscher. Die spezifische Enthal piedifferenz des ersten Medienstromes erlaubt es, auf relativ einfache Weise die Masse pro Zeit des ersten Medienstromes, z.B. der Luft, zu berechnen, wie weiter unten gezeigt werden wird.

**[0012]** Bevorzugterweise bestimmt man den zweiten Medienstrom aus einer Druckdifferenz über und dem Öffnungsgrad eines Expansionsventils. Wenn es sich um ein pulsbreitenmoduliertes Expansionsventil handelt, dann wird der Öffnungsgrad durch die Öffnungs dauer bzw. das Tastverhältnis ersetzt. Der Massenstrom des zweiten Medienstromes, z.B. des Kältemittels, ist dann proportional der Druckdifferenz und der Öffnungs dauer. Der Kältemittelstrom läßt sich auf diese Weise relativ einfach ermitteln. Die Unterkühlung des Kältemittels ist allerdings in machen Fällen so groß, daß es notwendig ist, auch die Unterkühlung zu messen, weil der Kältemittelstrom, d.h. der zweite Medienstrom, durch das Expansionsventil von der Unterkühlung beeinflußt wird. In vielen Fällen braucht man aber nur die Druckdifferenz und den Öffnungsgrad des Ventils zu kennen, weil die Unterkühlung eine feste Größe der Kälteanlage ist, die dann in einer Ventilcharakteristik oder in einer Proportionalitätskonstante berücksichtigt werden kann. Mit "Öffnungsgrad" kann auch die Öffnungs dauer bei pulsbreitenmodulierten Ventilen verstanden werden, d.h. das Tastverhältnis.

**[0013]** In einer alternativen oder zusätzlichen Ausgestaltung kann man den zweiten Medienstrom auch aus Betriebsdaten und einer Differenz der absoluten Drücke über einen Verdichter zusammen mit der Temperatur des zweiten Medienstromes am Verdichtereingang ermitteln. Bei den Betriebsdaten handelt es sich beispielsweise um die Drehzahl des Verdichters, die zusammen mit dem Druck über den Verdichter eine Aussage über die Kältemittelmenge erlaubt. Hierzu ist lediglich die Kenntnis der Verdichtereigenschaften erforderlich.

**[0014]** Bevorzugterweise ermittelt man den ersten Medienstrom aus dem zweiten Medienstrom und einem Quotienten aus der spezifischen Enthal piedifferenz des zweiten Medienstromes und der spezifischen Enthal piedifferenz des ersten Medienstromes über den Wärmetauscher. Wie oben erläutert, geht man davon aus, daß zwischen der Wärmemenge, die von der Luft an das Kältemittel übertragen wird, und der Wärmemenge, die vom Kältemittel aus der Luft aufgenommen wird, ein Gleichgewicht besteht, d.h. beide Größen stimmen überein. Vereinfacht ausgedrückt ist die Wärmemenge der Luft das Produkt aus dem Massenstrom der Luft durch den Wärmetauscher und der spezifischen Enthal piedifferenz der Luft über den Wärmetauscher. Die Wärmemenge des Kältemittels ist das Produkt aus dem Kältemittelstrom, d.h. Masse des Kältemittels pro Zeit, durch den Wärmetauscher und der spezifischen Enthal piedifferenz über den Wärmetauscher. Durch einen einfachen Dreisatz läßt sich dann der Massenstrom der Luft (oder allgemeiner: des ersten Medienstromes) durch den Wärmetauscher bestimmen.

**[0015]** In einer bevorzugten Ausgestaltung ist vorgesehen, daß man den ersten Medienstrom mit einem Sollwert vergleicht. Wenn der tatsächlich ermittelte, d.h. aus den oben angegebenen Größen berechnete erste Medienstrom nicht mit dem Sollwert übereinstimmt, kann eine Fehlermeldung erzeugt werden.

**[0016]** In einer Alternative ist hingegen vorgesehen, daß man ein Residuum als Differenz aus einer ersten Größe, die aus einem vorgegebenen Massenstrom des ersten Medienstromes und der spezifischen Enthal piedifferenz gebildet wird, und einer zweiten Größe bildet, die der Änderung der Enthalpie des zweiten Medienstromes entspricht, und das Residuum überwacht. Diese Vorgehensweise erleichtert die Auswertung der ermittelten Signale. Aufgrund der Trägheit der einzelnen Sensoren, die Temperaturen, Drücke und Massendurchfluß ermitteln, ist es möglich, daß man in dem

Signal, das den ersten Medienstrom, z.B. den Luftmassenstrom, wiedergibt, erhebliche Schwankungen beobachten kann. Diese Schwankungen haben bezogen auf die "Trägheit" der Kälteanlage eine relativ hohe Frequenz. Es ist also schwierig, in einem derartig "hochfrequenten" Signal einen Trend zu erkennen, der auf einen Fehler hindeutet. Wenn man aus dem Luftmassensignal hingegen ein Residuum gewinnt, dann ist die Überwachung des Residuums wesentlich einfacher und erlaubt eine ausreichende Überwachung des Luftmassenstromes.

[0017] Hierbei ist besonders bevorzugt, daß man als vorgegebenen Massenstrom des ersten Medienstromes einen Mittelwert über einen vorbestimmten Zeitraum verwendet. Man geht dabei davon aus, daß man den Massenstrom in einem "fehlerfreien" Betrieb ermittelt. Wenn sich dann im Betrieb Abweichungen von diesem vorher ermittelten Massenstrom ergeben, die über einen vorbestimmten kürzeren oder längeren Zeitraum anhalten, dann ist dies ein Zeichen für einen Fehler.

[0018] Vorzugsweise bildet man mit Hilfe des Residuums einen Fehlerindikator  $S_i$  nach folgender Vorschrift:

$$S_i = \begin{cases} S_{i-1} + s_i, & \text{wenn } S_{i-1} + s_i > 0 \\ 0, & \text{wenn } S_{i-1} + s_i \leq 0 \end{cases}$$

wobei  $s_i$  nach der folgenden Vorschrift berechnet wird:

worin

i: Index eines Abtastzeitpunkts

$r_i$ : Residuum

$k_1$ : Proportionalitätskonstante

$\mu_0$ : erster Zuverlässigkeit-Wert

$\mu_1$ : zweiter Zuverlässigkeit-Wert.

[0019] Der erste Zuverlässigkeit-Wert wird in den meisten Fällen auf Null gesetzt. Der zweite Zuverlässigkeit-Wert  $\mu_1$  bildet ein Kriterium dafür, wie oft man einen falschen Alarm akzeptieren muß. Wenn man weniger falsche Alarne haben möchte, muß man eine spätere Entdeckung eines Fehlers in Kauf nehmen. Wenn die Luftzirkulation eingeschränkt wird, weil beispielsweise ein Gebläse nicht länger läuft, dann wird der Fehlerindikator mit der Zeit größer werden, weil die periodisch ermittelten Werte des Residuums  $r_i$  im Durchschnitt größer als Null werden. Wenn der Fehlerindikator  $S_i$  eine vorbestimmte Größe erreicht hat, dann wird ein Alarm ausgelöst, der anzeigt, daß ein Fehler aufgetreten ist. Der zweite Zuverlässigkeit-Wert ist ein Erfahrungswert, der allerdings vom Hersteller vorgegeben werden kann.

[0020] Vorzugsweise leitet man bei Entdecken einer vorbestimmten Änderung einen Abtauvorgang ein. Beispielsweise kann man den Abtauvorgang einleiten, wenn der Fehlerindikator einen bestimmten Wert erreicht oder überschreitet. Mit dem Verfahren lassen sich Abtauvorgänge dann einleiten, wenn sie notwendig sind, die Vereisung des Verdampfers aber noch keine negativen Auswirkungen zeigt.

[0021] Die Erfindung wird im folgenden anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels in Verbindung mit der Zeichnung näher beschrieben. Hierin zeigen:

Fig. 1 eine schematische Ansicht einer Kälteanlage,

Fig. 2 eine schematische Ansicht mit der Darstellung von Größen um einen Wärmetauscher,

Fig. 3 die Darstellung eines Residuums in einem ersten Fehlerfall,

Fig. 4 den Verlauf eines Fehlerindikators für den ersten Fehlerfall,

Fig. 5 den Verlauf des Residuums für einen zweiten Fehlerfall und

Fig. 6 die Darstellung des Fehlerindikators für den zweiten Fehlerfall.

[0022] Fig. 1 zeigt schematisch eine Kälteanlage 1 in Form einer Verkaufskühltruhe, wie sie beispielsweise in Supermärkten zum Verkaufen von gekühlten oder gefrorenen Lebensmitteln verwendet wird. Die Kälteanlage 1 weist einen Vorratsraum 2 auf, in dem die Lebensmittel gelagert werden. Ein Luftkanal 3 ist um den Vorratsraum 2 herumgeführt, d.h. er befindet sich an beiden Seiten und unterhalb des Vorratsraums 2. Ein Luftstrom 4, der durch Pfeile dargestellt ist, gelangt nach dem Durchlaufen des Luftkanals 3 in eine Kühlzone 5 oberhalb des Vorratsraums 2. Die Luft wird dann wieder zum Eingang des Luftkanals 3 geführt, wo sich eine Mischzone 6 befindet. In der Mischzone wird der Luftstrom 4 mit Umgebungsluft vermischt. Dabei wird z.B. die gekühlte Luft ersetzt, die in den Vorratsraum 2 gelangt ist oder sonstwie in die Umgebung verschwunden ist.

[0023] Im Luftkanal 3 ist eine Gebläseanordnung 7 angeordnet, die durch einen oder mehrere Ventilatoren gebildet sein kann. Die Gebläseanordnung 7 sorgt dafür, daß der Luftstrom 4 im Luftkanal 3 bewegt werden kann. Für die nachfolgende Beschreibung wird davon ausgegangen, daß die Gebläseanordnung 7 den Luftstrom 4 so antreibt, daß die Masse der Luft pro Zeit, die durch den Luftkanal 3 bewegt wird, konstant ist, solange die Gebläseanordnung 7 läuft und die Anlage fehlerfrei arbeitet.

[0024] Im Luftkanal 3 ist ein Verdampfer 8 eines Kältemittelkreislaufs angeordnet. Dem Verdampfer 8 wird durch ein Expansionsventil 9 Kältemittel aus einem Kondensator oder Verflüssiger 10 zugeführt. Der Kondensator 10 wird durch einen Verdichter oder Kompressor 11 versorgt, dessen Eingang wiederum mit dem Verdampfer 8 verbunden ist, so daß das Kältemittel in an sich bekannter Weise im Kreis geführt wird. Der Kondensator 10 ist mit einem Gebläse 12 versehen, mit dessen Hilfe Luft aus der Umgebung über den Kondensator 10 geblasen werden kann, um dort Wärme abzuführen.

[0025] Die Arbeitsweise eines derartigen Kältemittelkreislaufs ist an sich bekannt. In der Anlage zirkuliert ein Kältemittel. Das Kältemittel verläßt den Verdichter 11 als Gas unter hohem Druck und mit hoher Temperatur. Im Kondensator 10 wird das Kältemittel verflüssigt, wobei es Wärme abgibt. Nach der Verflüssigung passiert das Kältemittel das Expansionsventil 9, wo es entspannt wird. Nach der Entspannung ist das Kältemittel zweiphasig, d.h. flüssig und gasförmig. Das zweiphasige Kältemittel wird dem Verdampfer 8 zugeführt. Die flüssige Phase verdampft dort unter Wärmeaufnahme, wobei die Wärme aus dem Luftstrom 4 entnommen wird. Nachdem das restliche Kältemittel verdampft ist, wird das Kältemittel noch leicht erwärmt und kommt als überhitztes Gas aus dem Verdampfer 8 heraus. Danach wird es dem Verdichter 11 wieder zugeführt und dort verdichtet.

[0026] Man möchte nun überwachen, ob der Luftstrom 4 ungestört durch den Luftkanal 3 hindurchströmen kann. Störungen können sich beispielsweise dadurch ergeben, daß die Gebläseanordnung 7 einen Defekt aufweist und nicht mehr genügend Luft fördert. Beispielsweise kann von einer Gebläseeinheit mit mehreren Gebläsen eines ausfallen. Die übrigen Gebläse können dann zwar noch eine gewisse Luftmenge durch den Luftkanal 3 fördern, so daß die Temperatur im Vorratsraum 2 nicht über einen erlaubten Wert hinaus ansteigt. Dadurch wird aber die Kälteanlage stark belastet, was Spätschäden nach sich ziehen kann. Beispielsweise werden Elemente der Kälteanlage, wie Ventilatoren, öfter in Betrieb genommen. Ein anderer Fehlerfall ist beispielsweise die Vereisung des Verdampfers durch Feuchtigkeit aus der Umgebungsluft, die sich am Verdampfer niederschlägt.

[0027] Mit anderen Worten möchte man also in der Lage sein, die Luftmenge pro Zeit, die durch den Luftkanal 3 strömt, permanent zu überwachen. Die Überwachung kann dabei durchaus getaktet erfolgen, also in aufeinanderfolgenden Zeitpunkten, die beispielsweise zeitlich einen Abstand in der Größenordnung von einer Minute aufweisen. Allerdings ist die Ermittlung der Masse pro Zeit des Luftstromes 4 mit normalen Meßvorrichtungen relativ aufwendig. Man verwendet daher eine indirekte Messung, indem man den Wärmeinhalt des Kältemittels, den das Kältemittel im Verdampfer 8 aufgenommen hat, ermittelt.

[0028] Dabei legt man folgende Überlegung zugrunde: die zum Verdampfen des Kältemittels benötigte Wärme wird im Verdampfer 8, der als Wärmetauscher wirkt, von der Luft aufgenommen. Dementsprechend gilt folgende Gleichung:

$$\dot{Q}_{\text{Air}} = \dot{Q}_{\text{Ref}} \quad (1)$$

wobei  $\dot{Q}_{\text{Air}}$  die von der Luft tatsächlich entnommene Wärme pro Zeit und  $\dot{Q}_{\text{Ref}}$  die vom Kältemittel aufgenommene Wärme pro Zeit ist. Mit dieser Gleichung kann man den Istwert für den Massenstrom, d.h. die Masse pro Zeit, für die durch den Luftkanal 3 strömende Luft bestimmen, wenn man die vom Kältemittel aufgenommene Wärme bestimmen kann. Den tatsächlichen Massenstrom der Luft kann man dann mit einem Sollwert vergleichen. Wenn der Istwert nicht mit dem Sollwert übereinstimmt, wird dies als ein Fehler interpretiert, d.h. als ein behinderter Luftstrom 4. Eine entsprechende Fehlermeldung für die Anlage kann ausgegeben werden.

[0029] Die Grundlage für die Bestimmung von  $\dot{Q}_{\text{Ref}}$  ist die folgende Gleichung:

$$\dot{Q}_{Ref} = \dot{m}_{Ref} (h_{Ref,out} - h_{Ref,in}) \quad (2)$$

5

wobei  $\dot{m}_{Ref}$  die Kältemittelmasse pro Zeit ist, die durch den Verdampfer strömt,  $h_{Ref,out}$  ist die spezifische Enthalpie des Kältemittels am Verdampferaustritt und  $h_{Ref,in}$  ist die spezifische Enthalpie am Expansionsventileintritt.

[0030] Die spezifische Enthalpie eines Kältemittels ist eine Stoff- und Zustandseigenschaft, die von Kältemittel zu Kältemittel variiert, für jedes Kältemittel aber bestimmbar ist. Die Kältemittelhersteller stellen daher sogenannte Log p, h-Diagramme für jedes Kältemittel bereit. Anhand dieser Diagramme kann die spezifische Enthalpiedifferenz über den Verdampfer 8 bestimmt werden. Um beispielsweise  $h_{Ref,in}$  mit einem solchen Log p, h-Diagramm zu bestimmen, braucht man nur die Temperatur des Kältemittels am Expansionsventileingang ( $T_{Ref,in}$ ) und den Druck am Expansionsventileingang ( $P_{Con}$ ). Diese Größen können mit Hilfe von einem Temperaturfühler oder einem Drucksensor gemessen werden.

Die Meßstellen sind in Fig. 2 schematisch dargestellt.

[0031] Um die spezifische Enthalpie am Verdampferaustritt zu bestimmen, braucht man zwei Meßwerte: die Temperatur am Verdampferaustritt ( $T_{Ref,out}$ ) und entweder den Druck am Austritt ( $P_{Ref,out}$ ) oder die Siedetemperatur ( $T_{Ref,in}$ ). Die Temperatur am Austritt ( $T_{Ref,out}$ ) kann mit einem Temperaturfühler gemessen werden. Der Druck am Ausgang des Verdampfers 8 ( $P_{Ref,out}$ ) kann mit einem Drucksensor gemessen werden.

[0032] Anstelle der Log p, h-Diagramme kann man natürlich auch Tabellenwerte verwenden, was die Berechnung mit Hilfe eines Prozessors vereinfacht. In vielen Fällen stellen die Kältemittelhersteller auch Zustandsgleichungen für die Kältemittel zu Verfügung.

[0033] Der Massendurchfluß des Kältemittels ( $\dot{m}_{Ref}$ ) kann entweder mit einem Durchflußmesser bestimmt werden. Bei Anlagen mit elektronisch gesteuerten Expansionsventilen, die pulsbreitenmoduliert betrieben werden, ist es möglich, über den Öffnungsgrad oder die Öffnungsduer den Massendurchfluß  $\dot{m}_{Ref}$  zu bestimmen, wenn die Druckdifferenz über das Ventil und die Unterkühlung am Eingang des Expansionsventils 10 ( $T_{vin}$ ) bekannt ist. Bei den meisten Anlagen ist dies der Fall, weil man Drucksensoren zur Verfügung hat, die den Druck im Verflüssiger 10 messen. Die Unterkühlung ist in vielen Fällen konstant und abschätzbar und braucht deshalb nicht gemessen zu werden. Der Massendurchfluß  $\dot{m}_{Ref}$  durch das Expansionsventil 9 kann dann mit Hilfe einer Ventilcharakteristik, der Druckdifferenz, der Unterkühlung und dem Öffnungsgrad bzw. der Öffnungsduer berechnet werden. Bei vielen pulsbreitenmodulierten Expansionsventilen 9 hat es sich gezeigt, daß der Durchfluß  $\dot{m}_{Ref}$  annähernd proportional zu der Druckdifferenz und der Öffnungsduer ist. In diesem Fall kann man den Durchfluß nach folgender Gleichung bestimmen:

$$\dot{m}_{Ref} = k_{Exp} \cdot (P_{Con} - P_{Ref,out}) \cdot OD \quad (3)$$

wobei  $P_{Con}$  der Druck im Verflüssiger 10,  $P_{Ref,out}$  der Druck im Verdampfer, OD die Öffnungsduer und  $k_{Exp}$  eine Proportionalitätskonstante ist, die vom Ventil abhängt. In manchen Fällen ist die Unterkühlung des Kältemittels so groß, daß es notwendig ist, die Unterkühlung zu messen, weil der Kältemittelstrom durch das Expansionsventil von der Unterkühlung beeinflußt wird. In vielen Fällen benötigt man aber nur die Druckdifferenz und den Öffnungsgrad des Ventils, weil die Unterkühlung eine feste Größe der Kälteanlage ist, die dann in einer Ventilcharakteristik oder in einer Proportionalitätskonstante berücksichtigt werden kann. Eine andere Möglichkeit zur Bestimmung des Massendurchflusses  $\dot{m}_{Ref}$  besteht darin, Größen vom Verdichter 11 auszuwerten, beispielsweise die Drehzahl des Verdichters, den Druck am Verdichtereintritt und -austritt, die Temperatur am Verdichtereintritt und eine Verdichtercharakteristik.

[0034] Für die tatsächlich aus der Luft entnommene Wärme pro Zeit  $\dot{Q}_{Air}$  kann prinzipiell dieselbe Gleichung verwendet werden wie für die Wärme pro Zeit, die das Kältemittel abgibt.

$$\dot{Q}_{Air} = \dot{m}_{Air} (h_{Air,in} - h_{Air,out}) \quad (4)$$

wobei  $\dot{m}_{Air}$  den Massendurchfluß von Luft,  $h_{Air,in}$  die spezifische Enthalpie der Luft vor dem Verdampfer und  $h_{Air,out}$  die spezifische Enthalpie der Luft nach dem Verdampfer bezeichnet.

[0035] Die spezifische Enthalpie der Luft kann mit Hilfe der folgenden Gleichung berechnet werden:

$$h_{Air} = 1,006 \cdot t + x(2501 + 1,8 \cdot t), [h] = kJ / kg \quad (5)$$

5

wobei  $t$  die Temperatur der Luft ist, also  $T_{Eva,in}$  vor dem Verdampfer und  $T_{Eva,out}$  hinter dem Verdampfer. "x" wird als Feuchtigkeitsverhältnis der Luft bezeichnet. Das Feuchtigkeitsverhältnis der Luft kann durch folgende Gleichung berechnet werden:

10

$$x = 0,62198 \cdot \frac{P_w}{P_{Amb} - P_w} \quad (6)$$

15

**[0036]** Hier ist  $p_w$  der Partialdruck des Wasserdampfes in der Luft und  $p_{Amb}$  ist der Druck der Luft.  $p_{Amb}$  kann entweder gemessen werden oder man verwendet für diese Größe einfach einen Standard-Atmosphärendruck. Die Abweichung des tatsächlichen Drucks vom Standard-Atmosphärendruck spielt keine signifikante Rolle bei der Berechnung der von der Luft abgegebenen Wärmemenge pro Zeit. Der Partialdruck des Wasserdampfes ist durch die relative Feuchtigkeit der Luft und den Partialdruck des Wasserdampfes in gesättigter Luft bestimmt und kann anhand der folgenden Gleichung berechnet werden:

25

$$p_w = p_{w,sat} \cdot RH \quad (7)$$

**[0037]** Hierbei ist RH die relative Luftfeuchtigkeit und  $p_{w,sat}$  der Partialdruck des Wasserdampfes in gesättigter Luft.

30  $p_{w,sat}$  hängt allein von der Lufttemperatur ab und kann in thermodynamischen Nachschlagewerken gefunden werden.

Die relative Luftfeuchtigkeit RH kann gemessen werden oder man verwendet bei der Berechnung typische Werte.

**[0038]** Wenn man die Gleichungen (2) und (4) gleichsetzt, wie in Gleichung (1) vorausgesetzt, dann ergibt sich

35

$$\dot{m}_{Ref}(h_{Ref,out} - h_{Ref,in}) = \dot{m}_{Air}(h_{Air,in} - h_{Air,out}) \quad (8)$$

40 **[0039]** Daraus kann der tatsächliche Luftmassendurchfluß  $\dot{m}_{Air}$  gefunden werden, indem man  $\dot{m}_{Air}$  isoliert:

$$\dot{m}_{Air} = \dot{m}_{Ref} \frac{(h_{Ref,out} - h_{Ref,in})}{(h_{Air,in} - h_{Air,out})} \quad (9)$$

50 **[0040]** Dieser Istwert für den Luftmassendurchfluß  $\dot{m}_{Air}$  kann dann mit einem Sollwert verglichen werden und bei wesentlichen Unterschieden zwischen dem Istwert und dem Sollwert kann der Betreiber der Kälteanlage durch eine Fehlermeldung darauf aufmerksam gemacht werden, daß die Anlage nicht optimal läuft.

**[0041]** In vielen Fällen empfiehlt es sich, den Sollwert für den Luftstrom in einer Anlage zu ermitteln. Beispielsweise kann dieser Sollwert als Durchschnittswert über einen gewissen Zeitraum ermittelt werden, in dem die Anlage unter stabilen und fehlerfreien Betriebsbedingungen läuft. Ein derartiger Zeitraum kann beispielsweise 100 Minuten betragen.

55 **[0042]** Eine gewisse Schwierigkeit ergibt sich allerdings dadurch, daß die von den einzelnen Sensoren (Thermometer, Drucksensoren) abgegebenen Signale erheblichen Schwankungen unterworfen sind. Diese Schwankungen können durchaus gegenläufig sein, so daß man für die Größe  $\dot{m}_{Air}$  ein Signal erhält, das gewisse Schwierigkeiten bei der Auswertung bietet. Diese Schwankungen sind ein Resultat der dynamischen Verhältnisse im Kühlsystem. Deswegen

kann es günstig sein, anstelle der Gleichung (9) in regelmäßigen Zeitabständen, beispielsweise einmal pro Minute, eine Größe zu berechnen, die nachfolgend als "Residuum" bezeichnet wird:

$$r = \overline{\dot{m}_{Air}} (h_{Air,in} - h_{Air,out}) - \dot{m}_{Ref} (h_{Ref,out} - h_{Ref,in}) \quad (10)$$

$\overline{\dot{m}_{Air}}$  ist ein geschätzter Wert für den Luftmassendurchfluß bei fehlerlosen Betriebsbedingungen. Anstelle einer

Schätzung kann man auch einen Wert verwenden, der sich als Mittelwert über einen gewissen Zeitraum aus Gleichung (9) bei fehlerfreien Betriebsbedingungen ermittelt.

[0043] Bei einer Anlage, die fehlerfrei läuft, sollte das Residuum r einen Durchschnittswert von Null geben, obwohl es tatsächlich erheblichen Schwankungen unterliegt. Um einen Fehler, der sich durch eine Tendenz des Residuums auszeichnet, frühzeitig erkennen zu können, nimmt man an, daß der ermittelte Wert für das Residuum r normalverteilt um einen Durchschnittswert ist und zwar unabhängig davon, ob die Anlage fehlerlos arbeitet oder ein Fehler aufgetreten ist. Man berechnet dann einen Fehlerindikator  $S_i$  nach folgender Beziehung:

$$S_i = \begin{cases} S_{i-1} + s_i, & \text{wenn } S_{i-1} + s_i > 0 \\ 0, & \text{wenn } S_{i-1} + s_i \leq 0 \end{cases} \quad (11)$$

wo  $s_i$  mit der folgenden Gleichung berechnet werden kann:

$$s_i = k_1 \left( r_i - \frac{\mu_0 + \mu_1}{2} \right) \quad (12)$$

[0044] Hierbei ist natürlich vorausgesetzt, daß der Fehlerindikator  $S_i$ , d.h. zum ersten Zeitpunkt, auf Null gesetzt worden ist. Zu einem späteren Zeitpunkt verwendet man  $s_i$  aus der Gleichung (12) und bildet die Summe aus diesem Wert mit dem Fehlerindikator  $S_i$  aus einem früheren Zeitpunkt. Wenn diese Summe größer Null ist, wird der Fehlerindikator auf diesen neuen Wert gesetzt. Wenn diese Summe gleich oder kleiner als Null ist, wird der Fehlerindikator auf Null gesetzt. In Gleichung (12) ist  $k_1$  eine Proportionalitätskonstante.  $\mu_0$  kann im einfachsten Fall auf den Wert Null gesetzt werden.  $\mu_1$  ist ein geschätzter Wert, der sich beispielsweise dadurch ermitteln läßt, daß man einen Fehler erzeugt und den Durchschnittswert des Residuums r bei diesem Fehler ermittelt. Der Wert  $\mu_1$  ist ein Kriterium dafür, wie oft man einen falschen Alarm akzeptieren muß. Die beiden  $\mu$ -Werte werden deswegen auch als Zuverlässigkeit-Werte bezeichnet.

[0045] Wenn beispielsweise ein Fehler dadurch auftritt, daß ein Gebläse aus der Gebläseanordnung 7 nicht läuft, dann wird der Fehlerindikator  $S_i$  größer werden, weil die periodisch ermittelten Werte des Residuums  $r_i$  im Durchschnitt größer als Null werden. Wenn der Fehlerindikator eine vorbestimmte Größe erreicht hat, dann wird ein Alarm ausgelöst, der anzeigen, daß die Luftzirkulation eingeschränkt ist. Wenn man  $\mu_1$  größer macht, bekommt man zwar weniger Fehleralarme, riskiert aber auch ein späteres Entdecken eines Fehlers.

[0046] Die Wirkungsweise der Filterung nach Gleichung (11) soll anhand der Fig. 3 und 4 erläutert werden. In Fig. 3 ist nach rechts die Zeit in Minuten und nach oben das Residuum r aufgetragen. Zwischen t = 510 und t = 644 Minuten ist ein Gebläse der Gebläseanordnung 7 ausgefallen. Dies äußert sich in einem erhöhten Wert des Residuums r. Diese Erhöhung ist zwar anhand von Fig. 3 bereits zu erkennen. Eine bessere Erkennungsmöglichkeit ergibt sich jedoch, wenn man den Fehlerindikator  $S_i$  betrachtet, dessen Verlauf in Fig. 4 dargestellt ist. Hier ist der Fehlerindikator  $S_i$  nach oben und die Zeit t in Minuten nach rechts aufgetragen. Der Fehlerindikator steigt also in der Zeit zwischen t = 510 Minuten und t = 644 Minuten kontinuierlich an. Man kann beispielsweise beim Überschreiten des Wertes  $S_i$  von  $0,2 \times 10^8$  einen Alarm auslösen.

[0047] In der Zeit zwischen t = 700 und t = 824 Minuten wird ebenfalls ein Gebläse der Gebläseanordnung 7 stillgesetzt. Der Fehlerindikator  $S_i$  steigt weiter an. Zwischen diesen beiden Störungszuständen waren wieder beide Gebläse aktiv.

Der Fehlerindikator  $S_i$  wird also verringert, geht aber nicht auf Null zurück. Der Fehlerindikator  $S_i$  wird im Fehlerfall zuverlässig erhöht. In der Zeit von 0 bis 510 Minuten bewegt sich der Fehlerindikator  $S_i$  in der Gegend des Nullpunkts. Der Fehlerindikator  $S_i$  würde auf Null zurückgehen, wenn die Anlage lange genug fehlerfrei läuft. In der Praxis wird man allerdings den Fehlerindikator  $S_i$  auf Null setzen, wenn ein Fehler behoben worden ist.

**[0048]** Die Fig. 5 und 6 zeigen die Entwicklung des Residuums  $r$  und die Entwicklung des Fehlerindikators  $S_i$  in dem Fall, wo der Verdampfer 8 langsam vereist. Hierbei ist in Fig. 5 das Residuum  $r$  und in Fig. 6 der Fehlerindikator  $S_i$  nach oben aufgetragen, während die Zeit  $t$  nach rechts in Minuten aufgetragen ist.

**[0049]** In Fig. 5 ist zu erkennen, daß der Mittelwert des Residuums  $r$  allmählich ansteigt. Es ist allerdings ebenfalls zu erkennen, daß dieser Anstieg mit der für eine Fehlermeldung notwendigen Sicherheit nur schwer quantitativ zu erfassen ist. Bei  $t = 600$  Minuten tritt eine beginnende Vereisung des Verdampfers 8 auf. Erst bei  $t = 1200$  Minuten könnte man eine derartige Vereisung erfassen durch eine verminderte Leistungsfähigkeit der Kälteanlage.

**[0050]** Wenn man beispielsweise den Grenzwert für den Fehlerindikator auf  $1 \times 10^7$  setzt, dann würde ein Fehler bereits bei etwa  $t = 750$  Minuten entdeckt werden, also wesentlich früher, als durch eine verminderte Leistungsfähigkeit der Anlage.

**[0051]** Das Verfahren kann auch dazu verwendet werden, einen Abtauvorgang zu starten. Der Abtauvorgang wird dann gestartet, wenn der Fehlerindikator  $S_i$  eine vorbestimmte Größe erreicht.

**[0052]** Vorteilhaft bei diesem Verfahren ist ein frühes Entdecken von Fehlern, obwohl nicht mehr Sensoren verwendet werden, als bei einer typischen Anlage vorhanden sind. Die Fehler werden entdeckt, bevor sie höhere Temperaturen in der Kälteanlage bewirken. Auch werden Fehler entdeckt, bevor die Anlage nicht mehr optimal läuft, wenn man die verbrauchte Energie als Maß nimmt.

**[0053]** Dargestellt wurde die Überwachung der Luftströme am Verdampfer 8. Selbstverständlich kann man eine ähnliche Überwachung auch am Kondensator 10 durchführen. In diesem Fall sind die Berechnungen sogar einfacher, weil keine Luftfeuchtigkeit der Umgebungsluft entnommen wird, wenn die Luft den Kondensator 10 passiert. Dementsprechend kondensiert auch kein Wasser aus der Luft am Kondensator 10, weil dieser wärmer ist. Nachteilig ist es bei der Verwendung des Verfahrens am Kondensator 10, daß zwei zusätzliche Temperaturfühler erforderlich sind, die die Temperatur der Luft vor und nach dem Kondensator messen.

**[0054]** Beschrieben wurde das Verfahren für den Fall, daß der Luftstrom konstant ist und eine Anpassung an unterschiedliche Kälteleistungs-Anforderungen dadurch erzielt wird, daß der Luftstrom intermittierend erzeugt wird. Es ist aber prinzipiell auch möglich, in gewissen Grenzen eine Variation des Luftstromes zuzulassen, wenn man zusätzlich die Antriebsleistung oder die Drehzahl der Gebläse berücksichtigt.

**[0055]** Das Verfahren zur Entdeckung von Änderungen in dem ersten Medienstrom kann auch bei Anlagen verwendet werden, die mit einer indirekten Kühlung arbeiten. Bei solchen Anlagen hat man einen primären Medienstrom, in dem Kältemittel zirkuliert, und einen sekundären Medienstrom, wo ein Kälteträger, z.B. Sole, zirkuliert. Im Verdampfer kühlte der erste Medienstrom den zweiten Medienstrom. Der zweite Medienstrom kühlte dann z.B. die Luft in einem Wärmetauscher. Man kann dieses Verfahren am Verdampfer, aber auch am Luft/Kälteträger-Wärmetauscher verwenden. An der Luftseite des Wärmetauschers ändern sich die Berechnungen nicht. Die Enthalpiesteigerung kann, wenn der Kälteträger im Wärmetauscher nicht einem Verdampfungsprozeß unterzogen wird, sondern nur einer Temperatursteigerung, mit der nachfolgenden Formel berechnet werden:

40

$$Q_{KT} = c \cdot m_{KT} (T_{nach} - T_{vor}) \quad (13)$$

45

wobei  $c$  die spezifische Wärmekapazität der Sole,  $T_{nach}$  die Temperatur nach dem Wärmetauscher,  $T_{vor}$  die Temperatur vor dem Wärmetauscher und  $m_{KT}$  der Massenstrom des Kälteträgers ist. Die Konstante  $c$  kann in Nachschlagewerken gefunden werden, während die beiden Temperaturen gemessen werden können, z.B. mit Temperaturfühlern. Der Massenstrom  $m_{KT}$  kann durch einen Massendurchflußmesser bestimmt werden. Andere Möglichkeiten sind natürlich auch denkbar.  $Q_{KT}$  ersetzt dann in den weiteren Berechnungen  $Q_{Ref}$ .

## Patentansprüche

55 **1.** Verfahren zum Entdecken von Änderungen in einem ersten Medienstrom eines Wärme- oder Kältetransportmediums in einer Kälteanlage, in der der erste Medienstrom durch einen Wärmetauscher geführt wird, in dem ein Wärmeübergang zwischen dem ersten Medienstrom und einem zweiten Medienstrom eines Wärme- oder Kälteträgers erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß man zur Überwachung des durch den Wärmetauscher strömenden ersten

Medienstromes die Änderung der Enthalpie des zweiten Medienstromes oder eine davon abgeleitete Größe ermittelt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** man zur Bestimmung der Änderung der Enthalpie des zweiten Medienstromes einen Massenstrom und eine spezifische Enthal piedifferenz des zweiten Medienstromes über den Wärmetauscher ermittelt.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** man zur Bestimmung der spezifischen Enthal piedifferenz des zweiten Medienstromes am Eingang des Expansionsventils die Temperatur und den Druck des zweiten Medienstromes und am Ausgang des Wärmetauschers die Temperatur des zweiten Medienstromes und entweder den Druck am Ausgang des Wärmetauschers oder die Siedetemperatur des zweiten Medienstromes am Eingang des Wärmetauschers ermittelt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** man eine spezifische Enthal piedifferenz des ersten Medienstromes über den Wärmetauscher ermittelt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** man den zweiten Medienstrom aus einer Druckdifferenz über und dem Öffnungsgrad eines Expansionsventils bestimmt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** man den zweiten Medienstrom aus Betriebsdaten und einer Differenz der absoluten Drücke über einen Verdichter zusammen mit der Temperatur des zweiten Medienstromes am Verdichter ermittelt.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** man den ersten Medienstrom aus dem zweiten Medienstrom und einem Quotienten aus der spezifischen Enthal piedifferenz des zweiten Medienstromes und der spezifischen Enthal piedifferenz des ersten Medienstromes über den Wärmetauscher ermittelt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** man den ersten Medienstrom mit einem Sollwert vergleicht.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** man ein Residuum als Differenz aus einer ersten Größe, die aus einem vorgegebenen Massenstrom des ersten Medienstromes und der spezifischen Enthal piedifferenz gebildet wird, und einer zweiten Größe bildet, die der Änderung der Enthalpie des zweiten Medienstromes entspricht, und das Residuum überwacht.
- 35 10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** man als vorgegebenen Massenstrom des ersten Medienstromes einen Mittelwert über einen vorbestimmten Zeitraum verwendet.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, daß** man mit Hilfe des Residuums einen Fehlerindikator  $S_i$  nach folgender Vorschrift bildet:

$$S_i = \begin{cases} S_{i-1} + s_i, & \text{wenn } S_{i-1} + s_i > 0 \\ 0, & \text{wenn } S_{i-1} + s_i \leq 0 \end{cases}$$

mit

$$s_i = k_1 \left( r_i - \frac{\mu_0 + \mu_1}{2} \right)$$

wobei

- $r_i$ : Residuum
- $k_1$ : Proportionalitätskonstante
- $\mu_0$ : erster Zuverlässigkeit-Wert

$\mu_1$ : zweiter Zuverlässigkeit-Wert.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** man bei Entdecken einer vorbestimmten Änderung einen Abtauvorgang einleitet.

5

## Claims

1. Method for determining changes in a first medium flow in a heat or cold carrying medium in a refrigeration system, in which the first medium flow is led through a heat exchanger, in which a heat transition between the first medium flow and a second medium flow of a heat or cold carrying medium takes place, **characterised in that** to monitor the first medium flow through the heat exchanger the enthalpy change of the second medium flow or a value derived from that is determined.
2. Method according to claim 1, **characterised in that** to determine the enthalpy change of the second medium flow, a mass flow and a specific enthalpy difference of the second medium flow over the heat exchanger are determined.
3. Method according to claim 2, **characterised in that** to determine the specific enthalpy difference of the second medium flow, at the inlet of the expansion valve the temperature and the pressure of the second medium flow are determined and at the outlet of the heat exchanger the temperature of the second medium flow and either the pressure at the outlet of the heat exchanger or the boiling temperature of the second medium flow at the inlet of the heat exchanger are determined.
4. Method according to one of the claims 1 to 3, **characterised in that** a specific enthalpy difference of the first medium flow over the heat exchanger is determined.
5. Method according to one of the claims 2 to 4, **characterised in that** the second medium flow is determined on the basis of a pressure difference over and the opening degree of an expansion valve.
6. Method according to one of the claims 2 to 4, **characterised in that** the second medium flow is determined on the basis of operation data and a difference of the absolute pressures over a compressor together with the temperature of the second medium flow at the compressor.
7. Method according to claim 5 or 6, **characterised in that** the first medium flow is determined on the basis of the second medium flow and a quotient of the specific enthalpy difference of the second medium flow and the specific enthalpy difference of the first medium flow over the heat exchanger.
8. Method according to one of the claims 5 to 7, **characterised in that** the first medium flow is compared with a nominal value.
9. Method according to one of the claims 5 to 7, **characterised in that** a residual is formed as a difference between a first value, which is formed by a prespecified mass flow of the first medium flow and the specific enthalpy difference, and a second value, which corresponds to the enthalpy change of the second medium flow, the residual being monitored.
10. Method according to claim 9, **characterised in that** a medium value over a predetermined period of time is used as prespecified mass flow of the first medium flow.
11. Method according to claim 9 or 10, **characterised in that** by means of the residual a fault indicator  $S_i$  is formed according to the following specification:

$$S_i = \begin{cases} S_{i-1} + s_i, & \text{wenn } S_{i-1} + s_i > 0 \\ 0, & \text{wenn } S_{i-1} + s_i \leq 0 \end{cases}$$

55 with

$$s_i = k_1 \left( r_i - \frac{\mu_0 + \mu_1}{2} \right)$$

5

r<sub>i</sub>: Residualk<sub>1</sub>: Proportionality constantμ<sub>0</sub>: First reliability value10 μ<sub>1</sub>: Second reliability value.

12. Method according to one of the claims 1 to 11, **characterised in that** a defrosting is started, when a predetermined change is discovered.

15

## Revendications

1. Procédé pour découvrir des modifications dans un premier flux d'un fluide caloporteur ou frigorigène dans une installation frigorifique dans laquelle le premier flux de fluide est conduit à travers un échangeur thermique où une transmission de chaleur a lieu entre le premier flux de fluide et le deuxième flux d'un fluide caloporteur ou frigorigène, **caractérisé en ce que**, pour surveiller le premier flux de fluide qui s'écoule à travers l'échangeur thermique, on détermine la modification de l'enthalpie dans le deuxième flux de fluide ou une grandeur qui en dérive.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, pour établir la modification de l'enthalpie dans le deuxième flux de fluide, on détermine un flux massique et une différence spécifique de l'enthalpie dans le deuxième flux de fluide à travers l'échangeur thermique.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que**, pour établir la différence spécifique de l'enthalpie dans le deuxième flux de fluide, on détermine à l'entrée de la soupape de détente, la température et la pression du deuxième flux de fluide et, à la sortie de l'échangeur thermique, la température du deuxième flux de fluide et soit la pression à la sortie de l'échangeur thermique soit la température d'ébullition du deuxième flux de fluide à l'entrée de l'échangeur thermique.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'on** détermine une différence spécifique de l'enthalpie dans le premier flux de fluide à travers l'échangeur thermique.
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, **caractérisé en ce qu'on** détermine le deuxième flux de fluide à partir d'une différence de pression et du degré d'ouverture d'une soupape de détente.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, **caractérisé en ce qu'on** détermine le deuxième flux de fluide à partir de données d'exploitation et une différence des pressions absolues à travers un compresseur conjointement avec la température du deuxième flux de fluide sur le compresseur.
7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, **caractérisé en ce qu'on** détermine le premier flux de fluide à partir du deuxième flux de fluide et à partir d'un quotient de la différence spécifique de l'enthalpie dans le deuxième flux de fluide sur la différence spécifique de l'enthalpie dans le premier flux de fluide à travers l'échangeur thermique.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, **caractérisé en ce qu'on** compare le premier flux de fluide à une valeur prescrite.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, **caractérisé en ce qu'on** forme un résidu sous forme de différence d'une première grandeur formée à partir d'un flux massique spécifié du premier flux de fluide et de la différence spécifique d'enthalpie et d'une deuxième grandeur qui correspond à la modification de l'enthalpie dans le deuxième flux de fluide et on surveille le résidu.
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce qu'on** utilise comme flux massique spécifié du premier flux de fluide une moyenne sur une période prédéfinie.

50

55

**EP 1 497 597 B1**

11. Procédé selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce qu'on forme un indicateur d'erreur  $S_i$  à l'aide du résidu d'après la règle suivante :**

5

$$S_i = \begin{cases} S_{i-1} + s_i, & \text{si } S_{i-1} + s_i > 0 \\ 0 & \text{si } S_{i-1} + s_i \leq 0 \end{cases}$$

10 avec

15

$$s_i = k_1 \left( r_i - \frac{\mu_0 + \mu_1}{2} \right)$$

20

$r_i$  étant le résidu,  
 $k_1$  une constante de proportionnalité,  
 $\mu_0$  une première valeur de fiabilité,  
 $\mu_1$  une deuxième valeur de fiabilité.

- 25
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce qu'on lance une opération de dégivrage quand on découvre une modification prédéfinie.**

30

35

40

45

50

55

Fig.1

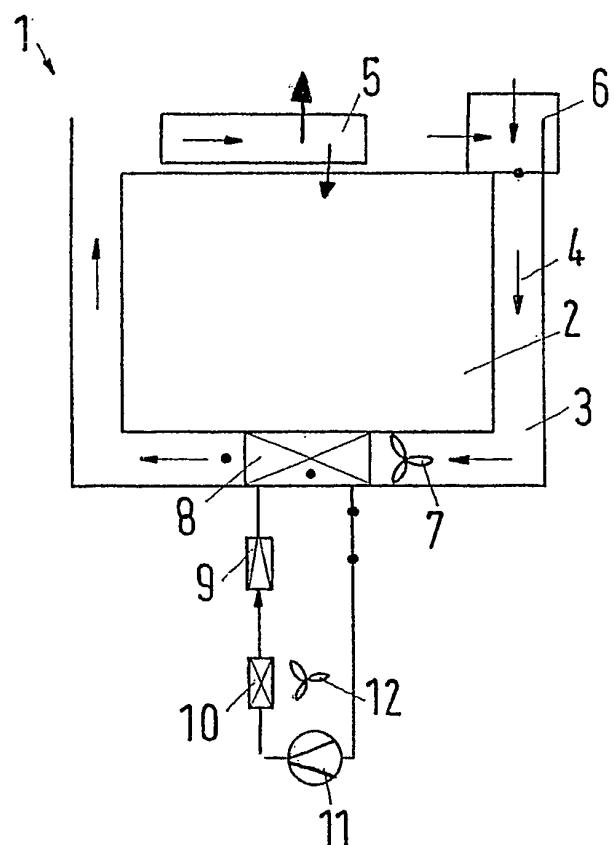
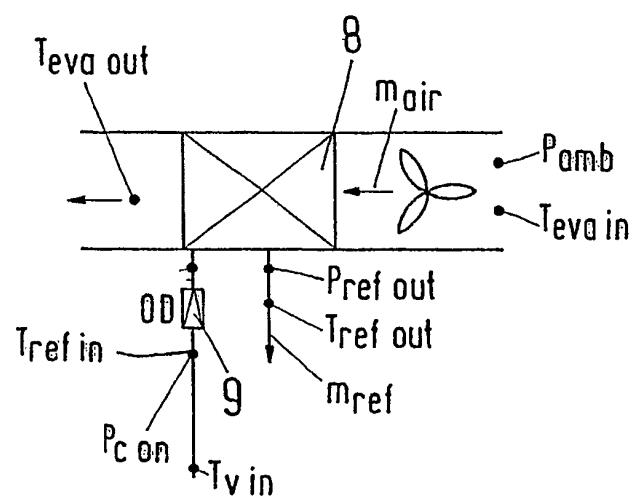


Fig.2



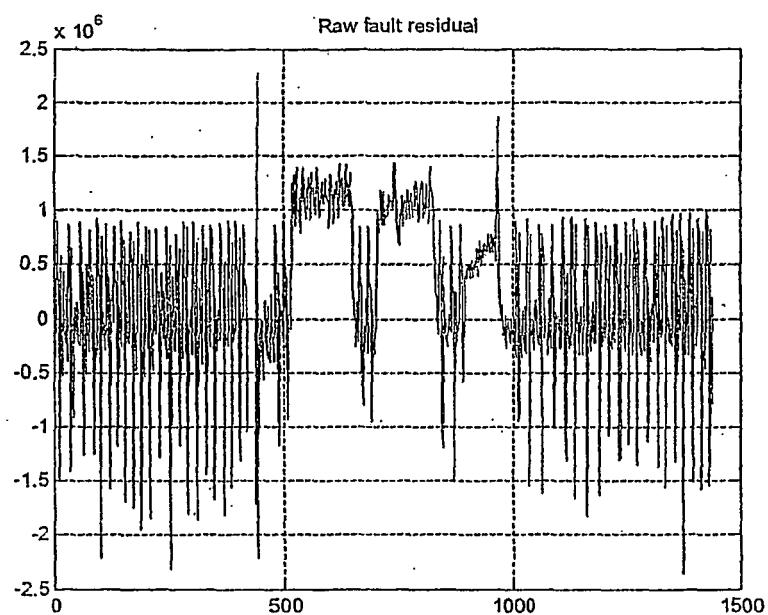


Fig. 3

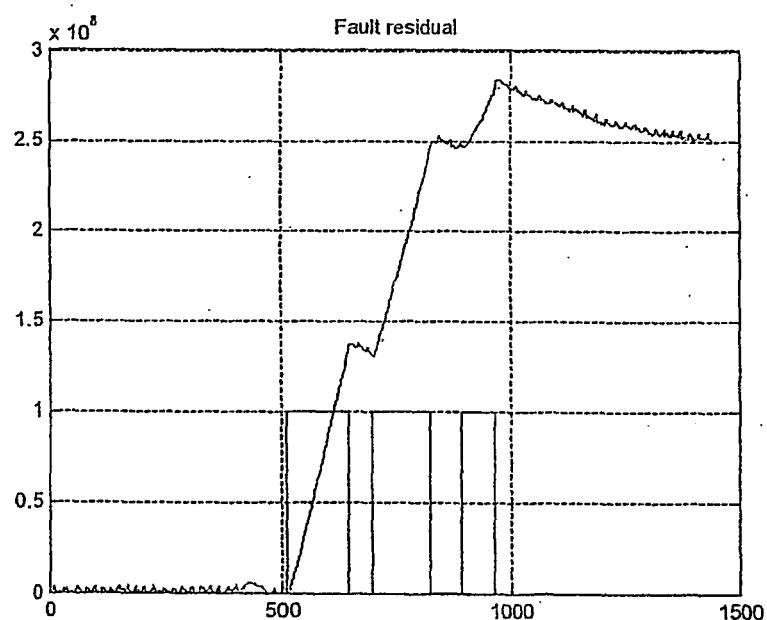


Fig. 4

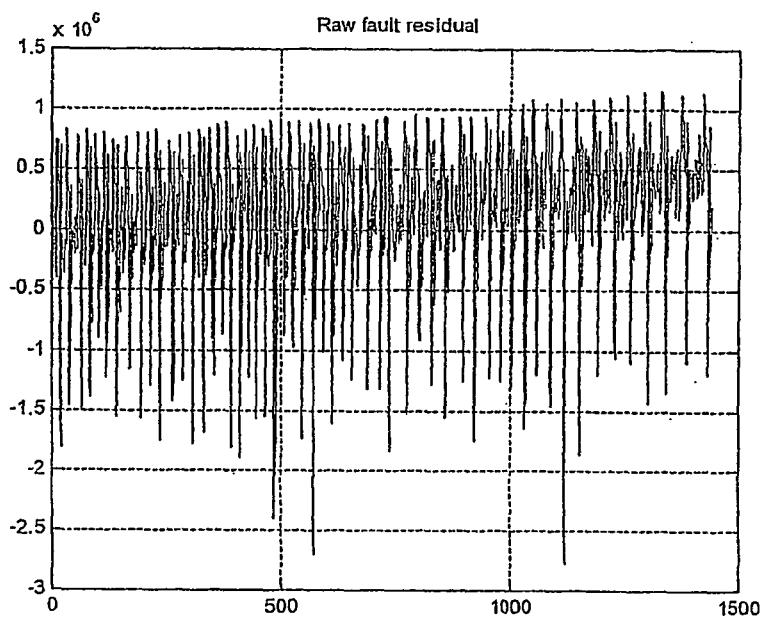


Fig. 5

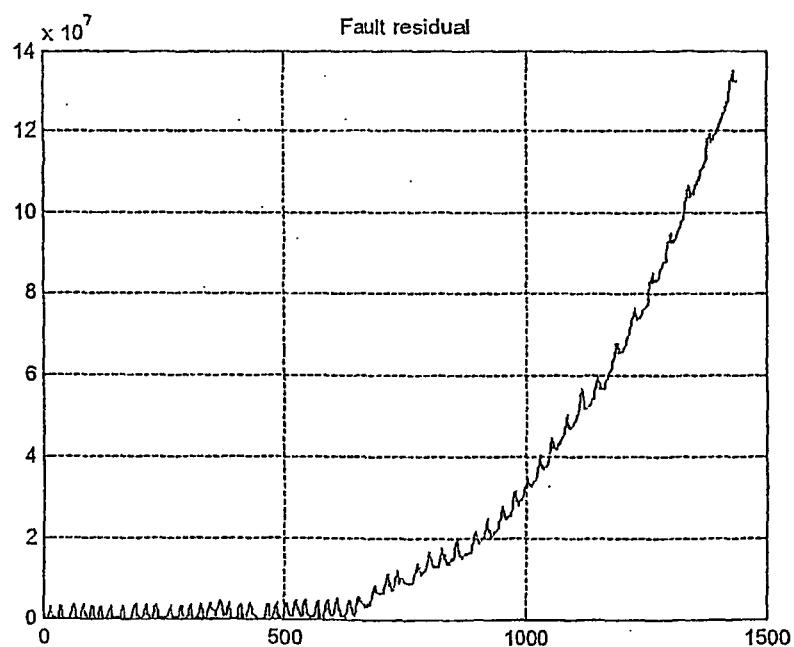


Fig. 6