



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 101 96 424 B4 2006.08.31**

(12)

## Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **101 96 424.2**  
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US01/41179**  
 (87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2002/006739**  
 (86) PCT-Anmeldetag: **28.06.2001**  
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **24.01.2002**  
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
 in deutscher Übersetzung: **18.06.2003**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **31.08.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F25B 41/00 (2006.01)**  
**F25B 41/06 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**09/616,552 14.07.2000 US**

(73) Patentinhaber:  
**Redlich, Robert W., Athens, Ohio, US**

(74) Vertreter:  
**GÖTZ Patent- und Rechtsanwälte, 90402 Nürnberg**

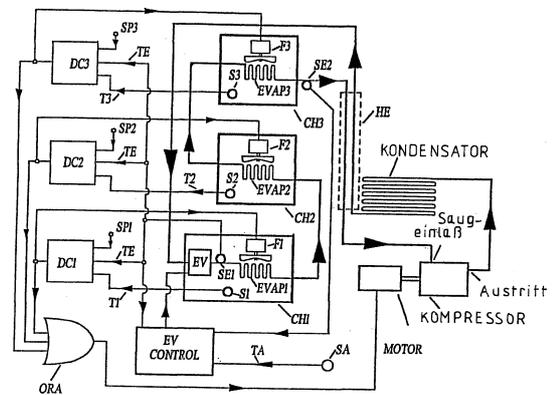
(72) Erfinder:  
**gleich Patentinhaber**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:  
**DE 197 56 860 A1**  
**US 60 38 874 A**  
**US 54 06 805 A**

(54) Bezeichnung: **Kältemaschine mit mehreren Verdampfern und Expansionsventil**

(57) Hauptanspruch: Dampfkomppressions-Kälteerzeugungssystem, das aufweist:  
 einen Kompressor mit einem Saugeinlaß und einem Entnahmeauslaß, wobei der Kompressor von einem Kompressormotor angetrieben wird,  
 einen Kondensator mit einem Einlaß und einem Auslaß, wobei dem Kondensatoreinlaß komprimierter Kältemitteldampf von dem Entnahmeauslaß des Kompressors zugeführt wird, mit:

- a) zwei oder mehr thermisch isolierten Kammern (CH<sub>n</sub> mit n = 1, 2, 3, ... N, und mit N ≥ 2) mit jeweils einem Verdampfer (EVAP<sub>n</sub>), wobei jeweils der Auslaß vom Verdampfer (EVAP<sub>n</sub>) über einen Kältemitteldurchgang mit dem Einlaß von einem nächsten Verdampfer (EVAP<sub>(n+1)</sub>) für n < N) verbunden ist, und der Auslaß von dem letzten Verdampfer (EVAP<sub>N</sub>) über einen Kältemitteldurchgang mit dem Saugeinlaß des Kompressors verbunden ist,  
 b) einem Expansionsventil (EV) mit einem Einlaß, der über einen Kältemitteldurchgang (HE) mit dem Kondensator-Auslaß verbunden ist, und mit einem Auslaß, der über einen Kältemitteldurchgang mit dem Einlaß des...



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Dampfkomppressions-Kälteerzeugungssystem gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1. Es geht um eine Kältemaschine, welche eine Mehrzahl von Kälteräumen kühlt, wobei nur ein Kompressor und ein Kondensator verwendet werden. Jeder Kälteraum wird auf eine Temperatur gekühlt und gehalten, welche von dem Benutzer eingestellt werden kann.

### Stand der Technik

**[0002]** Die vorliegende Erfindung bezweckt die grundsätzliche Verbesserung einer Kältemaschine, die in US 5 406 805 beschrieben ist, und wobei von einem Kompressor, einem Kondensator und separaten, thermisch isolierten Lagerabschnitten zum Gefrieren und für frische Lebensmittel Gebrauch gemacht wird. Dabei besitzt jeder Lagerabschnitt seinen eigenen Verdampfer. Wie in US 5 406 805 beschrieben, liegen zwei Verdampfer in Serie, und jeder ist mit einem Ventilator ausgerüstet, der erheblich die Wärmeübertragung zum zugehörigen Verdampfer reduziert, wenn er nicht eingeschaltet ist. Mithin lassen sich die Verdampfer individuell durch Einschalten eines Ventilators und Abschalten des anderen „aktivieren“. Das in US 5 406 805 beschriebene Verfahren macht vorteilhaft von einem Übergangseffekt Gebrauch, der in jeder Dampfkomppressions-Kältemaschine auftritt, in welcher dem Kältemittel-Eintrag (der Großteil davon befindet sich bei hohem Druck im Kondensator, während der Kompressor läuft) das Fließen in den Niederdruck-Verdampfer freigegeben wird, während der Kompressor gestoppt wird. Das Ergebnis einer solchen Kältemittel-Migration ist das Erwärmen des Verdampfers, und beim Wiederanlaufen des Kompressors tritt ein Übergangs-Zeitintervall von typisch zwei oder drei Minuten auf, wo der Verdampfer und das in ihm enthaltene Kältemittel zu warm sind, um den Kälteraum effizient zu kühlen. Gemäß US 5 406 805 wird während des Übergangs-Zeitintervalls der Verdampfer für frische Lebensmittel aktiviert und der für die Gefrierkammer deaktiviert. Da der Lagerabschnitt für frische Lebensmittel normalerweise etwa 1,6° C (35F) wärmer als der zum Gefrieren ist, kann er während des Übergangszeitintervalls effizient gekühlt werden.

**[0003]** DE 197 56 860 A1 beschreibt ein Kältegerät innerhalb welchem wenigstens zwei thermisch voneinander getrennte Kältefächer unterschiedlicher Temperatur angeordnet sind. Jedes Kältefach wird von einem Verdampfer gekühlt, welche zusammen in einem Kältekreislauf in Reihenschaltung hintereinander angeordnet und von einem im Kältekreislauf befindlichen Verdichter mit Kältemittel beaufschlagt sind. Ziel ist es, eine Möglichkeit zur Regulierung der Temperatur im wärmeren Kältefach zu schaffen. Dazu sind am Verdampfer zur Erzeugung der tieferen

Temperatur wenigstens zwei in Flussrichtung des angetriebenen Kältemittels voneinander beabstandete Einspritzstellen für das Kältemittel vorgesehen. Die in den einzelnen Kältefächern herrschenden Temperaturen werden von einer Regeleinrichtung bestimmt, welche je nach Reglerstellung ein Magnetventil für das Kältemittel in eine erste Betriebsstellung „warm“ und eine zweite Betriebsstellung „kalt“ umschaltet.

**[0004]** Ein gattungsgemäßes Kälteerzeugungssystem etwa der eingangs genannten Art ist in US 6 038 874 A beschrieben. Wenigstens zwei Verdampfer sind mit einem modulierbaren Kompressor verbunden, wobei die Volumen-Pumpgeschwindigkeit des Kompressors abhängig von den Temperaturen gesteuert wird, die in den Kältekammern vorherrschen. Je Kältekammer bzw. je Verdampfer ist ein eigenes Ventil vorgesehen. Jedem Ventil ist eine eigene Steuer-Ausgangsleitung zugeordnet. Die beiden Ventile werden also abhängig von der jeweiligen Kammer-temperatur angesteuert.

### Aufgabenstellung

**[0005]** Dem gegenüber wird erfindungsgemäß das im Patentanspruch 1 angegebene Dampfkomppressions-Kälteerzeugungssystem vorgeschlagen. Optionale, vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

**[0006]** Wie nach dem Stand der Technik gemäß US 5 406 805 macht die Erfindung von einem Kompressor, einem Kondensator und mehr als einem Verdampfer Gebrauch, wobei jeder Verdampfer mit einem Ventilator ausgerüstet ist. Jedoch macht die Erfindung von dem Übergangseffekt nicht Gebrauch, der wie vorher beschrieben die Basis für das Verfahren gemäß US 5 406 805 bildet. Vielmehr wird die Methode mit dem Übergangseffekt gemäß US 5 406 805 im Rahmen der Erfindung zur Minderung von Stop-Start-Verlusten absichtlich vermieden, indem die Eintragsmigration vom Kondensator zum Verdampfer während den Kompressor-Aus-Perioden blockiert wird. Erfindungsgemäß wird von mehreren Serienverdampfern und einem Expansionsventil Gebrauch gemacht, das auf Überhitze anspricht, welche vom Einlaß- zum Auslaß-Serienverdampfer gemessen wird. Mittels des Expansionsventils wird eine automatische Einstellung von Kältemittelfluß bewirkt, wodurch sich eine Anpassung an die Wärmeübertragung vom aktiven Verdampfer erreichen und so die Effizienz optimieren läßt, unabhängig davon, welcher Verdampfer gerade aktiv ist, und bei jedem innerhalb normaler Grenzen befindlichen Kondensatordruck. Obwohl US 5 406 805 auf ein Expansionsventil (Seite 3, Zeilen 50–51, Seite 4, Zeilen 25, Ansprüche 7 und 13) als optionale Alternative zu einem Kapillarrohr verweist, setzen solche Veröffentlichungen jedenfalls auf die Anwendung eines Expansionsventils in einer Mehrfach-Verdampfer-Kältemaschine, die auf den

vorher beschriebenen Übergangseffekt basiert. Erfindungsgemäß wird der Übergangseffekt bewußt vermieden, um Stop-Start-Verluste zu reduzieren.

**[0007]** Wenn das Expansionsventil während Kompressor-Aus-Perioden schließt, werden auf Eintragsmigration zurückgehende Stop-Start-Verluste reduziert, aber ein Druckausgleich zwischen Kondensator- und Verdampferdrücken wird verhindert, was bei Umgebungstemperaturen oberhalb einer bestimmten Temperatur zu einer Überlastung des Kompressormotors während eines Wiederstarts wegen einem hohen Austrittsdruck führen kann. Zur Verminderung der Stop-Start-Verluste, aber auch zur Vermeidung einer Motorüberlastung kann gemäß Erfindung das Expansionsventil so gesteuert werden, dass während Kompressor-Aus-Perioden es nur bei Umgebungstemperaturen schließt, die niedrig genug sind, um dem Kompressormotor den Wiederstart ohne über Überlastung zu ermöglichen.

**[0008]** Die Anzahl der mittels Ventilatoren aktivierten Serien-Verdampfer ist gemäß Erfindung nicht auf zwei begrenzt, sondern kann eine beliebige ganze Zahl sein, die zwei oder größer als zwei ist.

**[0009]** Erfindungsgemäß können die Ventilatoren, welche jeden der mehreren Verdampfer aktivieren, so gesteuert werden, dass ein jeweiliger Verdampfer-ventilator nur dann eingeschaltet wird, wenn die Temperatur der Kammer, worin er angeordnet ist, höher ist als sowohl eine Solltemperatur als auch die Temperatur des Serien-Verdampfers. Dadurch ist gewährleistet, dass während der Kälteerzeugung für die wärmeren Lagerabschnitte kältere Lagerabschnitte nicht erwärmt werden.

**[0010]** Erfindungsgemäß kann der Kompressormotor so gesteuert werden, dass er nur dann eingeschaltet wird, wenn wenigstens ein Verdampfer-ventilator eingeschaltet ist.

#### Ausführungsbeispiel

##### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0011]** **Fig. 1** ist eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung für den besonderen Fall:

- a) dreier Serien-Verdampfer,
- b) eines elektronisch gesteuerten Expansionsventils (EV),
- c) dass jeder Verdampfer-Ventilator nur dann eingeschaltet wird, wenn die Temperatur seiner zugehörigen Kältekammer sowohl eine Solltemperatur als auch eine Verdampfer-Temperatur übersteigt, und
- d) der Kompressor nur dann arbeitet, wenn wenigstens ein Verdampfer-Ventilator eingeschaltet ist.

**[0012]** **Fig. 2** zeigt ein Blockschaltbild eines Steuerungsteils mit Dualkomparator zwecks Einschalten eines Verdampfer-ventilators, wenn die Temperatur seiner zugehörigen Kältekammer sowohl eine Sollwerttemperatur als auch eine Verdampfer-Temperatur übersteigt.

**[0013]** **Fig. 3** zeigt einen Schaltplan eines Komparators mit Hysterese, welcher einen Teil von **Fig. 2** bildet.

**[0014]** **Fig. 4** zeigt ein Blockschaltbild der Steuerung für ein pulsweitenmoduliertes, elektronisches Expansionsventil sowie zwei Spannungs-Signalförmern, die von der Expansionsventil-Steuerung erzeugt werden.

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**[0015]** Obgleich das Blockschaltbild (**Fig. 1**) drei in Serie liegende Verdampfer zeigt, ist es nicht beabsichtigt, die Anzahl der Verdampfer zu beschränken. Sie kann jede ganze Zahl gleich oder größer als zwei betragen.

**[0016]** Die Erfindung macht von an sich bekannter Dampfkompansions-Kälteerzeugung Gebrauch, welche in vielfältigen Anwendungen Gemeingut ist und einen geschlossenen Kreislauf mit den Grundschritten darstellt: a) Verdichten von Kältemitteldampf, b) Kühlen des verdichteten Dampfes in einem Kondensator, wo er sich verflüssigt, c) Drücken von flüssigem Hochdruck-Kältemittel durch eine Drosselung wie ein Kapillarrohr oder Expansionsventil, wovon das Kältemittel als kaltes Niederdruck-Gemisch aus Flüssigkeit und Gas austritt, d) Leiten des kalten Niederdruck-Kältemittels durch einen Verdampfer, wo vom zu kühlenden Raum zum Kältemittel übertragene Wärme zum Verdampfen der flüssigen Komponente führt, so dass Kältemittel-Dampf den Verdampfer verläßt und durch eine Saugleitung zum Kompressor gelangt, wobei der Kreislauf geschlossen und der Zyklus der Kälteerzeugung wiederholt wird.

**[0017]** Der erfindungsgemäße Kreislauf zur Dampfkompansions-Kälteerzeugung ist in **Fig. 1** durch Linien und Pfeile angedeutet, die im Vergleich zu denen der Steuerungssignalförmern dicker und größer ausgezogen sind. Der Kreislauf besteht aus einem Kompressor, einem Kondensator, einem Expansionsventil EV und drei Verdampfern EVAP1, EVAP2, EVAP3, die in Serie liegen. Die drei Verdampfer kühlen jeweilige, thermisch isolierte Kammern CH1, CH2, CH3 auf Temperaturen, die durch Sollwert-Signale SP1, SP2, SP3 bestimmt sind, welche entweder voreingestellt oder durch einen Benutzer einstellbar sein können. Wie an sich bekannt, überträgt ein Wärmetauscher HE aus warmer, den Kondensator verlassender Flüssigkeit Wärme auf kalten Saugdampf zwecks Kühlung der Flüssigkeit, was die Kälteerzeugung

gungskapazität des Systems erhöht. Wie aus vorveröffentlichter US 5 406 805 A bekannt, sind die Verdampfer EVAP1, EVAP2, EVAP3 mit elektrisch angetriebenen Ventilatoren F1, F2, F3 ausgestattet, wodurch erheblich der Wärmetransport zu den jeweiligen Verdampfern erhöht wird. Ein Wärmetransport zu irgendeinem Verdampfer, dessen zugehöriger Ventilator ausgeschaltet ist, ist so gering, dass er funktionell als Durchgang arbeitet, der wenig Wärme zu oder von dem Kältemittel überträgt, welches ihn durchfließt. Mithin lässt sich jeder Verdampfer „aktivieren“, d. h., dadurch zur effektiven Wärmeübertragung veranlassen, dass sein zugehöriger Ventilator eingeschaltet wird, und dadurch deaktivieren, dass sein Ventilator ausgeschaltet wird. Wenn nur ein Verdampfer aktiviert ist, arbeitet das System im wesentlichen als eine Einzelverdampfer-Kältemaschine.

**[0018]** Vom Stand der Technik unterscheidet sich die Erfindung durch Verwendung eines Expansionsventils EV, welches auf Überwärme in der gesamten Kette von Serien-Verdampfern, d. h., auf die Differenz zwischen der Temperatur am Eingang zum ersten Verdampfer EVAP1 und der Temperatur am Ausgang des letzten Verdampfers in der Serienkette, im vorliegenden Fall EVAP3, anspricht. Die Temperaturen am Eingang zum ersten Verdampfer EVAP1 und am Ausgang des letzten Verdampfers EVAP3 werden durch Temperatursensoren SE1, SE2 erfaßt. Deren Temperatursignale sind den Eingängen zur Ventilsteuerung EV CONTROL zugeführt, welche das Expansionsventil EV im Sinne einer Erhöhung oder Verminderung des Kältemittelflusses ansprechen läßt, wenn Überwärme einen vorbestimmten Wert übersteigt bzw. unterschreitet. Ein derartiges Ansprechen stellt eine negative Rückkopplung dar und hat die Wirkung, die Überwärme auf dem vorbestimmten Wert oder nahe bei diesem zu halten, welcher normalerweise im Bereich von 3°–8° C liegt. Wenig Überwärme maximiert die Effizienz in zweifacher Hinsicht. Erstens gewährleistet sie eine vollständige Verdampfung innerhalb des Serienverdampfers, so dass die gesamte Verdampfungswärme aus dem flüssigen Kältemittel produktiv zum Kühlen der Kältekammern eingesetzt wird. Zweitens gewährleistet sie eine maximale Verdampfer-Temperatur entsprechend der Wärmebelastung für die Verdampfer, was Kompressorarbeit pro Einheit Wärmeenergie minimiert, welche den Kältekammern entzogen wird.

**[0019]** Aus Vorstehendem ist ersichtlich, dass das erfindungsgemäße System bei einem einzigen aktivierten Verdampfer im wesentlichen so funktioniert, als wenn es einen einzigen Verdampfer hätte, worin Überwärme entsprechend einem niedrigen Sollwert reguliert wird. Die Effizienz während des Kühlens jeder Kältekammer läßt sich deshalb nahezu maximieren, und zwar bei jeder Umgebungstemperatur und jeder Kältekammer-Temperatur innerhalb normaler Grenzen.

**[0020]** Nachstehend wird auf Komponenten und Signale mittels einer Index-Notation, beispielsweise CH<sub>n</sub>, T<sub>n</sub> mit n = 1, 2, 3 Bezug genommen.

**[0021]** Eine Kältekammer CH<sub>n</sub> erfordert dann eine Kälteerzeugung, wenn ihre Temperatur über eine Solltemperatur ansteigt, welche von einem Sollwertsignal SP<sub>n</sub> bestimmt wird. Erfordert mehr als eine Kammer eine Kühlung, und würden die Verdampfer für jene Kammern gleichzeitig aktiviert, würden die aktiven Verdampfer eine gemeinsame Temperatur annehmen, die oberhalb einer oder mehrerer der Solltemperaturen liegen könnte, und jene Kammern, deren Solltemperaturen unterhalb der gemeinsamen Verdampfer-Temperatur liegen, würden gewärmt anstatt gekühlt. Dies wird mittels der Erfindung dadurch vermieden, dass nur ein Ventilator F<sub>n</sub> eingeschaltet wird, wenn die beiden folgenden Bedingungen während eines Kompressor-Ein-Intervalls gleichzeitig erfüllt sind:

- a) die Temperatur der Kammer CH<sub>n</sub> liegt oberhalb ihrer Solltemperatur
- b) die Temperatur der Kammer CH<sub>n</sub> liegt oberhalb der gemeinsamen Verdampfer-Temperatur

**[0022]** Gemäß einer bevorzugten Ausbildung der Erfindung werden die beiden obigen Bedingungen a) und b) mittels Dualkomparatoren DC<sub>n</sub> wie in [Fig. 1](#) gezeigt realisiert. Ein Logikdiagramm eines solchen Dualkomparators ergibt sich aus [Fig. 2](#). Der Komparator COMP<sub>n</sub> besitzt eine Hysterese und vergleicht ein Kammertemperatursignal T<sub>n</sub> mit einer Sollwerttemperatur SP<sub>n</sub> und geht in einen logischen High-Level über, wenn die Kammertemperatur die Sollwerttemperatur um ein Temperatur-Inkrement ΔT übersteigt, was durch die Hysterese in dem genannten Komparator COMP<sub>n</sub> bestimmt wird. Der Komparator COMP<sub>Bn</sub> vergleicht T<sub>n</sub> mit einem Verdampfer-Temperatursignal TE und geht auf logisch „high“ über, wenn die Kammertemperatur die Verdampfer-Temperatur übersteigt. Um TE das Erreichen eines Gleichgewichts vor dem Vergleich mit T<sub>n</sub> zu ermöglichen, wird in einem Verzögerungsschalter DYSW eine Zeitverzögerung von typisch zwei Minuten beim Kompressorstart initiiert. Vor der Initialisierung der Zeitverzögerung ist DYSW geöffnet, der Ausgang von COMP<sub>Bn</sub> wird auf logisch „high“ mittels eines Pulldown-Widerstands RP gehalten, und sowohl F<sub>n</sub> als auch ORA werden einzig von dem Komparator COMP<sub>n</sub> gesteuert. Nach dem Verzögerungsintervall schließt der Verzögerungsschalter DYSW, und TE wird an COMP<sub>Bn</sub> gelegt, und das UND-Gatter A stellt den Ausgang von DC<sub>n</sub> auf logisch „high“ nur, wenn die Ausgänge von COMP<sub>n</sub> und COMP<sub>Bn</sub> beide logisch „high“ sind. Wird der Ausgang des UND-Gatters logisch „high“, wird der Ventilator F<sub>n</sub> eingeschaltet. Werden ein oder mehrere Ausgänge des Dualkomparators DC<sub>n</sub> logisch „high“, steuert das in [Fig. 1](#) gezeigte ODER-Gatter ORA den Kompressor-Motor derart an, dass er eingeschaltet wird.

**[0023]** [Fig. 3](#) ist ein Schaltplan für eine Ausführungsform des Komparators COMPAn, wobei der Temperatursensor Sn ein in der Kammer CHn angeordneter Thermistor mit negativem Temperaturkoeffizienten ist, und der Temperatursollwert SPn über den variablen Widerstand VRn eingestellt werden kann. Der Ausgang eines Hochleistungs-Differenzverstärkers DAN geht von einem logischen „low“-Zustand auf einen logischen „high“-Zustand über, wenn die Differenz zwischen der Spannung an seinem Plus-Eingang und der Spannung an seinem Minus-Eingang von negativ auf positiv übergeht. Übergänge treten auf, wenn

Temperatur von CHn = [(Temperatursollwert)n +/-  $\Delta T_n$ ],

wobei  $\Delta T_n$  ein durch die Werte der Widerstände R2n und Ran bestimmtes Temperaturband ist und (Temperatursollwert)n durch R1n, R2n, die Einstellung von VRn und den Widerstand von Sn als Funktion des Temperatur bestimmt wird.

**[0024]** Obwohl erfindungsgemäß ein Thermostat-Expansions-Ventil wie in US 4 459 819 (Seite 1, Zeilen 40–68) beschrieben verwendet werden kann, wird bei der bevorzugten Ausführungsform gemäß [Fig. 1](#) eine Pulsweitensteuerung für ein Expansionsventil verwendet, was im Stand der Technik an sich bekannt und in US 4 459 819 beschrieben ist. Kurz gesagt, bei der Pulsweitensteuerung wird von einer Öffnung Gebrauch gemacht, die in Serie mit einem Ventil liegt, das entweder voll geöffnet oder vollständig geschlossen ist. Das Ventil wird mit konstanter Frequenz pulsierend geöffnet und für eine regulierbare Zeit offengehalten. Die durchschnittliche Durchflußrate an Kältemittel ist proportional zur Zeit, innerhalb welcher das Ventil offengehalten wird.

**[0025]** [Fig. 4](#) zeigt ein Blockschaltbild einer bevorzugten Ausführungsform EV CONTROL für eine Pulsweitensteuerung des Expansionsventils, welche das Expansionsventil EV periodisch öffnet und das Verhältnis „Ein-Zeit/Periode“ entsprechend dem Zunehmen der Überhitze erhöht. Der Ausdruck „Ein-Zeit“ ist als Zeit definiert, innerhalb welcher das Expansionsventil offengehalten wird, und bezieht sich auf [Fig. 4](#) der vorliegenden Beschreibung und [Fig. 5](#) von US 4 459 819. Die Temperatursensoren SE1 und SE2 liefern Temperatur-Eingangssignale T1, T2 zur Pulsweitensteuerung EV CONTROL. Die Differenz zwischen einem Überhitzungssignal SUPERHEAT SIGNAL (T2-T1) und einem Überhitzungs-Sollwert SHSP wird vom Differenzverstärker DA verstärkt, wodurch ein Steuersignal erzeugt wird, welches an den Steueranschluß CTL eines einstellbaren, monostabilen Multivibrators VARIABLE ONE-SHOT MULTIVIBRATOR gelegt wird. Ein Trigger-Impuls-Generator TRIGGER PULSE GENERATOR initiiert Spannungspulse am Anschluß OUT

des Multivibrators, und die Dauer der Impulse am Anschluß OUT erhöht sich mit zunehmender Spannung am Steuereingang CTL. Die Impulse vom Anschluß OUT werden an das Expansionsventil EV zwecks dessen Öffnung gelegt.

**[0026]** Gemäß der bevorzugten Ausführungsform nach [Fig. 1](#) liefert der Temperatursensor SE1 neben einem Eingangssignals für die Pulsweitensteuerung EV CONTROL noch ein Verdampfer-Eingangssignal TE an den Dualkomparator DCn zur Steuerung eines Ventilators Fn und des Kompressormotors, wie zuvor beschrieben.

**[0027]** Die Pulsweitensteuerung EV CONTROL vermindert ferner Stop-Start-Verluste, wobei noch bei einem erneuten Kompressorstart eine Motor-Überlastung vermieden wird, indem während Kompressor-Aus-Perioden das Expansionsventil EV geschlossen wird, wodurch eine Eintragsmigration (was einen Stop-Start-Verlust verursachen würde) verhindert wird. Dies erfolgt aber nur bei Umgebungstemperaturen. Darunter würde eine Motorüberlastung auftreten, wenn die Drücke von Verdampfer und Kondensator sich nicht ausgleichen konnten. Gemäß [Fig. 4](#) sind ein Umgebungstemperatursensor SA und ein Umgebungstemperatur-Sollwertsignal TASP vorgesehen. Das Signal TASP ist so eingestellt, dass der Ausgang des Komparators COMPC auf logisch „high“-Pegel übergeht, wenn die Umgebungstemperatur dem Mindestwert gleicht oder diesen übersteigt, bei welchen die Überlastung des Kompressormotors auftreten würde, wenn die Kondensator- und Verdampfer-Drücke sich nicht ausgleichen konnten. Der Ausgang des Komparators COMPC bildet einen Eingang zum ODER-Gatter ORB. Der zweite Eingang in das ODER-Gatter ORB wird vom Ausgang des ODER-Gatters ORA ([Fig. 1](#)) gebildet, welcher Ausgang auf einen logischen High-Level übergeht, wenn der Kompressormotor eingeschaltet wird. Der Ausgang des ODER-Gatters ORB geht auf einen logischen High-Level über und gibt den monostabilen Multivibrator ONE-SHOT-MULTIVIBRATOR frei, der Impulse an das offene Expansionsventil EV anlegt, wenn entweder der Kompressormotor eingeschaltet ist oder die Umgebungstemperatur diejenige überschreitet, bei welcher ein Druckausgleich benötigt wird. Somit wird, sobald der Kompressormotor ausgeschaltet wird, das Expansionsventil EV geschlossen, wenn ein Druckausgleich zwar unnötig, jedoch weiterhin pulsiert, wenn ein Druckausgleich zur Vermeidung einer Motor-Überlastung bei erneutem Starten benötigt wird.

**[0028]** Liegt die Verdampfer-Temperatur oberhalb des Gefrierbereichs, wenn in einer besonders kalten Kammer CHj Kälte erzeugt wird, werden während der Kälteerzeugung in dieser Kammer CHj die anderen Kammern entfrosten.

### Patentansprüche

1. Dampfkompansions-Kälteerzeugungssystem, das aufweist:

einen Kompressor mit einem Saugelaß und einem Entnahmeauslaß, wobei der Kompressor von einem Kompressormotor angetrieben wird, einen Kondensator mit einem Einlaß und einem Auslaß, wobei dem Kondensatoreinlaß komprimierter Kältemitteldampf von dem Entnahmeauslaß des Kompressors zugeführt wird, mit:

a) zwei oder mehr thermisch isolierten Kammern (CH<sub>n</sub> mit  $n = 1, 2, 3, \dots N$ , und mit  $N \geq 2$ ) mit jeweils einem Verdampfer (EVAP<sub>n</sub>), wobei jeweils der Auslaß vom Verdampfer (EVAP<sub>n</sub>) über einen Kältemitteldurchgang mit dem Einlaß von einem nächsten Verdampfer (EVAP<sub>(n + 1)</sub> für  $n < N$ ) verbunden ist, und der Auslaß von dem letzten Verdampfer (EVAP<sub>N</sub>) über einen Kältemitteldurchgang mit dem Saugelaß des Kompressors verbunden ist,

b) einem Expansionsventil (EV) mit einem Einlaß, der über einen Kältemitteldurchgang (HE) mit dem Kondensator-Auslaß verbunden ist, und mit einem Auslaß, der über einen Kältemittelaingang mit dem Einlaß des ersten Verdampfers (EVAP<sub>1</sub>) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass

c) eine Expansionsventil-Steuerung (EV CONTROL) auf die Temperaturdifferenz zwischen dem Auslaß des letzten Verdampfers (EVAP<sub>N</sub>) und dem Einlaß des ersten Verdampfers (EVAP<sub>1</sub>) anspricht und das Expansionsventil (EV) dementsprechend ansteuert, so dass der Kältemittelstrom zu- oder abnimmt, wenn die besagte Temperaturdifferenz eine Soll-Temperaturdifferenz übersteigt bzw. darunter liegt,

d) und die Verdampfer (EVAP<sub>n</sub>) jeweils mit einem elektrisch angetriebenen Ventilator (F<sub>n</sub>) ausgestattet sind, der, wenn eingeschaltet, Luft über die Oberfläche des jeweiligen Verdampfers (EVAP<sub>n</sub>) bewegt, um die Wärmeübertragung vom Verdampfer (EVAP<sub>n</sub>) zu fördern.

2. Kälteerzeugungssystem nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch:

einen Temperatursensor (S<sub>n</sub>) innerhalb der jeweiligen Kammer (CH<sub>n</sub>) zur Erzeugung eines Signals (T<sub>n</sub>) entsprechend der Temperatur im Inneren der Kammer (CH<sub>n</sub>),

einen Verdampfertemperatursensor (SE) zur Erzeugung eines Signals (TE) entsprechend der Verdampfertemperatur,

einen Zeitverzögerungsschalter (DYSW) mit ersten und zweiten Anschlüssen, wobei das Signal (TE) des Verdampfertemperatursensors (SE) mit dem ersten Anschluß verbunden ist, der vom zweiten Anschluß getrennt wird, wenn der Kompressor nicht läuft, und der erste und zweite Anschluß miteinander während eines Zeitintervalls verbunden werden, das ein bis fünf Minuten nach dem Kompressorstart beginnt und fort dauert, bis der Kompressor aufhört zu laufen, den Benutzer einstellbare Temperatur-Sollwertsigna-

le (SP<sub>n</sub>),

Dualkomparatoren (DC<sub>n</sub>) jeweils mit einem ersten, zweiten und dritten Eingang, wobei der erste Eingang das jeweilige Kammertemperatursignal (T<sub>n</sub>), der zweite Eingang das jeweilige Kammer-Sollwertsignal (SP<sub>n</sub>), der dritte Eingang das Signal vom zweiten Anschluß des Zeitverzögerungsschalters (DYSW) ist, und der Ausgang des jeweiligen Dualkomparators (DC<sub>n</sub>) den jeweiligen Ventilator (F<sub>n</sub>) nur dann zum Einschalten ansteuert, wenn das jeweilige Kammertemperatursignal (T<sub>n</sub>)

a) sowohl das jeweilige Kammer-Sollwertsignal (SP<sub>n</sub>) um ein vorbestimmtes Inkrement ( $\Delta T_n$ ) übertrifft und

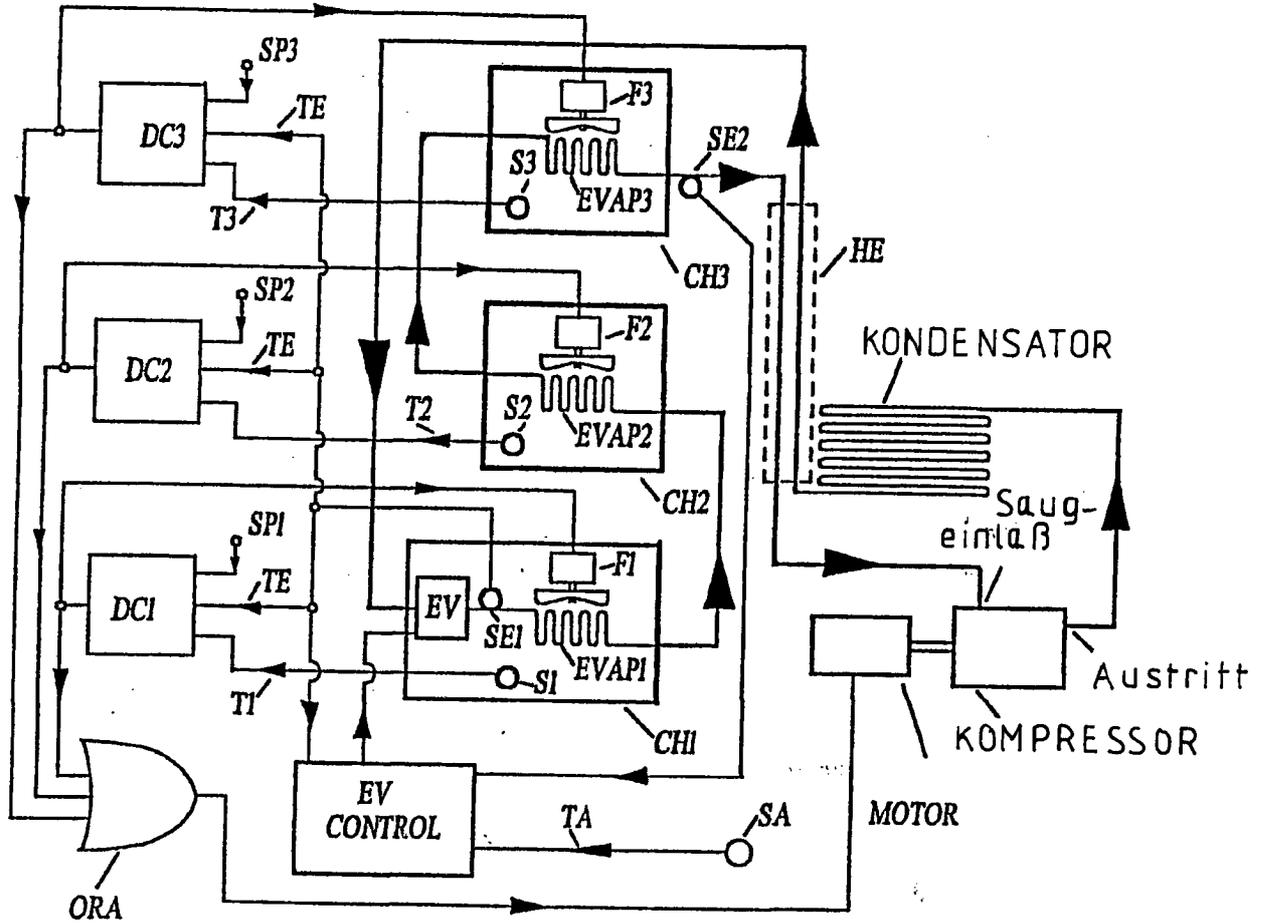
b) das Signal am dritten Eingang übertrifft, wobei der Ausgang des jeweiligen Dualkomparators (DC<sub>n</sub>) den Ventilator (F<sub>n</sub>) zum Ausschalten ansteuert, wenn das Kammertemperatursignal (T<sub>n</sub>) das Kammer-Sollwertsignal (SP<sub>n</sub>) um ein vorbestimmtes Inkrement ( $\Delta T_n$ ) unterschreitet,

ein ODER-Gatter mit den Ausgängen der Dualkomparatoren (DC<sub>n</sub>) jeweils zugeordneten Eingängen, wobei der ODER-Gatterausgang den Kompressormotor zum Einschalten ansteuert.

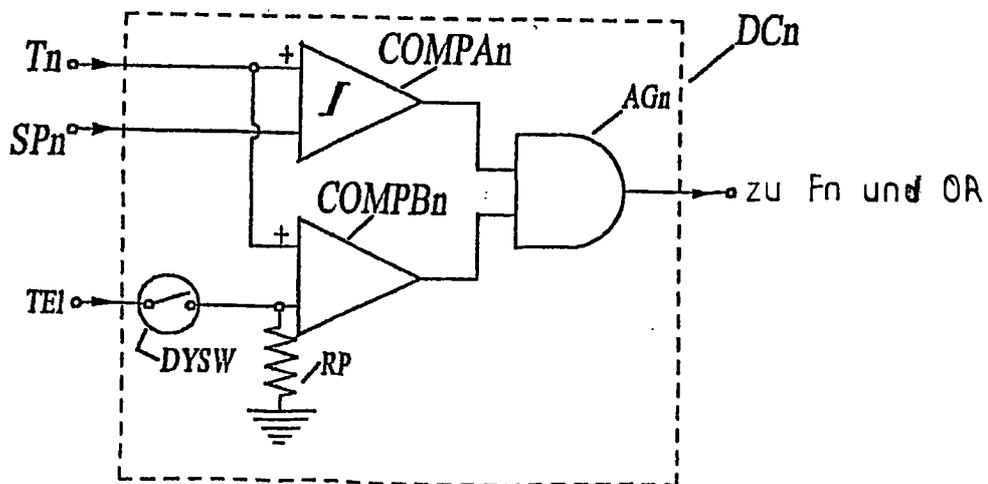
3. Kältemaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Expansionsventil (EV) pulsweitengesteuert ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

FIGUR 1

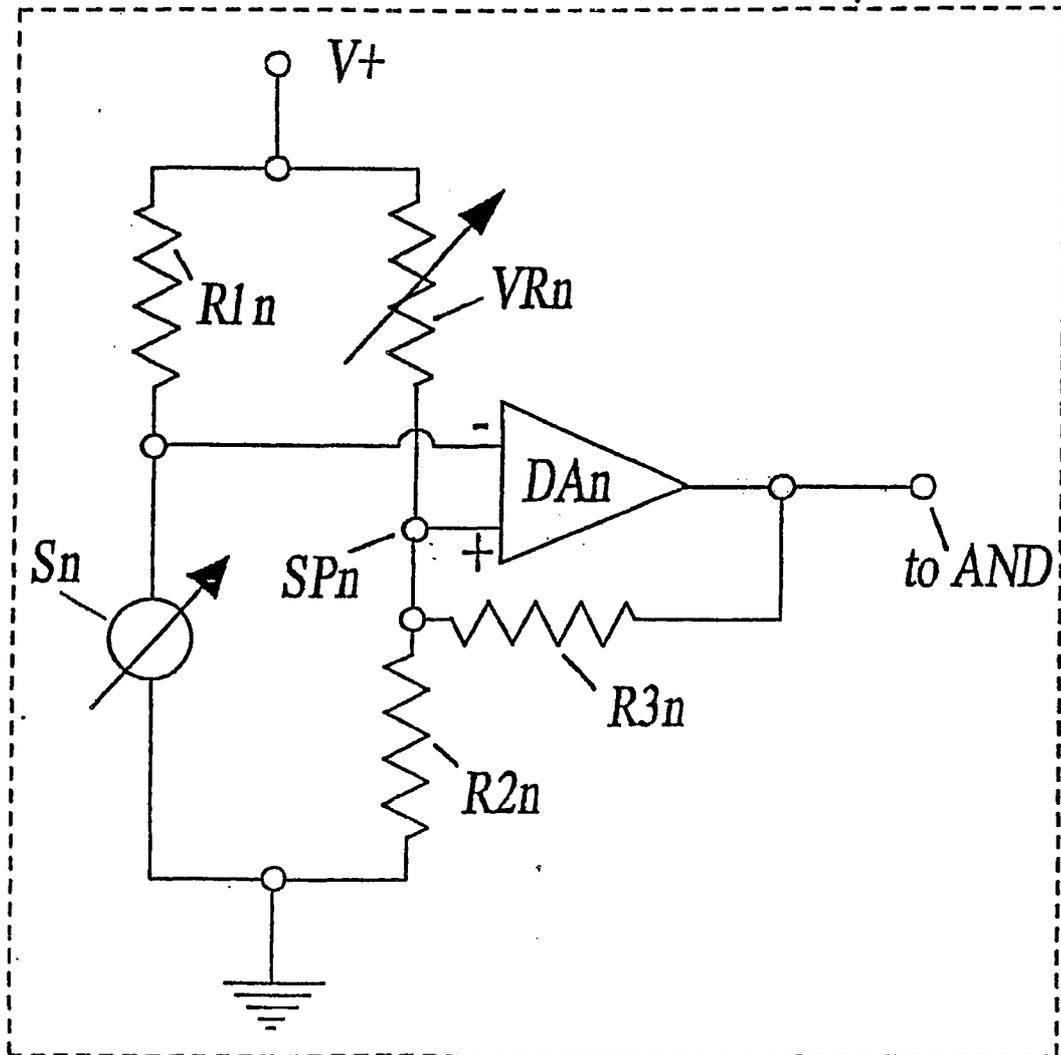


FIGUR 2



FIGUR 3

COMPAn



FIGUR 4

