



(10) **DE 103 12 556 B4** 2005.03.24

Patentschrift

(51) Int Cl.⁷: **B60H 1/32**
F25B 49/02, F24F 11/02

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 195 24 199 C1
DE 198 41 765 A1
DE 198 32 479 A1
EP 09 15 306 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Klimaanlage für ein Fahrzeug, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Eine allgemein bekannte Klimaanlage weist wenigstens einen Klimaverdichter, wenigstens ein Expansionsorgan und wenigstens einen ersten Wärmetauscher auf, die nacheinander angeordnet und durch Arbeitsmittelleitungen für einen Arbeitsmittelkreislauf verbunden sind. Der Arbeitsmittelkreislauf ist in Fließrichtung des Arbeitsmittels gesehen in einen zwischen einem druckseitigen Anschluss des Klimaverdichters und dem Expansionsorgan befindlichen Hochdruckbereich mit Hochdruck und einen zwischen dem Expansionsorgan und einem saugseitigen Anschluss des Klimaverdichters befindlichen Niederdruckbereich mit Niederdruck geteilt. Das Arbeitsmittel ist zwischen dem saugseitigen und druckseitigen Anschluss mittels dem Klimaverdichter von Niederdruck auf Hochdruck für einen Druckanstieg verdichtbar.

[0003] Bei einer regelmäßig eingesetzten Klimaanlage ist neben dem ersten Wärmetauscher ein zweiter Wärmetauscher in den Arbeitsmittelkreislauf eingebunden, wobei der erste Wärmetauscher im Hochdruckbereich und der zweite Wärmetauscher im Niederdruckbereich angeordnet ist. Daraus ergibt sich bei einem Betrieb der Klimaanlage als Kälteanlage folgender Arbeitsmittelkreislauf: Im Klimaverdichter wird das gasförmig vorliegende Arbeitsmittel komprimiert und über eine Arbeitsmittelleitung zum ersten Wärmetauscher geleitet. Da der erste Wärmetauscher mit Umgebungsluft umströmt ist, wird das Arbeitsmittel abgekühlt bzw. wenigstens teilweise kondensiert und fließt über eine Arbeitsmittelleitung zum Expansionsorgan. Dort wird das Arbeitsmittel entspannt und dem zweiten Wärmetauscher, der von der dem Fahrzeuginnenraum zuzuführenden Nutzluft umströmt ist, zugeführt. Der vorbeiströmenden Nutzluft, die zugleich teilweise entfeuchtet wird, wird Wärme entzogen, wodurch einerseits das Arbeitsmittel weitgehend verdampft wird und andererseits die Temperatur der Nutzluft gesenkt wird, so dass der Fahrzeuginnenraum mit der abgekühlten Nutzluft beaufschlagt und somit gekühlt wird. Das nach dem zweiten Wärmetauscher weitgehend gasförmig vorliegende Arbeitsmittel wird zum Klimaverdichter weitergeführt und dort für ein Schließen des Arbeitsmittelkreislaufes wieder verdichtet.

[0004] Neben dem Kälteanlagentrieb ist ein Betreiben der Klimaanlage als Wärmepumpe ebenfalls bekannt. Dabei wird der eben beschriebene Kreislauf in umgekehrter Fließrichtung des Arbeitsmittels durchströmt, so dass am zweiten Wärmetauscher, der mit

dem Fahrzeuginnenraum in Verbindung steht und nun als Kondensator bzw. Gaskühler eingesetzt ist, Wärme abgegeben wird für ein Aufheizen des Fahrzeuginnenraums. Zudem ist ein dritter Wärmetauscher, der z. B. als Abgaswärmetauscher ausgeführt ist, in den Arbeitsmittelkreislauf eingebunden, mittels dem im Niederdruckbereich das Arbeitsmittel wieder verdampft wird. Auch ist ein sog. Dreiecksprozess bei Klimaanlagen für ein Kraftfahrzeug eingesetzt, bei dem das Arbeitsmittel im Klimaverdichter verdichtet und im Expansionsorgan entspannt wird, so dass im Niederdruckbereich mittels einem ersten Wärmetauscher dem Arbeitsmittel Wärme entzogen wird. Das Arbeitsmittel liegt dabei während des ganzen Prozesses weitgehend gasförmig vor.

[0005] Unabhängig von der Ausführung der Klimaanlage besteht oftmals die Problematik, dass bei Inbetriebnahme der Klimaanlage, insbesondere bei hohen Umgebungslasten und bei starken Drehzahlsprüngen des Klimaverdichterantriebs bei der Verdichtung des Arbeitsmittels von Niederdruck auf Hochdruck mittels dem Klimaverdichter sehr hohe Druckanstiegsgeschwindigkeiten vorliegen. Dabei können sich insbesondere Druckspitzen und Überschwinger in Bereichen oberhalb des maximalen Arbeitsdrucks einstellen, so dass dadurch eine Überbelastung der beteiligten Systembauteile auftreten kann bzw. eine im Arbeitsmittelkreislauf eingebaute Sicherheitskomponente ansprechen kann. Dadurch wird einerseits die Lebensdauer der betroffenen Systembauteile nachteilig gesenkt, was zu einem früheren Reparaturfall und somit höheren Reparaturkosten führen kann und andererseits kann bei einem Ansprechen der Sicherheitskomponente die Klimaanlage vollständig abschalten. Zudem können dadurch ungünstige Unterschwinger in der Temperaturregelung nach dem Verdampfer auftreten, was zu einer unerwünschten Vereisung desselben führen kann.

[0006] Aus der DE 198 32 479 A1 ist eine gattungsgemäße Klimaanlage bekannt, die im Grundaufbau der oben beschriebenen Klimaanlage entspricht. Der Kreislauf dieser Klimaanlage wird mittels einer elektronischen Steuereinheit geregelt, in die einerseits der Temperaturwert der durch den zweiten Wärmetauscher geströmten, abgegebenen Luft und andererseits der Niederdruck als Saugdruck eingegeben wird. Abhängig von diesen erfassten Werten und zusätzlich von der Umgebungstemperatur und der gewünschten Abkühlung im Fahrzeuginnenraum erfolgt eine Regelung des Kreislaufs durch Regelung des Klimaverdichters. Das Expansionsorgan ist dabei als Festdrossel ausgebildet und Druckspitzen werden durch ein Druckbegrenzungsventil abgebaut, wodurch der schnelle Druckanstieg nicht beeinflusst wird.

[0007] Die DE 195 24 199 C1 zeigt eine Klimaanlage für ein Kraftfahrzeug, die einen regelmäßigen ver-

wendeten Aufbau mit einem Klimaverdichter, einem ersten Wärmetauscher als Kondensator, einem Expansionsorgan und einem zweiten Wärmetauscher als Verdampfer aufweist. Die einzelnen Bauteile sind durch Arbeitsmittelleitungen für einen Arbeitsmittelkreislauf verbunden. Der Verdampfer ist in einem Luftverteilerkanal angeordnet, der zum Fahrzeuginnenraum führt und mit einem Luftstrom beaufschlagt werden kann. Der Luftstrom kann dabei mittels einer Klappenbetätigung wahlweise auf Frischluftzufuhr oder auf Umluftbetrieb eingestellt sein. Das Expansionsorgan und der Klimaverdichter teilen die Klimaanlage in einen Niederdruckbereich und einen Hochdruckbereich, wobei sowohl im Niederdruckbereich als auch im Hochdruckbereich jeweils ein Drucksensor zur Erfassung des Arbeitsmitteldruckes angeordnet ist. Fällt der Arbeitsmitteldruck unterhalb eines für jeden Drucksensor separat voreinstellbaren, minimal zulässigen Grenzwert, so wird ein Detektionssignal durch den Drucksensor erzeugt, mittels dem die Klappensteuerung der betätigbaren Klappe für den Luftstrom auf Frischluftzufuhr eingestellt wird. Somit wird mittels der beiden Drucksensoren ein Druckabfall im Arbeitsmittelkreislauf überwacht, so dass hiermit eine etwaige Leckage des Arbeitsmittelkreislaufs erkannt werden kann. Ist ein derartiger Druckabfall durch einen der beiden Drucksensoren erfasst, so wird mit einer entsprechenden Regel-/Steuereinheit die im Luftverteilerkanal angeordnete Klappe betätigt, so dass der Luftstrom auf Frischluftzufuhr eingestellt wird. Dadurch wird das aus der Leckage der Klimaanlage austretende und möglicherweise in den Fahrzeuginnenraum gelangte Arbeitsmittel durch die zuströmende Frischluft derart verdünnt, dass ein mögliches Gefahrenpotenzial für die Fahrzeuginsassen gesenkt ist.

[0008] In der EP 0 915 306 A2 ist eine Klimaanlage beschrieben, bei der die Arbeitsmittelleitung im Hochdruckbereich zwischen dem ersten Wärmetauscher und dem Expansionsorgan und die Arbeitsmittelleitung im Niederdruckbereich zwischen dem zweiten Wärmetauscher und dem Klimaverdichter mit einem inneren Wärmetauscher verbunden sind. Somit wird das gasförmige Arbeitsmittel im Niederdruckbereich im inneren Wärmetauscher zusätzlich weiter erwärmt, wodurch die Leistung des Klimasystems verbessert werden kann. Zudem sind unterschiedliche Ausführungsvarianten beschrieben, mittels denen der innere Wärmetauscher entweder im Hochdruckbereich oder im Niederdruckbereich durch eine Bypassleitung, in der ein regelbares Ventil angeordnet ist, umgangen werden kann. Das in der Bypassleitung angeordnete Ventil wird beispielsweise in Abhängigkeit der Arbeitsmitteltemperatur im Hochdruckbereich gesteuert. Die vorstehenden Probleme treten auch hier auf.

Aufgabenstellung

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Klimaanlage zu schaffen, die ein einfach beherrschbares Regelverhalten aufweist und deren Bauteile vor einer Drucküberlastung geschützt sind.

[0010] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0011] Gemäß Anspruch 1 ist wenigstens ein Drucksensor im Hochdruckbereich für eine Erfassung des Hochdrucks angeordnet. Zudem ist eine Regel-/Steuereinheit zur Regelung/Steuerung des Arbeitsmittelkreislaufes vorgesehen, an die eingangsseitig der Drucksensor als Ist-Druckwertgeber und ausgangsseitig wenigstens ein steuerbares Druckstellelement des Klimaverdichters als Stellglied angeschlossen sind. Des weiteren enthält die Regel-/Steuereinheit einen Sollwertgeber, an dem ein Druckgradienten-Sollwert entsprechend einem Druckanstieg in einem vorgegebenen Zeitraum eingestellt ist. Bei einer von der Regel-/Steuereinheit ermittelten Regelabweichung eines über das Drucksensorsignal und ein Zeitglied festgestellten Druckgradienten-Istwerts vom Druckgradienten-Sollwert ist ein zugeordnetes Stellsignal zum Abbau der Regelabweichung an das wenigstens eine steuerbare Druckstellelement des Klimaverdichters abgebar.

[0012] Vorteilhaft bei dieser Klimaanlage ist, dass mittels der Regel-/Steuereinheit ein vorbestimmter Druckgradienten-Sollwert beim Druckanstieg in einem vorgegebenen Zeitraum erhalten werden kann. Der Druckgradienten-Sollwert ist so in der Regel-/Steuereinheit eingestellt, dass der Druckanstieg von Niederdruck auf Hochdruck „sanft“ umgesetzt wird. Damit ist die Gefahr von Überspringern über eine vorzugsweise vorbestimmte Druckobergrenze weitgehend vermieden. Zudem ist einer Überbelastung der beteiligten Systembauteile, das alle im Hochdruckbereich angeordneten Bauteile sind, wie z. B. der erste Wärmetauscher oder die dementsprechenden Arbeitsmittelleitungen die den Klimaverdichter mit dem Wärmetauscher bzw. den Wärmetauscher mit dem Expansionsorgan verbinden, entgegengewirkt. Mit dem Drucksensor wird der jeweilige Ist-Druckwert ermittelt und an die Regel-/Steuereinheit weitergegeben. Dort werden die eingehenden Druckwerte in Abhängigkeit von der mittels dem Zeitglied festgestellten Zeiteinheit für den Druckgradienten-Istwert aufintegriert, der anschließend mit dem Druckgradienten-Sollwert verglichen wird. Bei einer Abweichung des Druckgradienten-Istwerts vom Druckgradienten-Sollwert wird ein Stellsignal an das steuerbare Druckstellelement des Klimaverdichters abgegeben, so dass der Klimaverdichter dementsprechend angepasst wird, dass der Druckgradienten-Sollwert erreicht werden kann. Diese Regelung des Druckanstiegs kann weitgehend unabhängig von

der Betriebsweise bzw. unabhängig von der Ausführung und vom Aufbau der Klimaanlage angewendet werden. Sowohl im Kälteanlagenbetrieb als auch im Wärmepumpenbetrieb, aber auch bei Anwendung des sog. Dreiecksprozesses kann mit der erfindungsgemäßen Regel-/Steuereinheit zusammen mit dem wenigstens einen Drucksensor im Hochdruckbereich ein geregelter Druckanstieg erreicht werden. Das verwendete Arbeitsmittel ist dabei ohne Einfluss auf die Regelung des Druckanstiegs.

[0013] In einer bevorzugten Ausführungsform gemäß Anspruch 2 kann das steuerbare Druckstellelement ein druckseitiges Regelventil und/oder ein saugseitiges Regelventil des Klimaverdichters sein. Somit kann mit einfachen Mitteln der Klimaverdichter bei einer Regelabweichung so angesteuert werden, dass der gewünschte Druckanstieg gemäß dem Druckgradienten-Sollwert erreicht werden kann. Grundsätzlich kann sowohl das druckseitige Regelventil als auch das saugseitige Regelventil angesteuert werden, wobei sich in Versuchen gezeigt hat, dass bei einer Regelung des druckseitigen Regelventils die Dynamik des Systemprozesses gegenüber einer Regelung des saugseitigen Regelventils verbessert ist.

[0014] In einer alternativen Ausführung kann das steuerbare Druckstellelement gemäß Anspruch 3 eine Leistungsregelung für den Antrieb des Klimaverdichters sein. Ist der Klimaverdichter beispielsweise mit einem Elektromotor betrieben, so kann über eine Leistungsregelung des Elektromotors der Druckgradienten-Istwert bei einer Abweichung vom Druckgradienten-Sollwert eingestellt werden.

[0015] Gemäß Anspruch 4 kann der Druckgradienten-Sollwert innerhalb des Regelbereichs konstant sein. Damit wird bei jeder erkannten Regelabweichung vom Druckgradienten-Sollwert ein konstanter Druckanstieg in einem vorgegebenen Zeitraum aufgrund der Regelung der Regel-/Steuereinheit erhalten.

[0016] Alternativ dazu kann gemäß Anspruch 5 der Druckgradienten-Sollwert innerhalb des Regelbereichs veränderbar sein. D. h., dass mit steigenden Hochdruck der Betrag des Druckgradienten reduzierbar ist. Wird diese Reduzierung schrittweise vollzogen, so ergibt sich eine Aneinanderreihung fallender Gradienten, so dass die Hochdruckgrenze asymptotisch angefahren wird. Ist der Systemhochdruck noch niedrig, so kann ein hoher Gradient gewählt werden, wobei mit zunehmenden Systemhochdruck der Betrag des Druckgradienten reduziert wird und somit der Druckverlauf flacher wird. Die dabei entstehende Rampe aus dem zusammengesetzten Gradienten G ist dabei als Funktion des Systemhochdrucks p zu sehen, wobei $G = f(p)$ und die Anzahl der Gradienten beliebig ist.

[0017] Der geregelte Druckanstieg kann gemäß Anspruch 6 über die Druckgradientenregelung im gesamten Systemhochdruckbereich erfolgen. D. h., dass sofort nach Zuschalten der Klimaanlage der Prozess gebremst und kontrolliert angefahren wird. Während des weiteren Betriebs der Klimaanlage wird jede Hochdruckänderung zu höheren Werten mit dem vorgegebenen Druckgradienten-Sollwert realisiert.

[0018] Ist gemäß Anspruch 7 in der Regel-/Steuereinheit ein Schwellwertgeber enthalten und ein vorgegebener Hochdruckwert als Druckschwellwert festgelegt, so kann der geregelte Druckanstieg über die Druckgradientenregelung im Hochdruckbereich bei einer Überschreitung des Druckschwellwertes erfolgen. Wird also beim Zuschalten bzw. beim Betrieb der Klimaanlage der Druckschwellwert erreicht, so wird von diesem Zeitpunkt an der Hochdruck kontrolliert gemäß dem vorgegebenen Druckgradienten-Sollwert angehoben.

[0019] Zudem kann der Druckgradienten-Sollwert in seiner Größe vor Inbetriebnahme der Klimaanlage vom Systemausgleichsdruck abhängig gemacht werden. D. h. je höher der Systemausgleichsdruck, desto niedriger der Druckgradienten-Sollwert und umgekehrt. Dadurch wird bei hohem Systemausgleichsdruck der Druckanstieg von Beginn an stärker gebremst als bei niedrigem Systemausgleichsdruck.

[0020] Ist gemäß Anspruch 8 in der Regel-/Steuereinheit ein Grenzwertgeber enthalten, kann ein vorgegebener Hochdruckgrenzwert als Maximaldruck des Hochdruckbereichs festgelegt sein. Durch den geregelten Druckanstieg mittels der Druckgradientenregelung wird der Maximaldruck kontrolliert erreicht, so dass ein Überschwingen des Ist-Druckwertes weitgehend ausgeschlossen ist.

[0021] In einer besonders bevorzugten, konkreten Ausführung kann gemäß Anspruch 9 der wenigstens eine Drucksensor direkt benachbart zum druckseitigen Anschluss des Klimaverdichters im Hochdruckbereich angeordnet sein. Bei dieser Anordnung des Drucksensors direkt benachbart zum druckseitigen Anschluss des Klimaverdichters kann die Dynamik des Systems und der damit verbundene Druckanstieg schnellstmöglichst erfasst werden, so dass eine Regelung des Druckgradienten-Istwerts sofort erfolgen kann. Grundsätzlich können im Hochdruckbereich mehrere Drucksensoren angeordnet sein, deren Messwerte zusammen in der Regel-/Steuereinheit zur Ermittlung des Druckgradienten-Istwerts umgesetzt werden.

[0022] Gemäß Anspruch 10 kann die Klimaanlage im Kälteanlagenbetrieb oder im Heiz-/Zuheizbetrieb betrieben werden. Unabhängig von der Betriebsart bzw. von der Ausführung und vom Aufbau der Klima-

anlage kann die erfindungsgemäße Druckgradientenregelung angewendet werden. Der konkrete Aufbau der Klimaanlage, wie z. B. als Wasser- oder Luftwärmepumpe bzw. als Heißgas- oder Dreiecksprozess ist dabei unabhängig für die Anwendung der Druckgradientenregelung.

[0023] Mit der Verwendung von CO₂ als Arbeitsmittel gemäß Anspruch 11 ist ein anerkannt umweltfreundliches Arbeitsmittel eingesetzt. Grundsätzlich kann als Arbeitsmittel jeder andere Stoff mit vergleichbaren physikalischen Eigenschaften, wie z. B. das Kältemittel R134a, eingesetzt werden. Die erfindungsgemäße Druckgradientenregelung ist unabhängig vom eingesetzten Arbeitsmittel.

Ausführungsbeispiel

[0024] Anhand einer Zeichnung wird die Erfindung näher erläutert.

[0025] Es zeigen:

[0026] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Klimaanlage, mit der eine erfindungsgemäße Druckgradientenregelung möglich ist, wobei mit Pfeilen die Fließrichtung eines Arbeitsmittels im Kälteanlagenbetrieb eingezeichnet ist,

[0027] Fig. 2 eine schematische Darstellung der Klimaanlage von Fig. 1, wobei mit Pfeilen die Fließrichtung für den Wärmepumpenbetrieb eingezeichnet ist, und

[0028] Fig. 3 eine schematische Darstellung von unterschiedlichen Druckanstiegen in einem Druck-Zeit-Diagramm.

[0029] In Fig. 1 ist schematisch eine Klimaanlage 1 dargestellt, mit der ein Kälteanlagenbetrieb und ein Wärmepumpenbetrieb möglich ist.

[0030] Im Kälteanlagenbetrieb wird das gasförmig vorliegende Arbeitsmittel in einem Klimaverdichter 2 komprimiert und über eine Arbeitsmittelleitung 3 zu einem Schaltventil 4 geleitet, von wo aus es über eine Arbeitsmittelleitung 5 zu einem ersten Wärmetauscher 6 weitergeführt wird. Der erste Wärmetauscher 6 ist mit Umgebungsluft beaufschlagt, so dass dort das Arbeitsmittel abgekühlt bzw. wenigstens teilweise kondensiert und weiter über eine Arbeitsmittelleitung 7 zu einem inneren Wärmetauscher 8 geleitet wird, in dem es zusätzlich zum ersten Wärmetauscher 6 weiter abgekühlt wird. Über eine Arbeitsmittelleitung 9 fließt das Arbeitsmittel zu einem Expansionsorgan 10, in dem es expandiert wird. Das abgekühlte und expandierte Arbeitsmittel fließt weiter über eine Arbeitsmittelleitung 11 in einen zweiten Wärmetauscher 12. Dort wird das Arbeitsmittel weitgehend verdampft, in dem es die Wärme aus der Luft, die

dem Fahrzeuginnenraum zugeführt wird, aufnimmt, so dass dadurch eine Kühlung des Fahrzeuginnenraums erfolgt. Zudem wird die dem Fahrzeuginnenraum zugeführte Luft teilweise entfeuchtet. Über eine Arbeitsmittelleitung 13 strömt das nun gasförmig und flüssig vorliegende Arbeitsmittel in einen Akkumulator 14, in dem noch flüssig vorliegende Anteile des Arbeitsmittels aufgefangen werden. Eine Arbeitsmittelleitung 15 führt zu dem inneren Wärmetauscher 8, in dem das Arbeitsmittel im Gegenstromverfahren weiter angewärmt wird. Eine Arbeitsmittelleitung 16 verbindet den inneren Wärmetauscher 8 mit einem Schaltventil 17, von dem aus über eine Arbeitsmittelleitung 18 das Arbeitsmittel in den Klimaverdichter 2 strömt. Damit ist der Kälteanlagen-Kreislauf geschlossen und das Arbeitsmittel wird im Klimaverdichter 2 wieder verdichtet. Der Kälteanlagen-Kreislauf ist in Fig. 1 mit fett gezeichneten Arbeitsmittelleitungen eingezeichnet, wobei die Pfeile die Fließrichtung des Arbeitsmittels kennzeichnen. Vom druckseitigem Anschluss des Klimaverdichters 2 über das Schaltventil 4, den ersten Wärmetauscher 6 bis zum Expansionsorgan 10 ist der Hochdruckbereich der Klimaanlage 1 definiert und vom Expansionsorgan 10 über den zweiten Wärmetauscher 12, den Akkumulator 14 und das Schaltventil 17 ist der Niederdruckbereich der Klimaanlage 1 definiert.

[0031] Mit der Arbeitsmittelleitung 3 ist ein Drucksensor 19 über eine Arbeitsmittelleitung 20 gekoppelt, der für die erfindungsgemäße Druckgradientenregelung als Ist-Druckwertgeber fungiert. Ein dem durch den Drucksensor 19 erfassten Hochdruck proportionales Signal wird an eine Regel-/Steuereinheit 21 übertragen und dort verarbeitet. In der Regel-/Steuereinheit 21 ist ein Sollwertgeber enthalten, an dem ein Druckgradienten-Sollwert entsprechend einem bestimmten Druckanstieg in einem vorgegebenen Zeitraum eingestellt ist. Zudem ist ein Zeitglied in der Regel-/Steuereinheit 21 integriert, mittels dem die vom Drucksensor 19 ermittelten Hochdruckwerte zur Ermittlung des Druckgradienten-Istwerts in eine zeitliche Abfolge gesetzt werden können. Bei einer Abweichung des Druckgradienten-Istwerts vom in der Regel-/Steuereinheit 21 abgespeicherten Druckgradienten-Sollwert wird ein zugeordnetes Stellsignal zum Abbau dieser Regelabweichung an ein druckseitiges Regelventil 22 des Klimaverdichters 2 abgegeben. Mit dem Regelventil 22 wird die Verdichtungsleistung des Klimaverdichters 2 so geregelt, dass der Druckanstieg bzw. der Druckgradienten-Istwert dem vorgegebenen Druckgradienten-Sollwert angenähert bzw. dieser erreicht wird. Damit wird ein geregelter und dementsprechend „sanfter“ Druckanstieg erhalten, bei dem die beteiligten Bauteile insbesondere die Bauteile im Hochdruckbereich keinen Überbelastungen ausgesetzt werden.

[0032] In Fig. 2 ist schematisch die gleiche Klimaanlage 1 wie in Fig. 1 dargestellt, so dass gleiche

Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen sind. Im Unterschied zu **Fig. 1** ist in **Fig. 2** der Wärmepumpen-Kreislauf fett eingezeichnet und mit den Pfeilen ist die Fließrichtung des Arbeitsmittels im Wärmepumpen-Kreislauf gekennzeichnet. Das Arbeitsmittel wird dabei im Klimaverdichter **2** komprimiert und über die Arbeitsmittelleitung **3** zum Schaltventil **4** weitergeführt. Das Schaltventil **4** ist nun auf Wärmepumpenbetrieb umgestellt, so dass das Arbeitsmittel über eine Arbeitsmittelleitung **23** zum inneren Wärmetauscher **8** geführt ist. Von dort strömt das Arbeitsmittel über die Arbeitsmittelleitung **15** in den Akkumulator **14** und weiter über die Arbeitsmittelleitung **13** in den zweiten Wärmetauscher **12**. Dort wird das Arbeitsmittel abgekühlt bzw. wenigstens teilweise kondensiert, in dem die dem Fahrzeuginnenraum zugeführte Luft dem Arbeitsmittel Wärme entzieht, was zu einer Erwärmung der Luft, die in den Fahrzeuginnenraum strömt, führt und damit zu einer Aufheizung desselben. Über die Arbeitsmittelleitung **11** gelangt das nun weitgehend flüssig vorliegende Arbeitsmittel zum Expansionsorgan **10** und wird dort entspannt. Weiter fließt das Arbeitsmittel über eine Arbeitsmittelleitung **24** zu einem dritten Wärmetauscher **25**, der beispielsweise in einem Motorkühlkreislauf **26** einer nicht mit dargestellten Brennkraftmaschine liegt. Dort wird das Arbeitsmittel durch die Wärme des Motorkühlkreislaufes **26** verdampft. Über eine Arbeitsmittelleitung **27** strömt das verdampfte Arbeitsmittel zum Schaltventil **17** und von dort über die Arbeitsmittelleitung **18** in den Klimaverdichter **2**, wobei das Schaltventil **17** ebenfalls auf Wärmepumpenbetrieb umgestellt ist. Somit ist der Wärmepumpen-Kreislauf geschlossen, wobei am zweiten Wärmetauscher **12**, der im Lufttritt der in den Fahrzeuginnenraum strömenden Luft angeordnet ist, eine Heizfunktion vorliegt.

[0033] Auch hier wird die erfindungsgemäße Druckgradientenregelung durchgeführt, da mittels dem Drucksensor **19**, der über die Arbeitsmittelleitung **20** mit der Arbeitsmittelleitung **3** verbunden ist, der Hochdruck erfasst wird und dementsprechend ein Druckgradienten-Istwert in der Regel-/Steuereinheit **21** ermittelt und mit dem vorgegebenen Druckgradienten-Sollwert verglichen wird. Die in den **Fig. 1** und **2** beschriebene Klimaanlage, bei der zwischen einem Kälteanlagenbetrieb und einem Wärmepumpenbetrieb umgeschaltet werden kann, dient hier nur als beispielhafte Ausführung für eine Erklärung der erfindungsgemäßen Druckgradientenregelung. Diese ist grundsätzlich bei jeder Ausführungsart von Klimaanlagen, die den Kühl- und/oder Heiz-/Zuheizbetrieb ermöglichen, einsetzbar, bei denen mit einem rapiden Druckanstieg, der regelmäßig auf die Systemdynamik zurückzuführen ist, zu rechnen ist. Mit der erfindungsgemäßen Druckgradientenregelung ist ein kontrolliertes Betreiben des Klimaverdichters **2** und damit ein kontrolliertes Anheben des Hochdruckes einfach möglich. Bei einem unregelmäßigen, meistens nahezu senkrechten Druckanstieg besteht zudem die

Gefahr von möglichen Überschwingern über den maximal erlaubten Arbeitsdruck. Diese Überschwinger können mit der erfindungsgemäßen Druckgradientenregelung ebenfalls vermieden werden. Somit wird einer Überbelastung der Systembauteile vorteilhaft entgegengewirkt.

[0034] In **Fig. 3** ist schematisch ein Druck-Zeit-Diagramm dargestellt. Mit p_0 ist der Systemausgleichsdruck und mit $p_{\max}$ der Maximalarbeitsdruck des Systems eingezeichnet. Mit einer senkrechten Doppellinie ist das Diagramm zweigeteilt, wobei links der Doppellinie beispielhaft zwei Graphen **28** und **29** für mögliche Druckanstiege ohne Druckgradientenregelung gezeigt sind. Aufgrund der Systemdynamik sind die Druckanstiege nahezu senkrecht, was nachteilig zu einer Überbelastung der beteiligten Systembauteile führen kann. Rechts der Doppellinie sind zwei Graphen **30** und **31** für Druckanstiege beispielhaft dargestellt, bei denen eine erfindungsgemäße Druckgradientenregelung erfolgt. Bei dem durch den Graph **30** dargestellten Druckanstieg ist in der Regel-/Steuereinheit **21** ein Schwellwertgeber integriert, in dem ein vorgegebener Hochdruckwert als Druckschwellwert **32** festgelegt ist. Wird beim Anfahren oder während des Betriebs der Klimaanlage **1** dieser Druckschwellwert **32** überschritten erfolgt ein geregelter Druckanstieg über die Druckgradientenregelung durch das kontrollierte Anheben des Hochdrucks wird der Maximaldruck $p_{\max}$ „sanft“ angefahren, so dass mögliche Überschwinger einfach abzufangen bzw. ganz vermieden werden können. Bei dem mit dem Graph **31** dargestellten Druckanstieg wird sofort nach Zuschalten der Anlage mit der Druckgradientenregelung gearbeitet. Jede Hochdruckänderung zu höheren Werten wird mit dem vorgegebenen Druckgradienten-Sollwert realisiert. Der Druckgradienten-Sollwert, der in der Regel-/Steuereinheit **21** abgespeichert ist, setzt sich hierbei aus einer Anzahl fallender Gradienten zusammen, so dass die Hochdruckgrenze $p_{\max}$ asymptotisch angefahren wird. Bei niedrigen Systemhochdrücken werden hohe Gradienten gewählt und bei zunehmenden Drücken wird schrittweise der Betrag des Gradienten reduziert und damit der Druckverlauf flacher. D. h., dass jeweils bei Erreichen vordefinierter Druckwerte **33**, **34** und **35** der Druckgradienten-Sollwert durch die Regel-/Steuereinheit **21** geändert wird, so dass der mit dem Graphen **31** beispielhaft dargestellte Verlauf des Druckanstiegs erreicht werden kann.

Patentansprüche

1. Klimaanlage für ein Fahrzeug, insbesondere für ein Kraftfahrzeug mit wenigstens einem Klimaverdichter, wenigstens einem Expansionsorgan und wenigstens einem ersten Wärmetauscher, die nacheinander angeordnet und durch Arbeitsmittelleitungen für einen Arbeitsmittelkreislauf verbunden sind, wobei der Arbeitsmittelkreislauf in Fließrichtung des

Arbeitsmittels gesehen in einen zwischen einem druckseitigen Anschluss des Klimaverdichters und dem Expansionsorgan befindlichen Hochdruckbereich mit Hochdruck und einem zwischen dem Expansionsorgan und einem saugseitigem Anschluss des Klimaverdichters befindlichen Niederdruckbereich mit Niederdruck geteilt ist, wobei das Arbeitsmittel zwischen dem saugseitigen und druckseitigen Anschluss mittels dem Klimaverdichter von Niederdruck auf Hochdruck für einen Druckanstieg verdichtbar ist,

dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Drucksensor (19) im Hochdruckbereich für eine Erfassung des Hochdrucks angeordnet ist, und dass eine Regel-/Steuereinheit (21) zur Regelung/Steuerung des Arbeitsmittelkreislaufes vorgesehen ist, an die eingangsseitig der Drucksensor (19) als Ist-Druckwertgeber und ausgangsseitig wenigstens ein steuerbares Druckstellelement (22) des Klimaverdichters (2) als Stellglied angeschlossen sind und

die einen Sollwertgeber enthält, an dem ein Druckgradienten-Sollwert entsprechend einem bestimmten Druckanstieg in einem vorgegebenen Zeitraum eingestellt ist, wobei bei einer von der Regel-/Steuereinheit (21) ermittelter Regelabweichung eines über das Drucksensorsignal und ein Zeitglied festgestellten Druckgradienten-Istwerts vom Druckgradienten-Sollwert ein zugeordnetes Stellsignal zum Abbau der Regelabweichung an das wenigstens eine steuerbare Druckstellelement (22) des Klimaverdichters (2) abgebar ist.

2. Klimaanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das steuerbare Druckstellelement ein druckseitiges Regelventil (22) und/oder ein saugseitiges Regelventil des Klimaverdichters (2) ist.

3. Klimaanlage nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das steuerbare Druckstellelement eine Leistungsregelung für den Antrieb des Klimaverdichters ist.

4. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckgradienten-Sollwert innerhalb des Regelbereichs konstant ist.

5. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckgradienten-Sollwert innerhalb des Regelbereichs veränderbar ist dergestalt, dass mit steigendem Hochdruck der Betrag des Druckgradienten, vorzugsweise schrittweise, reduzierbar ist.

6. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der geregelte Druckanstieg über die Druckgradientenregelung im gesamten Hochdruckbereich erfolgt.

7. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass in der Regel-/Steuereinheit (21) ein Schwellwertgeber enthalten ist und ein vorgegebener Hochdruckwert als Druckschwellwert festgelegt ist, und dass der geregelte Druckanstieg über die Druckgradientenregelung im Hochdruckbereich bei einer Überschreitung des Druckschwellwertes erfolgt.

8. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass in der Regel-/Steuereinheit (21) ein Grenzwertgeber enthalten ist womit ein vorgegebener Hochdruckgrenzwert als Maximaldruck des Hochdruckbereichs festgelegt ist.

9. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der wenigstens eine Drucksensor (19) direkt benachbart zum druckseitigen Anschluss des Klimaverdichters (2) im Hochdruckbereich angeordnet ist.

10. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Klimaanlage (1) im Kälteanlagenbetrieb oder im Heiz-/Zuheizbetrieb betreibbar ist.

11. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Arbeitsmittel CO₂ ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

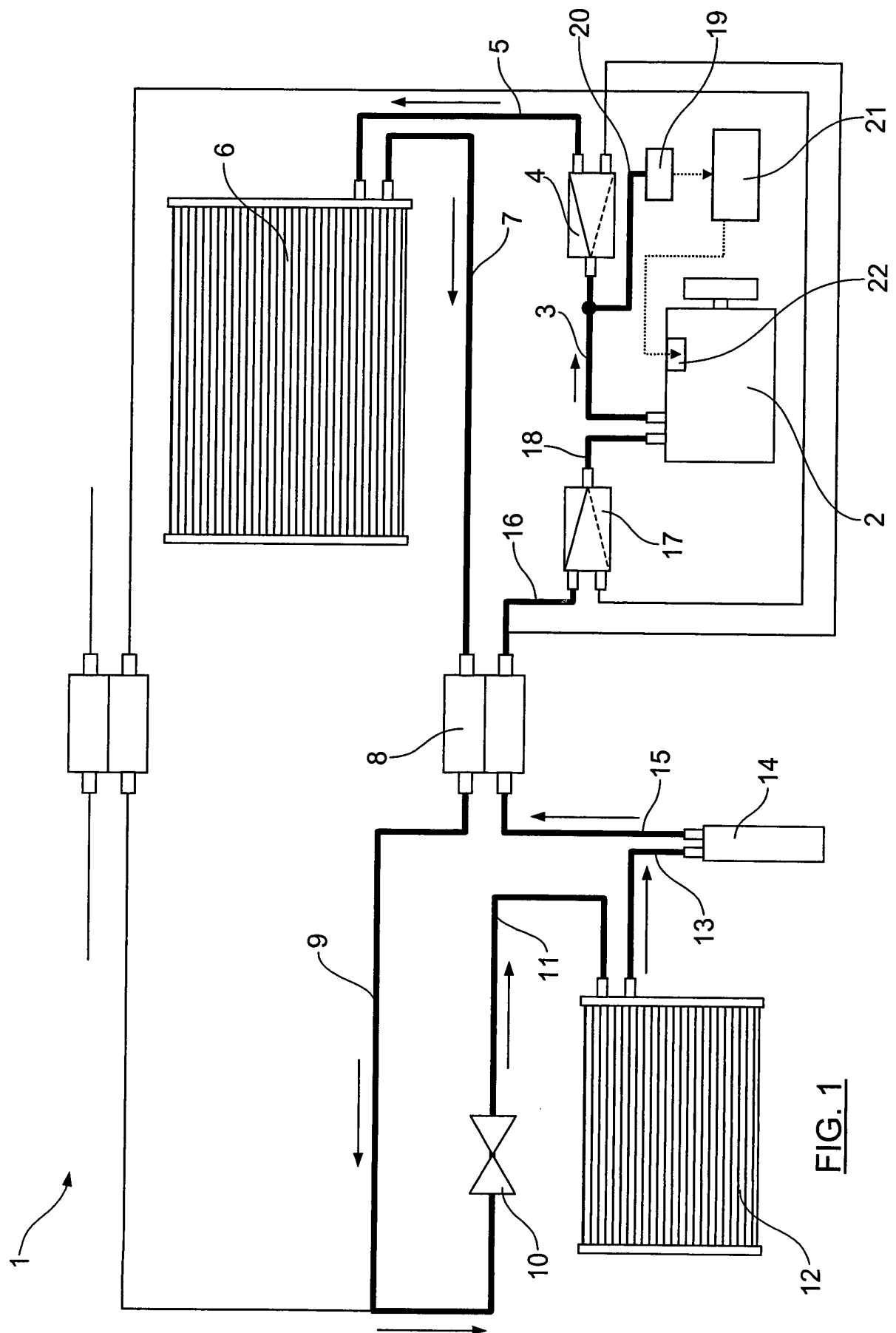


FIG. 1

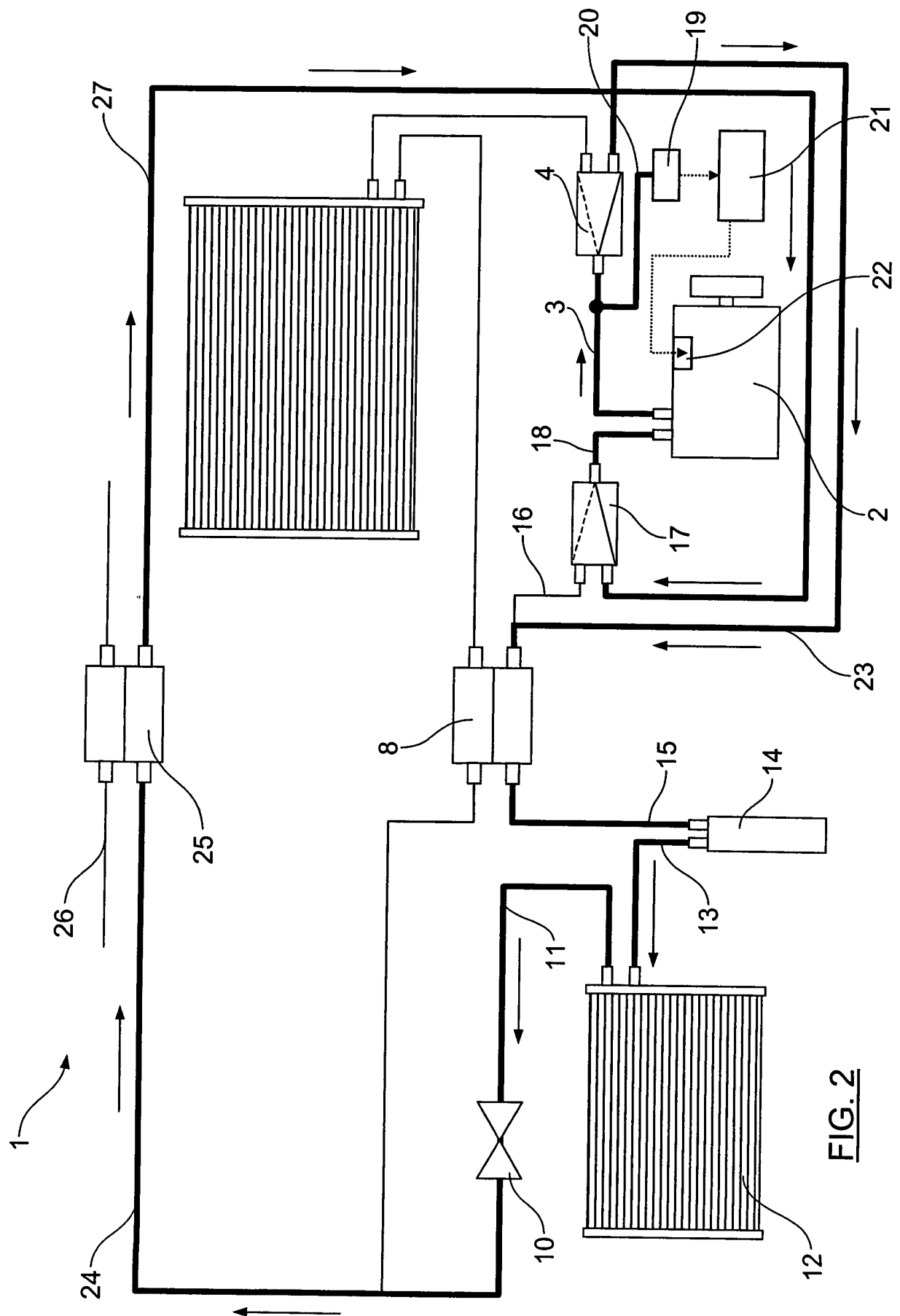


FIG. 2

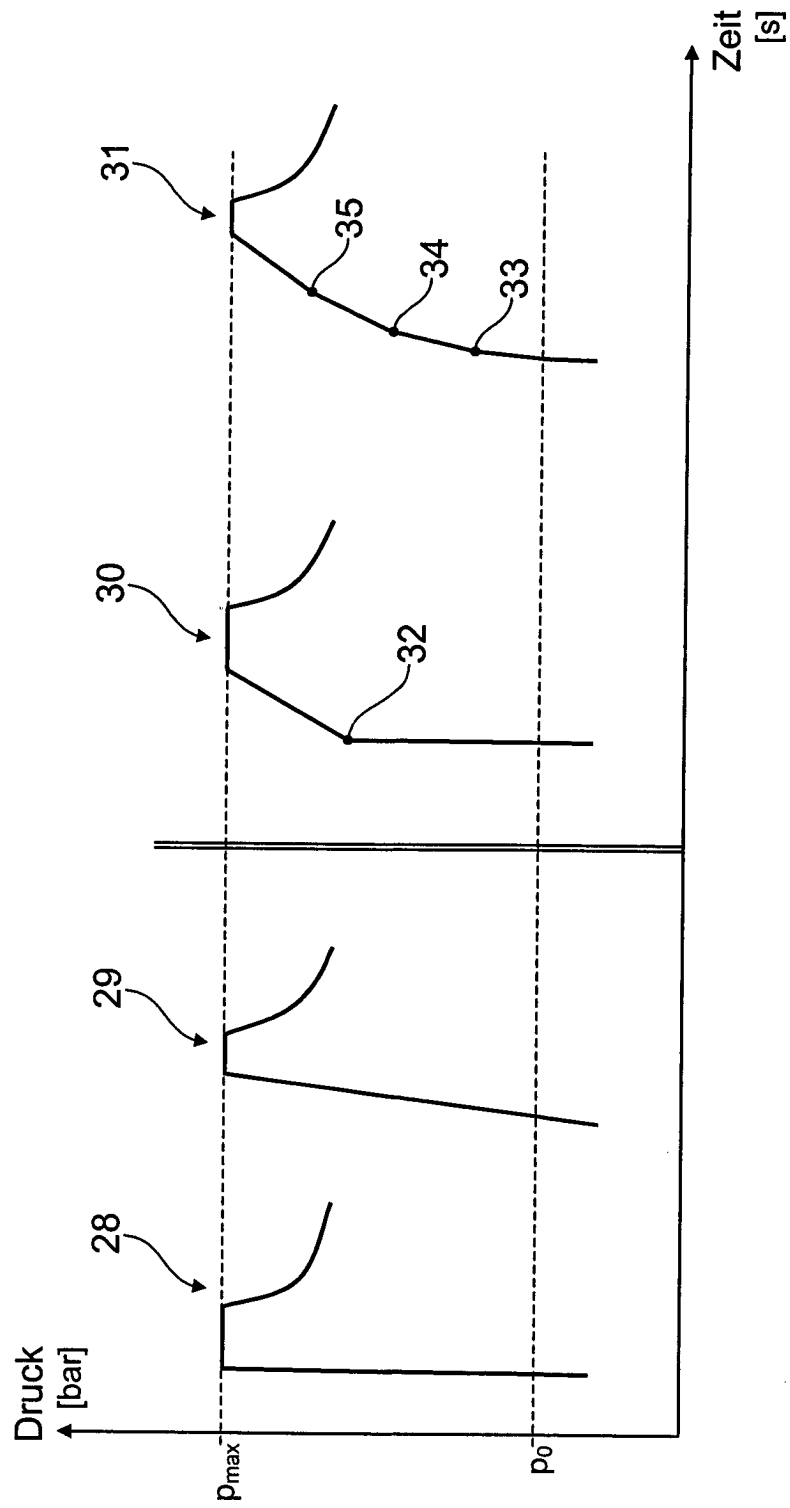


FIG. 3