



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 108 700.0**

(22) Anmeldetag: **12.08.2013**

(43) Offenlegungstag: **12.02.2015**

(51) Int Cl.: **B60H 1/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Daimler AG, 70327 Stuttgart, DE; Karlsruher
Institut für Technologie, 76131 Karlsruhe, DE**

(72) Erfinder:

**Fritz, Michael, 76327 Pfinztal, DE; Gauterin, Frank,
Prof. Dr., 76829 Leinsweiler, DE; Frey, Michael,
Dr., 76275 Ettlingen, DE; Gauß, Achim, 71691
Freiberg, DE; Oberfell, Ralf, 73760 Ostfildern, DE;
Wohlfarth, Enrico, 71364 Winnenden, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

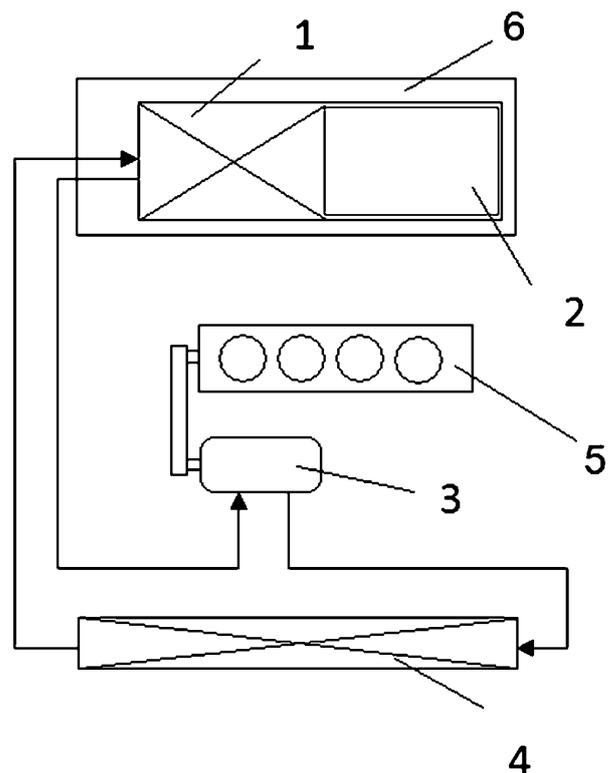
DE	199 06 497	C2
DE	102 27 585	A1
DE	10 2009 018 106	A1
DE	10 2009 020 836	A1
JP	2003- 035 460	A
JP	2010- 006 325	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Klimaanlage mit betriebsabhängigem Aufbau eines thermischen Speichers**

(57) Zusammenfassung: Klimaanlage eines Fahrzeugs, umfassend einen Primärkreislauf mit einem Kompressor (3), mindestens einem Kondensator (4), mindestens einem Expansionsventil und mindestens einem Verdampfer (1) mit Verdampferflächen, wobei der Primärkreislauf thermodynamisch mit einem Speicher (2) als Energiespeicher oder Energiepuffer verbunden ist, wobei der Speicher ein Speichermedium aufweist, das durch an Kondensationsflächen, die die Verdampferflächen überspannen, kondensiertes Kondenswasser gebildet wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Klimaanlage mit betriebsabhängigem Aufbau eines thermischen Speichers gemäß des ersten Patentanspruches.

[0002] Die Erfindung ist insbesondere, aber nicht nur auf dem Gebiet der Fahrzeugklimatisierung angesiedelt und befasst sich mit der Erhöhung der Energieeffizienz von Klimaanlagen auf Gesamtfahrzeugebene. Im Fahrzeugbetrieb treten Fahrzustände auf, in denen die vom Motor bereitgestellte Energie aus Gründen der Energieeffizienz nur zum Antrieb des Fahrzeugs selbst verwendet werden sollte, um die Kraftstoffökonomie zu erhöhen. Beispiele hierfür sind Steigungsfahrten oder Beschleunigungen. Wird zu diesen Zeitpunkten der Klimakompressor betrieben, wird zusätzlich zu einer hohen vom Verbrennungsmotor geforderten Leistung für den Antrieb des Fahrzeugs noch eine zum Betrieb des Klimakompressors notwendige Leistung gefordert. Diese Erfindung verringert den Nachteil im Hinblick auf die Kraftstoffökonomie, den der Betrieb der Klimaanlage mit sich bringt. Durch die Erfindung sollen energetisch ungünstige Betriebspunkte des Klimakompressors mit Hilfe eines thermischen Speichers überbrückt werden.

[0003] Der prinzipielle Aufbau einer herkömmlichen Fahrzeugklimaanlage mit einem Kältemittelkreislauf und deren Komponenten sind hinlänglich bekannt und offenbart.

[0004] DE 199 06 497 C2 offenbart beispielhaft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Regelung einer Kältespeicher umfassenden Klimaanlage. Dabei kommt eine Klimaanlagenregelung mit sekundärem Kältemittelkreislauf zum Einsatz, wobei verschiedene Betriebsmodi zum Laden und Entladen des Kältespeichers vorgestellt werden. Unter anderem ist es auch möglich im Fahrbetrieb einen Mischbetrieb zu fahren. Das bedeutet, dass der Speicher mit überschüssiger Kälteenergie geladen werden kann und bei nicht ausreichender Kälteleistung unterstützend genutzt wird.

[0005] Weiter sind Nutzungskonzepte von thermischen Speichereinheiten für Fahrzeugklimaanlagen bekannt, die während des Fahrbetriebs eingesetzt werden.

[0006] DE 10 227 585 A1 offenbart eine Klimaanlage mit einem Kurzzeitkältespeicher, der als Komponente seriell mit dem Verdampfer gekoppelt ist. Bei kurzzeitigem Stillstand des Fahrzeugs mit ausgeschaltetem Motor wird eine zuvor gespeicherte Kälteenergie zum Kühlen des Fahrzeuginnenraums genutzt.

[0007] In DE 10 2009 018 106 A1 wird die Verdampferlufttemperatur einer Klimaanlage mit thermi-

scher Kältespeicherung gesteuert, um eine Kältespeichervorrichtung zu laden und bei vollem Speicher die Verdampferlufttemperatur zu korrigieren. Ist der Speicher geladen, wird ein neues Verdampferlufttemperaturziel bestimmt. Die Taupunkt-Verdampferlufttemperatur wird dabei so gesteuert, dass sich im Fahrzeuginnenraum ein gewünschtes Feuchtigkeitsniveau einstellt. Da hier nicht mehr als nötig entfeuchtet wird, kann Energie eingespart werden. In der Betriebsstrategie des Kältespeichers ist jedoch ein Abbruch des Ladevorgangs aus Gründen der Kraftstoffeffizienz nicht vorgesehen.

[0008] DE 10 2009 020 836 A1 beschreibt eine optimierte Systemsteuerung für ein sog. HVAC-System (Heating, Ventilating and Air Conditioning) mit einem thermischen Speicher als zusätzliche Komponente.

[0009] Herkömmliche Betriebsstrategien von Klimaanlagen sehen entweder eine anfängliche Speicherung vor der Klimatisierung oder einen Mischbetrieb vor. Im Mischbetrieb erfolgen eine Klimatisierung des Innenraums und eine Aufladung eines thermischen Speichers mit Energie simultan. Die Kühlleistung des Klimakompressors wird somit zwischen Speicher und Innenraum aufgeteilt. Diese Betriebsart hat allerdings den Nachteil, dass die geforderte Innenraumtemperatur langsamer erreicht wird als bei einer Strategie ohne paralleler Aufladung des Speichers.

[0010] Davon ausgehend liegt die Aufgabe der Erfindung darin, eine weiter verbesserte Klimaanlage mit einem thermischen Speicher vorzugsweise für einen mobilen Einsatz z.B. in einem Fahrzeug vorzuschlagen, die insbesondere den vorgenannten Nachteil nicht aufweist.

[0011] Die Aufgabe wird mit einer Klimaanlage mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Auf diesen rückbezogene Unteransprüche geben vorteilhafte Ausführungen wieder.

[0012] Ausgangspunkt einer Lösung der Aufgabe ist eine herkömmliche Kompressionskältemaschine, umfassend einen Primärkreislauf mit einem Kompressor, mindestens einem Kondensator, mindestens einem Expansionsventil und mindestens einem Verdampfer.

[0013] Zur Lösung der Aufgabe wird vorgeschlagen, den Verdampfer im Kältemittelkreislauf um einen Speicher, vorzugsweise einen Behälter für an mindestens einer Kondensationsfläche am Verdampfer anfallendes Kondenswasser zu erweitern. Beim Betrieb der Kältemaschine kondensiert ein Teil der sich in der Zuluft (Umluft oder Frischluft) befindlichen Luftfeuchtigkeit an den kalten Oberflächen des Verdampfers. Die dabei anfallende Flüssigkeit fließt am tiefsten Punkt des Verdampfers zusammen.

[0014] Von diesem tiefsten Punkt wird das Kondenswasser vorzugsweise in einen separaten Behälter als Speicher befördert. Somit soll auch eine mögliche Geruchsbelästigung über die in den Innenraum getragene Luft vermieden werden. Vorzugsweise ist für die Beförderung eine Lenzpumpe und für die Entleerung ein Magnetventil (Lenzventil) vorgesehen. Nicht benötigtes Kondenswasser wird bevorzugt direkt sowohl aus dem Speicher als auch aus dem Verdampfer in die Umgebung abgelassen. Bei längeren Standzeiten steht keine Flüssigkeit im Verdampfer. Damit wird auch eine Geruchsbelästigung beim erneuten Einschalten der Lüftung reduziert oder vermieden.

[0015] Das Kondenswasser bildet sich am Verdampfer aus der Zuluft oder Umluft des Fahrzeuginnenraums während des Betriebs laufend. Der bei Fahrtbeginn leere Behälter wird bei Bedarf mit dem anfallenden Kondenswasser gefüllt. Es dient als Speichermedium für thermische Energie. Die verfügbare Speicherkapazität ist von der im Speicher vorhandenen Kondenswassermenge und von dem Temperaturunterschied zur Umgebung abhängig. Die jeweils vorhandene Kondenswassermenge baut sich erst mit dem Betrieb der Klimaanlage kontinuierlich auf.

[0016] Der thermische Speicher wird geladen, indem thermische Energie (Wärmeenergie) dem Speichermedium (Kondenswasser) entzogen wird. Dies geschieht durch die im Verdampfer gekühlte Zuluft und/oder durch die Wärmeleitung, die durch den direkten Kontakt des Speicherbehälters mit dem Verdampfer entsteht. Der geladene Speicher ist in der Lage Zu-/Umluft, die bei einem kurzzeitig abgeschalteten Klimasystem nicht durch den Verdampfer selbst gekühlt wird, für kurze Zeit zu kühlen und ggf. zu entfeuchten. Dabei erwärmt sich der thermische Speicher und entlädt sich somit.

[0017] Die Speicherung und Entnahme von Energie in bzw. aus dem Speicher erfolgt im Rahmen der Erfindung grundsätzlich auf folgenden Weisen oder in einer Kombination dieser:

1. Durch Bildung von Speichermedium:

Durch die Kondensation von Luftfeuchtigkeit zu Kondenswasser als Speichermedium an den Kondensationsflächen entsteht eine bedarfsgerechte Menge an Speichermedium sowie zugleich in diesem gespeicherte Energie.

2. Durch Energieaustausch:

Über einen Wärmeaustausch von Wärmeenergie zwischen dem bereits gebildeten vorhandenem Speichermedium und der Zuluft mit Hilfe eines geeigneten Wärmeübertragungsmittel (Wärmeübertrager) stehen diese in Wechselwirkung, wobei das Speichermedium vorzugsweise weder gebildet noch abgegeben wird. Das Speichermedium kühlt sich bei Abgabe von Wärmeenergie (Kälteenergiespeicherung) ab und wärmt sich bei Aufnahme von Wärmeenergie (Abgabe von Käl-

teenergie) auf. Ein Energieaustausch mit dem Speichermedium erfolgt z.B. mit dem Primärkreislauf vorzugsweise über mit Speichermedium benetzten Wandungen des Primärkreislaufes (z.B. Primärkreislaufrohre durchdringen den Speicher) oder vorhandenen und/oder zuschaltbaren Wärmetauschermitteln (z.B. separaten Fluidkreislauf, Wärmetauscher) zwischen Primärkreislauf und Speicher (Behälter). Alternativ erfolgt eine thermische Wechselwirkung des Speichermediums mit einem Wärme aufnehmenden oder abgebenden Zuluftstrom oder einen allgemeinen Fluidstrom über geeignete Wärmeübertragungsmittel oder einem anderen Medium (z.B. über einen Wärmetauscher oder Konvektion mit dem Speichermedium oder anderen Mittel für einen Wärmeaustausch).

3. Durch Abgabe von Speichermedium:

Mit einer Abgabe von Speichermedium z.B. über ein Ablassen von Speichermedium aus dem Speicher geht darin gespeicherte Energie dem Speicher verloren. Jene ist jedoch in einer nachgeschalteten Wärmeenergienutzung grundsätzlich nutzbar.

[0018] Der Behälter ist entweder in Ausrichtung der Zuluftstromführung (Umluft- oder Frischluftführung) zum Verdampfer hinter diesem angeordnet oder teilweise in den Verdampfer integriert. Dabei ist der Speicher zur Realisierung von kurzen Wärmeübertragungswegen bevorzugt parallel zu dem Kältemittelkreislauf angeordnet, wobei die Kondensationsflächen im Verdampfer direkt über den Kältemittelkreislauf (Primärkreislauf der Klimaanlage) verbunden sind. Hierbei ist darauf zu achten, dass eine schnelle und vollständige Abführung des Kondenswassers aus dem Verdampfer realisiert wird. Die das Kondenswasser aufnehmenden Komponenten, insbesondere der Behälter weisen vorzugsweise Wärmedämmmittel, weiter bevorzugt eine Kunststoffschaum-Wärmedämmschicht oder eine Vakuumwandschicht auf, die nur die Bereiche ausspart, die durch den direkten Wärmeübergang erforderlich sind (z.B. an den Kondensations- und den Wärmetauscherflächen). Diese optionale thermische Isolierung des Behälters dient der Vermeidung von Energieverlusten. Sofern bei dem Einsatz des teil- oder vollgeladenen Speichers als Wärmeübertrager zur Abkühlung der Zuluft Kondenswasser anfällt, ist hierfür eine geeignete Abführung des Kondenswassers aus dem System in die Umgebung vorzusehen.

[0019] Die Kondensationsflächen werden vorzugsweise durch Wandungsbereiche der Wärmeübertragungsflächen des Verdampfers des Primärkreislaufs der Klimaanlage gebildet, die von der Zustromführung der zu klimatisierenden Luft ummantelt sind. Eine Wärmeanbindung wird durch optionale Kühlrippen insbesondere an den zustromführungsseitigen Kondensationsflächen vorzugsweise in Strömungsrichtung noch verbessert. Zur besseren schwerkraft-

geförderten Kondensatableitung in den Speicher sind Kühlrippen und die Zustromführung im Bereich der Kondensationsflächen des Verdampfers vertikal angeordnet. Zuluftstromführung und der Primärkreislauf sind zur Realisierung eines Mindesttemperaturunterschiedes möglichst über die gesamten Kondensationsflächen vorzugsweise als Gegenstromwärmetauscher oder Kreuzstromwärmetauscher mit der Kondensationsfläche als Wärmeübertragungsfläche konzipiert.

[0020] Vorzugsweise ist eine Füllstandserkennung für das kondensierte Wasser im Behälter vorgesehen. Diese sendet beispielsweise bei einem bestimmten Füllstand ein Abschaltsignal für die Lenzpumpe und/oder ein Auslösesignal für ein optionales Überlaufventil. Eine weitere Strategie ist darüber hinaus einen Teil des Kondenswassers in zeitlichen Abständen abzulassen, um es durch kaltes im Verdampfer angefallenes Kondensat zu ersetzen.

[0021] Ein besonderer Vorteil besteht darin, dass sich der Speicher nach dem Einschalten der Klimaanlage ohne Erfordernis einer speziellen Regelung bedarfsgerecht aufgrund des aus der Luftentfeuchtung gewonnenen Kondenswassers aufbaut. Auch besteht in vorteilhafter Weise die Möglichkeit, die Menge an Speichermedium grundsätzlich an die erforderliche Speicherleistung anzupassen, d.h. überflüssiges Speichermedium ist weder vorzuhalten noch zu transportieren (Gewichtsvorteil bei Fahrzeugen). Zu Beginn des Kühlvorgangs, wenn die maximale Klimaleistung zur Klimatisierung gewünscht oder erforderlich ist, steht die Kühlleistung des Klimasystems nahezu vollständig für ein schnelles Erreichen einer geforderten Klimaleistung (Temperatur oder Entfeuchtung) z.B. in einem Fahrzeuginnenraum zur Verfügung. Erst mit Aufbau eines Kondenswasservolumens als Speicher ist thermische Energie im sich aufbauenden Speicher speicherbar. Die im Kondenswasservolumen gespeicherte Energie ist dann in vorteilhafter Weise zur Kühlung oder Entfeuchtung ohne einen Betrieb eines Klimakompressors abrufbar und nutzbar.

[0022] Ein Vorteil dieses sich aufbauenden thermischen Speichers ist es, dass zu Beginn des Kühlvorgangs, wenn die maximale zur Verfügung stehende Kälteleistung zur Klimatisierung des Innenraums gewünscht oder erforderlich ist, auch vollständig zur Verfügung steht, da noch kein thermischer Speicher bzw. thermisches Speichermedium parallel geladen werden muss. Größere Speicherkapazitäten zur Zwischenspeicherung von nutzbarer Kälteleistung stehen folglich erst verzögert mit dem sich erst bildenden Speichermedium zur Verfügung. Dies bedeutet, dass die im Verdampfer umgesetzte Wärmemenge zunächst mangels Speicherkapazität wie im Stand der Technik nicht zwischengespeichert wird und vollständig einer Klimatisierung zur Verfügung steht. Bei

einer Klimaanlage für einen Innenraum zum Beispiel eines mobilen Systems wie einem Fahrzeug bedeutet dies auch, dass die gewünschte Innenraumtemperatur in vorteilhafter Weise schneller erreicht wird als bei einer Klimaanlage mit einem stetig vorhandenen Speichermedium in einem thermischen Speicher.

[0023] Ein besonderer Vorteil liegt auch in den erzielbaren geringen Energieverlusten bei der Speicherung. Im Vergleich zu einem System mit einem herkömmlichen thermischen Speichern muss das Speichermedium in vorteilhafter Weise nicht erst von der Außentemperatur auf die Betriebstemperatur gekühlt werden. Die Enthalpie des Kondenswassers wird somit mit genutzt, womit sich in vorteilhafter Weise auch die Verlustenergien reduzieren lassen. Der Speicher steht zum einen im direkten Kontakt mit dem Verdampfer, zum anderen wird er bei Kompressorbetrieb von kalter Luft vom Verdampfer kommend durchströmt. Außerdem besteht über die Kondensationsflächen des Verdampfers ein direkter Kontakt zwischen dem sich bildenden Kondenswasser und dem Primärkreislauf der Klimaanlage. Der thermische Speicher nutzt keinen Sekundärkreislauf sowie kein ständig strömendes Medium, um den Speicher zu laden. Zusätzliche Energie zur Umwälzung ist für die Wärmeübertragung nicht zwingend erforderlich. Damit ist zum erstmaligen Laden des thermischen Speichers eine im Vergleich zu herkömmlichen Sekundärspeichersystemen geringere Energiemenge erforderlich, zumal sich das Speichermedium als Kondenswasser zunächst erst während des Betriebs aufbaut.

[0024] Der Speicher ist grundsätzlich in der Lage, zu viel bereitgestellte überschüssige (d.h. nicht für die Innenraumklimatisierung benötigte) Kälteleistung aufzunehmen und zwischenspeichern. Wird die bereitgestellte Kälteleistung durch des Klimasystems reduziert, kann der Speicher die Zuluft zusätzlich kühlen und – sofern vorgesehen – entfeuchten.

[0025] Auch apparativ erfordert ein sich erst mit Abscheidung des Kondenswassers aufbauender Speicher gegenüber herkömmlichen Speichermedien einen geringeren Aufwand. In vorteilhafter Weise ist außer dem Behälter keine Vorhaltung von Speichermedien erforderlich, die zusätzliches Gewicht und insbesondere im mobilen Einsatz bei Nichtbenutzung des Speichers durch den Transport einen zusätzlichen Kraftstoffverbrauch bewirken.

[0026] Das anfallende Volumen an Kondenswasser ist auch von der absoluten oder relativen Luftfeuchtigkeit des Zuluftstroms abhängig. Dies bringt den Vorteil mit sich, dass bei höherem Kühlbedarf, wie er bei hohen Außentemperaturen (höhere Aufnahmefähigkeit von Wasser in der Luft) vorkommt, auch ein entsprechend höheres Volumen an Kondenswasser zur

Speicherung von thermischer Energie zur Verfügung steht.

[0027] Ein weiterer Einfluss auf das Kondenswasservolumen gründet auf der anliegenden Verdampfer-temperatur und/oder der Verdampfungssteuerung. Bei einem Klimasystem mit einem Kompressor mit fixen Hubvolumen und thermostatisch geregelten Expansionsventil ist die Verdampfer-temperatur fix z.B. auf 3°C eingestellt. Bei einem System mit variablem Kompressor und extern gesteuertem Expansionsventil wird die Verdampfer-temperatur z.B. auf bis zu 8–10°C angehoben. In diesem Fall wird die Luft weniger stark abgekühlt und damit entfeuchtet. Folglich fällt weniger Kondenswasser an.

[0028] Umgekehrt ist ein Zuluftstrom mit niedriger Temperatur nur zu einer Aufnahme einer geringeren Feuchtigkeit geeignet. Bei tieferen Außentemperaturen fällt somit nur eine geringere Menge an Kondenswasser an, was die Aufladung eines thermischen Speichers verzögert.

[0029] Der Speicher baut sich folglich bedarfsgerecht bei höheren Temperaturen entsprechend schneller auf. Durch die thermische Trägheit des Speichers wird dieser in ökonomischen bzw. effizienten Betriebspunkten des Verbrennungsmotors oder des Klimakompressors (Idealfall: Schubbetrieb oder optimaler Wirkungsgrad des Klimakompressors) geladen, und der Klimakompressor in energetisch ungünstigen Fahrzuständen (z.B. in Abhängigkeit des aktuell vorliegenden Wirkungsgrades des Verbrennungsmotors) entsprechend entlastet. Die im Kondenswasser gespeicherte thermische Energie ist darüber hinaus auch für kurze Stillstandphasen des Fahrzeugs nutzbar.

[0030] Eine Ausführung sieht Mittel zum Ablassen (z.B. über ein Ventil) oder Abpumpen (z.B. eine Pumpe) des Kondenswassers aus dem Speicher vor. Sobald eine gewisse Temperaturobergrenze des zu kühlenden Fahrzeuginnenraums oder des Kondenswassers selbst erreicht ist, wird das gespeicherte Kondenswasser abgelassen. So ist in vorteilhafter sicherstellbar, dass bei einem Wiederstart des Kompressors nach einer Speichernutzungsphase während der Fahrt des Fahrzeugs oder nach einem Stillstand des Fahrzeugs ein erneutes schnelles Abkühlen des Innenraums, wie zuvor beschrieben, ermöglicht wird. Ebenso lässt sich bereits genutztes und damit erwärmtes Kondenswasser entfernen.

[0031] Eine Ausführung sieht vor, den Behälter für das Kondenswasser in die Klimakasten zu integrieren. Vorzugsweise sind der Behälter und/oder das darin enthaltene Kondenswasser durch Zuluft anströmbar, wobei über einen Wärmeaustauschbereich zwischen Zuluft und Speichermedium Wärme in das Speichermedium abführbar ist. Vorzugsweise um-

fasst der Wärmeaustauschbereich einen Wärmetauscher mit erhöhter spezifischer Wärmeübertragungsfläche. Eine bevorzugte Ausführung hierzu sieht eine konvektive oder aktive, d.h. angetriebene Durchleitung von Kondenswasser durch in den Zuluftstrom exponierte Rohrelemente vor.

[0032] Die Anlage eignet sich insbesondere im Betrieb von mobilen Klimaanlage in Fahrzeugen wie insbesondere Straßenfahrzeuge, Baufahrzeuge, spurgebundene Fahrzeuge wie insbesondere Triebwagen oder Straßenbahnen, Schiffe oder teilweise auch Wohncontainer, Auflieger, Fahrzeuganhänger wie Wohnwagen, Eisenbahnwaggons oder mobile Kühlaggregate. Bei derartigen Verwendungen ist eine Einsparung an Gewicht und Bauraum von besonderer Bedeutung. Hier lassen sich trotz der Erfüllung des Komfortwunsches der Fahrzeuginsassen, bei gleichzeitiger Erhöhung der Energieeffizienz des Fahrzeugs, eine auf den Verbrauch sich negativ auswirkende Erhöhung des Fahrzeuggewichtes, z.B. durch einen zusätzlich in das Fahrzeug gebrachten Speicher mit einem laufend vorzuhaltenden Speichermedium, vermeiden. Es sind lediglich die Komponenten zur Speicherung des Speichermediums und entsprechende Wärmeübertrager des Speichers vorzusehen.

[0033] Der Speicher dient zur Zwischenspeicherung von Wärmeenergie, vorzugsweise Kälteenergie. Idealerweise wird der thermische Speicher geladen, wenn die Betriebssituation des Fahrzeugs einen Überschuss an Antriebsleistung produziert und diese über die Klimaanlage in Wärmeenergie bzw. Kälteenergie für eine Zwischenspeicherung umgesetzt wird. Umgekehrt lässt sich die Wärmeenergie bzw. Kälteenergie aus der Zwischenspeicherung vorzugsweise dann abrufen und einer Klimatisierung zuführen, wenn die Betriebssituation des Fahrzeugs eine maximal abrufbare Antriebsleistung z.B. für den Fahrbetrieb benötigt, d.h. ein Betrieb von zusätzlichen Komponenten wie z.B. Klimaanlagekompressoren diese Antriebsleistung für den Fahrbetrieb mindern würde. Ferner ist ein Betrieb des Klimakompressors durch den Einsatz eines thermischen Speichers generell in energetisch ineffizienten Betriebspunkten des Fahrzeugs vermeidbar oder reduzierbar.

[0034] Der thermische Speicher dient der Unterstützung der Klimaanlage, indem er z.B. bei Betriebssituationen, in denen die mechanische Antriebsleistung für die Klimaanlagekomponenten wie z.B. für den Kompressor von der Gesamtantriebsleistung wirtschaftlich nicht abgezweigt werden kann. Dies ist z.B. dann der Fall, wenn die Gesamtantriebsleistung für den primären Zweck, nämlich dem Antrieb z.B. des Fahrzeugs abgerufen werden soll, z.B. bei einer Beschleunigung, beim Überwinden von Steigungen oder bei Höchstgeschwindigkeit. Ebenso lässt sich mit der Zwischenspeicherung nicht nur eine län-

gerfristige Energiespeicherung, sondern auch eine Energiepufferung (kurzfristige Speicherung) realisieren. Durch diese Energiepufferung/-speicherung ist eine zeitliche Verschiebung oder zeitliche Entkopplung der für die Klimatisierung abgerufenen erforderlichen Antriebsenergie von der Verwendung von Kälteenergie möglich. Die jeweils erforderliche mechanische Gesamtantriebsleistung lässt sich so nicht nur an den optimalen Betriebspunkt der mechanischen Antriebsmaschine wie z.B. ein Fahrzeugmotor anpassen, sondern auch kurzzeitig für bestimmte Aufgaben ausschließlich nutzen.

[0035] Der Betrieb des Klimaanlagekompressors wird bei Abruf der zwischengespeicherten oder gepufferten Energie ganz oder teilweise substituiert. Die gespeicherte Energie wird dann als Kälteenergie vom thermischen Speicher in den Luftstrom über einen Wärmeübertrager übertragen. Die zum Kühlen und Entfeuchten der Zuluft oder Umluft notwendige Kälteleistung ist vorzugsweise zum Teil oder vollständig durch den thermischen Speicher bereitstellbar, so dass der Betrieb des Klimaanlagekompressors entsprechend substituierbar ist.

[0036] So wird z.B. im Umluftbetrieb (Annahme: Kältebedarf im Vergleich zu einem Frischluftbetrieb der Klimaanlage geringer) die im Speicher gespeicherte thermische Energie effektiv über einen längeren Zeitraum nutzbar, ohne den Klimakompressor zu diesen Zeitpunkten zu betreiben. Optional ist die Qualität der Innenraumluft auch über eine Beimischung von Frischluft optimierbar, wobei im Speicherbetrieb eine Entfeuchtung wie in einem Klimaanlagekreisprozess nicht oder nur eingeschränkt möglich ist.

[0037] Die vorliegende Erfindung umfasst folglich vorzugsweise auch ein Verfahren zur Optimierung der Betriebsstrategie einer Klimaanlage mit dem vorgenannten thermischen Speicher als Energiespeicher und/oder Energiepuffer. Ebenso umfasst die Erfindung vorzugsweise auch eine Verwendung des vorgenannten thermischen Speichers als Energiespeicher und/oder Energiepuffer für eine Klimaanlage. Bei diesem Verfahren oder dieser Verwendung werden Einschaltphasen des Klimakompressors in energetisch ungünstigen Fahrzuständen wie vorgeannt reduziert oder gar vermieden, wobei zur Vermeidung von Komforteinbußen für die Insassen die Stillstandzeit des Klimakompressors mit Hilfe eines thermischen Speichers überbrückt wird.

[0038] Die genannte Betriebsstrategie beinhaltet eine Lade- und Entladestrategie des Speichers. Sie ist eng mit dem Betriebszustand des Antriebmotors bzw. des energetischen Gesamtfahrzeugzustands verknüpft. Folglich berücksichtigt diese vorzugsweise nicht nur die jeweils zu einem Zeitpunkt erforderliche Antriebsleistungen für den Fahrzeugvortrieb und den Betrieb der Klimaanlage, sondern vorzugsweise so-

wohl die Fahrzustände des Fahrzeugs unter Berücksichtigung der zurückzulegenden Topographie und Verkehrsaufkommen als auch den energetischen Zustand des Fahrzeuginnenraums, aber auch den energetischen Zustand des Gesamtfahrzeugs. Die Daten für die Topographie als auch ein zu erwartendes Verkehrsaufkommen lassen sich vorzugsweise mit einem Navigationsgerät im Fahrzeug selbst, über eine Kommunikation zwischen verschiedenen Fahrzeugen und/oder Systemen (z.B. sog. Car to Car-Communication, allgemein sog. Car to X-Communication) oder über mobilen Datenaustausch zu einem zentralen Server erzeugen oder abrufen und in die Steuerung der erwähnten Betriebsstrategie einbinden.

[0039] Ein besonderer Vorteil besteht darin, dass der Speicher in energetisch günstigen Fahrzuständen, wie z.B. im Schubbetrieb des Fahrzeugs, mit thermischer Energie (z.B. entweder durch den Austausch mit neu gewonnenem kaltem Kondenswasser oder das Abkühlen von bereits im Speicher vorhandenem Kondenswasser) aufladbar ist. Die im Speicher gespeicherte Energie wird dabei während des Fahrbetriebes, bei dem die Motorleistung primär für den Antrieb selbst benötigt wird, zum Betreiben der Klimaanlage oder zur direkten Kühlung des Fahrzeuginnenraums wieder abgegeben.

[0040] Dies hat den Effekt, dass der Klimakompressor nicht zwingend betrieben werden muss, um den Innenraum zu kühlen. Das bedeutet, dass der Klimakompressor durchaus bei geladenem Speicher abgeschaltet werden kann und nicht einen Teil der Leistung des Antriebmotors abgreift. Dies verbessert auch die Fahrdynamik bei einer Beschleunigung oder einer Bergauffahrt mit hoher Last und reduziert die Erhöhung des Kraftstoffverbrauchs des Verbrennungsmotors, da in diesen Punkten der Betrieb des Klimakompressors ungünstig ist.

[0041] Der thermischen Speicher wird optional in einem Mischbetrieb ladbar. In diesem Betrieb wird nicht benötigte, aber bereitgestellte Kälteleistung des Klimasystems zum Laden des Speichers genutzt. Insbesondere bei einem sog. Reheat-Betrieb, bei dem die Luft durch eine Klimaanlage zur Entfeuchtung mangels einer Taupunkterfassung unter eine Zieltemperatur heruntergekühlt wird, um anschließend durch Heizmittel auf eine Zieltemperatur wieder erwärmt wird, kann in vorteilhafter Weise eine überschüssige Kälteleistung in den Speicher umgeleitet und gespeichert werden. Dadurch reduziert sich die benötigte Energie auch deshalb, da die Luft nur so weit an der Taupunktklinie gekühlt werden muss, wie es zum Entfeuchten notwendig ist. Insofern fließt eine Messung des Taupunkts vorzugsweise in die Verfahrensführung in der Weise mit ein, dass die Kühlung eines Innenraums durch die Klimaanlage nur bis zum Erreichen des Taupunkts erfolgt und ein ggf. an-

bietender Leistungsüberschuss für eine nachfolgende Kühlleistung für den Speicher nutzbar ist. Darüber hinaus ist in diesem Betrieb der Speicher schneller aktiv ladbar. Der Betriebspunkt des Klimakompressors ist vorzugsweise über das Drosselventil/Expansionsventil steuerbar. Damit ist der Klimakompressor in einem besseren Wirkungsgrad bei geringeren Leistungsverlusten betreibbar.

[0042] Durch die hier vorliegende Erfindung wird der Betrieb des Klimakompressors durch den thermischen Speicher von den Zeitpunkten einer intermittierenden Kühlung durch den Kompressor alleine (Zweipunkt-Regelung) zu einem gewissen Teil entkoppelt. Durch eine angepasste Lade- und Entladestrategie des thermischen Speichers in Kombination mit der Gewichtersparnis durch die Verwendung von Kondenswasser als ein sich aufbauendes, bedarfsentsprechendes Speichermedium ergibt sich ein Kraftstoffesparpotential durch Effizienzsteigerung.

[0043] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsformen und Figuren erläutert. Es zeigen

[0044] Fig. 1 eine erste Ausführungsform einer Klimaanlage eines Fahrzeugs mit einem Verdampfer und einem mit dem Verdampfer thermisch verbundenen Speichermedium in einem Behälter (parallele Anordnung zum Verdampfer),

[0045] Fig. 2 eine beispielhafte Anordnung des thermischen Speichers im Zuluft-/Umluftstrom hinter dem Verdampfer sowie

[0046] Fig. 3a und b je eine schematische Darstellung der Zuluftstromführung am Verdampfer und am Behälter.

[0047] Die in Fig. 1 dargestellte Klimaanlage ist durch einen thermischen Speicher, dessen Speichermedium durch Kondenswasser gebildet wird, erweitert. Ein Kältemittel herkömmlicher Art durchläuft prozessüblich einen Kreislauf, d.h. von einem Verdampfer 1 zum Kompressor 3. Vorzugsweise wird der Kompressor durch einen Verbrennungsmotor 5 angetrieben, im Schubbetriebe über diesen mittelbar durch die Antriebsräder des rollenden Fahrzeugs. Im Kompressor erfolgt eine Komprimierung des Kältemittels. Von dort gelangt das komprimierte Kältemittel in einen Kondensator 4, in dem es die von der Zu-/Umluft aufgenommene Verdampfungsenthalpie abgibt, dabei abgekühlt und von der gasförmigen in die flüssige Phase übergeht. Anschließend wird das Kältemittel über ein Drosselorgan/Expansionsventil entspannt und verdampft im Verdampfer 1. Dabei wird die benötigte Verdampfungsenthalpie entweder der Zu-/Umluft und/oder dem Speichermedium in einem eigens hierfür vorgesehenen Behälter 2 entzogen. Das Speichermedium wird durch Kondenswasser aus dem Zuluftstrom gebildet und ist ein Kälte-

speicher. Im Ausführungsbeispiel sind der Verdampfer und der Behälter in einer gemeinsamen wärmedämmenden Ummantelung 6 eingesetzt.

[0048] Fig. 2 zeigt in einem weiteren Ausführungsbeispiel eine serielle Anordnung (in Richtung des Zuluftstroms 9 betrachtet) des Behälters 2 des thermischen Speichers zu dem Verdampfer 1. Der Verdampfer ist als Wärmetauscher mit Kältemittelführungswegen 8 (dargestellt ist Ein- und Auslassstutzen für das Kältemittel) und den Wärmetauschbereiche 7 als Durchströmungskanäle mit länglichen Querschnitt konzipiert, durch die der Zuluftstrom (oder Umluftstrom) in Richtung des Behälters 2 durchströmt. An den Wandungen der Durchströmungskanäle insbesondere nahe der kalten Kältemittelführungswegen 8 kondensiert ein Teil der sich in der Zu-/Umluft befindlichen Luftfeuchtigkeit. Im Anschluss wird als der thermische Speicher dienende Behälter 2 vom Zuluftstrom durchströmt. Die Wärmeübertragung zwischen Zuluftstrom und Kondenswasser innerhalb des Speichers geschieht dabei über einen Wärmeübertrager, so dass die Luft nicht in direkten Kontakt mit dem sich im Speicherbehälter befindlichen Kondenswasser kommt. Die Zuluftführungsrichtung 9 ist durch die Pfeile angezeigt. Jenseits der gestrichelten Linien parallel zur Zuluftführungsrichtung 9 befindet sich der Bereich der Ummantelung 6 (vgl. Fig. 1).

[0049] Fig. 3a und b zeigen schematisch Ausführungsformen der Komponenten des Verdampfers und des Behälters für das Speichermedium, die sich im Einflussbereich der Zuluftführung befinden. Die Komponenten des Verdampfers umfassen insbesondere Wärmetauschbereiche 7, d.h. einen Wärmetauscher, der mit einer verzweigten Kältemittelführungswegen 8 eine erhöhte spezifische Wärmeübertragungsfläche aufweist. Die Kältemittelführungswegen 8 sind unterbrochen dargestellt, stellen jedoch ein geschlossenes System innerhalb des Kältemittelkreislaufes dar. In den gestrichelten Bereichen werden die Kältemittelführungswegen direkt von der Zu-/Umluft umspült. Die Zuluftführungsrichtung 9 ist durch Pfeile dargestellt.

[0050] Fig. 3a zeigt beispielhaft die Anordnung des thermischen Speichers parallel zum Verdampfer, Fig. 3b die Integration der Wärmeübertragungsflächen des Speichers zwischen die Wärmeübertragungsflächen des Verdampfers, so dass ein Wärmetauscher mit erhöhter spezifischer Wärmeübertragungsfläche dargestellt wird. Dabei ist sowohl auf eine Optimierung der erhöhten spezifischen Wärmeübertragungsfläche des Speichers als auch auf eine weiterhin ausreichend hohe Wärmeübertragungsfläche und hohen Luftmassenstrom zwischen dem eigentlichen Kältekreislauf und der Luft zu achten.

[0051] Fig. 3a offenbart eine Ausführung, bei der der Behälter **2** in Zuluftführungsrichtung **9** den Kältemittelführungswegen **8** und damit dem Verdampfer nachgeschaltet ist. Kältemittelführungen und Behälter weisen keine ineinander angeordneten Verzweigungen auf. Dem thermische Speicher wird durch die Zuluft und durch Wärmeleitung an den Kontaktstellen zwischen Verdampfer und Behälter thermische Energie entzogen und der Speicher damit geladen.

[0052] Fig. 3b zeigt dagegen eine Ausführung, bei denen der Behälter in Zuluftführungsrichtung **9** den Kältemittelführungswegen **8** und damit dem Verdampfer nachgeschaltet ist, jedoch ein Ineinandergreifen von Verzweigungen von Behälter und Kältemittelführungen vorgesehen sind. Dadurch vergrößert sich die Wärmeübertragungsfläche und der Speicher kann somit schneller geladen werden.

Bezugszeichenliste

- 1** Verdampfer
- 2** Behälter
- 3** Kompressor
- 4** Kondensator
- 5** Verbrennungsmotor
- 6** Ummantelung
- 7** Wärmeaustauschbereich
- 8** Kältemittelführungsweg
- 9** Zuluftführungsrichtung

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 19906497 C2 [0004]
- DE 10227585 A1 [0006]
- DE 102009018106 A1 [0007]
- DE 102009020836 A1 [0008]

Patentansprüche

1. Klimaanlage eines Fahrzeugs, umfassend einen Primärkreislauf mit einem Kompressor (3), mindestens einem Kondensator (4), mindestens einem Expansionsventil und mindestens einem Verdampfer (1) mit Verdampferflächen, wobei der Primärkreislauf thermodynamisch mit einem Speicher (2) als Energiespeicher oder Energiepuffer verbunden ist, wobei der Speicher ein Speichermedium aufweist, das durch an Kondensationsflächen, die die Verdampferflächen überspannen, kondensiertes Kondenswasser gebildet wird.

2. Klimaanlage nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Primärkreislauf über eine Wechselwirkung von Speichermedium über die Kondensationsflächen und/oder einen Wärmetauscher mittel thermodynamisch mit einem Speicher (2) verbunden ist.

3. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Speicher (2) ein separates Gefäß umfasst und die Kondensationsflächen an eine Zuluftstromführung angrenzen und Abzweigungsmittel zur Abzweigung des Kondenswassers von der Zuluftstromführung in das Gefäß vorgesehen sind.

4. Klimaanlage nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gefäß unterhalb der Kondensationsflächen angeordnet ist.

5. Klimaanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen Speicher und Zuluftstromführung Mittel für einen Wärmeaustausch vorgesehen sind.

6. Klimaanlage nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mittel für einen Wärmeaustausch durch einen Wärmetauscher und/oder Mittel zur Durchleitung der Zuluftstromführung durch den Speicher umfassen.

7. Klimaanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kondensationsflächen Leitungswandungen des Primärkreislaufes abseits der Verdampfungsflächen umfassen, die von einer Zuluftstromführung ummantelt sind.

8. Klimaanlage nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zuluftstromführung und der Primärkreislauf als Gegenstromwärmetauscher mit der Kondensationsfläche als Wärmeübertragungsfläche vorgesehen ist.

9. Klimaanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spei-

cher ein Ventil zum Ablassen des Speichermediums aufweist.

10. Klimaanlage nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ventil steuerbar ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig.1

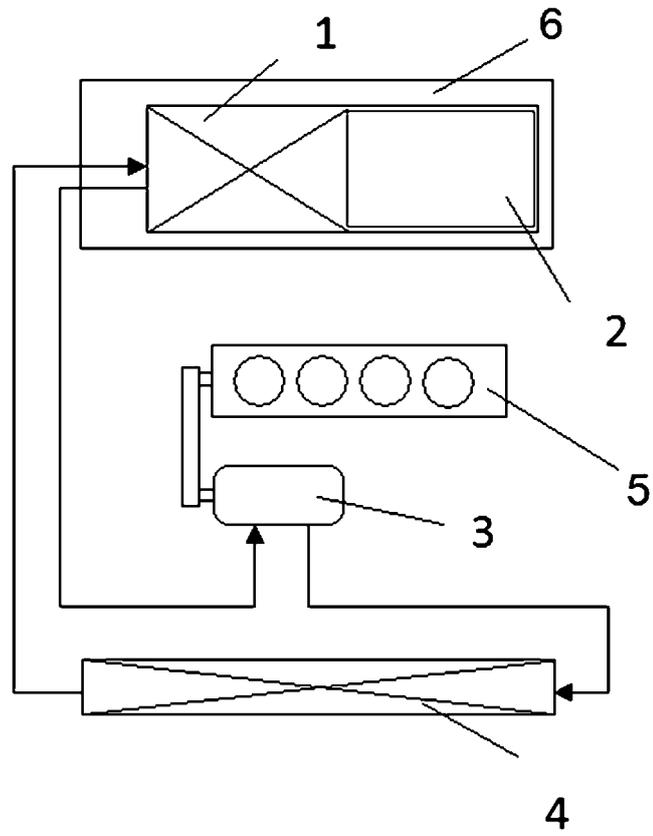


Fig.2

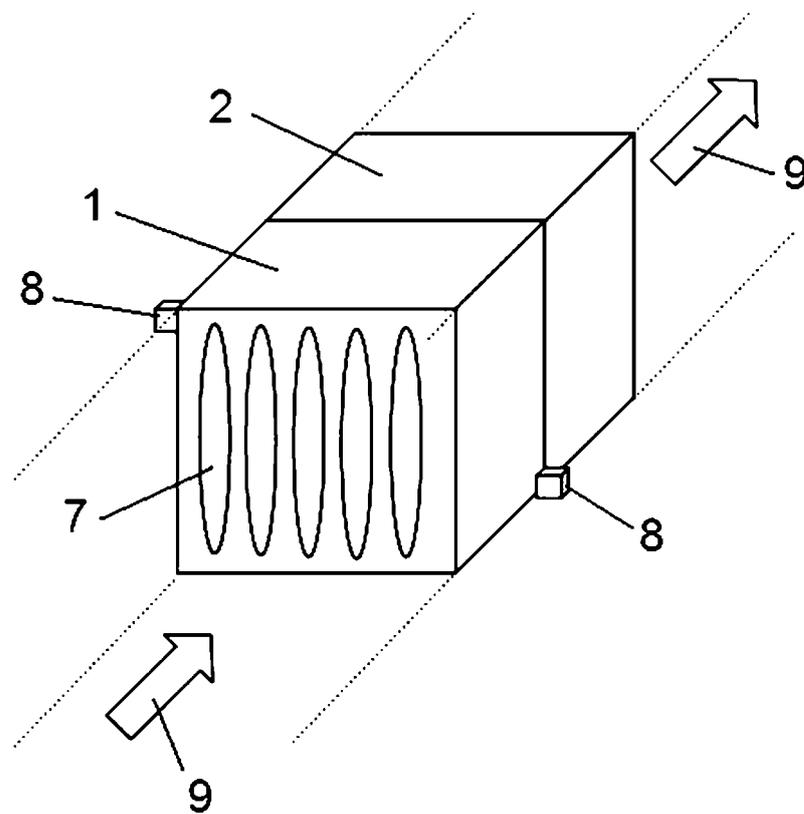


Fig.3a

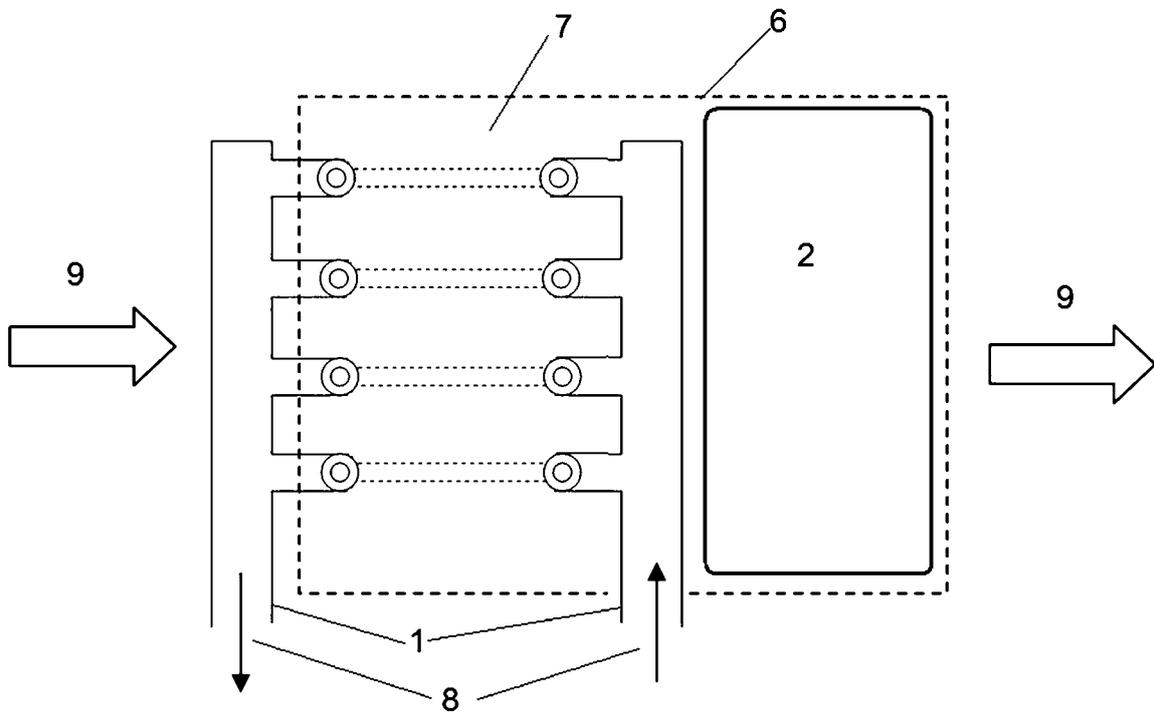


Fig.3b

