



(11)

EP 2 601 389 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
05.09.2018 Patentblatt 2018/36

(51) Int Cl.:
F01K 25/10 ^(2006.01) **F01C 1/02** ^(2006.01)
F01C 21/18 ^(2006.01) **F01K 25/08** ^(2006.01)
F01K 7/06 ^(2006.01) **F01N 5/02** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11749727.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2011/003764

(22) Anmeldetag: **27.07.2011**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2012/019706 (16.02.2012 Gazette 2012/07)

(54) **EXPANSIONSVORRICHTUNG ZUR VERWENDUNG IN EINEM ARBEITSMITTELKREISLAUF UND
VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER EXPANSIONSVORRICHTUNG**

EXPANSION DEVICE FOR USE IN A WORKING MEDIUM CIRCUIT, AND METHOD FOR
OPERATING AN EXPANSION DEVICE

DISPOSITIF D'EXPANSION DESTINÉ À FONCTIONNER DANS UN CIRCUIT DE FLUIDE DE
TRAVAIL ET PROCÉDÉ POUR FAIRE FONCTIONNER UN DISPOSITIF D'EXPANSION

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

- **KOCH, Thomas**
71034 Böblingen (DE)
- **OBRIST, Frank**
A-6850 Dornbirn (AT)
- **SCHMÄLZLE, Christian**
6923 Lauterach (AT)

(30) Priorität: **07.08.2010 DE 102010034230**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.06.2013 Patentblatt 2013/24

(74) Vertreter: **JENSEN & SON**
366-368 Old Street
London EC1V 9LT (GB)

(73) Patentinhaber: **Daimler AG**
70327 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 953 338 EP-A2- 2 503 134
WO-A1-2005/078241 DE-A1- 4 330 609
JP-A- 2006 046 223 US-A1- 2004 255 591

(72) Erfinder:
• **GÄRTNER, Jan**
71229 Leonberg (DE)

EP 2 601 389 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Expansionsvorrichtung zur Verwendung in einem Arbeitsmittelkreislauf nach den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb einer Expansionsvorrichtung nach den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 4. Heutige Verbrennungskraftmaschinen weisen einen Wirkungsgrad von bis zu 40 Prozent auf. Die Verluste werden überwiegend als Wärme an ein Kühlmittel und als Abgaswärme abgegeben.

[0002] Im Stand der Technik existieren verschiedene Verfahren und Vorrichtungen, mittels derer aus der Abgaswärme und/oder der Kühlmittelwärme elektrische und/oder mechanische Energie gewonnen wird.

[0003] Dabei wird mittels eines Clausius-Rankine-Kreisprozesses oder eines Organic-Rankine-Kreisprozesses thermische Energie in mechanische Energie umgewandelt. In einem solchen Clausius-Rankine-Kreisprozess ist üblicherweise eine Expansionsvorrichtung angeordnet, welche als Axialkolbenmaschine oder als Kolbenexpander ausgebildet ist. US 2004/255591 A1 zeigt eine Expansionsvorrichtung sowie das zugehörige Verfahren zum Betrieb dieser Expansionsvorrichtung in einem Arbeitsmittelkreislauf, wobei innerhalb des Arbeitsmittelkreislaufs ein Prozessablauf durchführbar ist, welcher dem eines Clausius-Rankine-Kreisprozesses oder eines Organic-Rankine-Kreisprozesses entspricht. Dabei ist die Expansionsvorrichtung als Scrollarbeitsmaschine ausgebildet, welche in Expansionsrichtung von einem im Arbeitsmittelkreislauf zirkulierenden Arbeitsmittel durchströmbar ist. Es sind zwei Bypass-Öffnungen und ein Schieber vorgesehen, wobei ein Expansionsverhältnis der Scrollarbeitsmaschine mittels Schieber über die Bypass-Öffnungen veränderbar ist. Durch Öffnen der Bypass-Öffnungen ist ein erhöhtes Schluckverhalten der Scrollarbeitsmaschine darstellbar.

[0004] JP2006046223A zeigt einen Scrollexpander mit einer feststehenden Scrollplatte und einem beweglichen Scroll. In einer Modifikation ist in der Zuführung des Arbeitsmediums zu einem Fluidraum des Scrollexpanders ein Ventil zur Durchflusssteuerung vorgesehen. In einer Ausführungsform ist dieses Ventil als ein elektromagnetisches Ventil ausgebildet. Wenn das elektromagnetische Ventil relativ häufig innerhalb kurzer Zeit geöffnet und geschlossen wird und das Öffnungs- und Schließintervall dieses elektromagnetischen Ventils eingestellt wird, kann die Menge des Arbeitsfluids, das von einer Einspritzung einem Fluidraum des Scrollexpanders zugeführt wird, eingestellt werden.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine verbesserte, insbesondere energieeffizientere Expansionsvorrichtung zur Verwendung in einem Arbeitsmittelkreislauf und ein verbessertes Verfahren zum Betrieb einer Expansionsvorrichtung anzugeben. Hinsichtlich der Vorrichtung wird die Aufgabe erfindungsgemäß durch eine Expansionsvorrichtung zur Verwendung in einem Ar-

beitsmittelkreislauf mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Hinsichtlich des Verfahrens wird die Aufgabe erfindungsgemäß durch ein Verfahren zum Betrieb einer Expansionsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 4 gelöst.

[0006] Bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0007] Die Expansionsvorrichtung zur Verwendung in einem Arbeitsmittelkreislauf, wobei innerhalb des Arbeitsmittelkreislaufs ein Prozessablauf durchführbar ist, welcher dem eines Clausius-Rankine-Kreisprozesses oder eines Organic-Rankine-Kreisprozesses entspricht, ist als Scrollarbeitsmaschine ausgebildet, welche in Expansionsrichtung von einem im Arbeitsmittelkreislauf zirkulierenden Arbeitsmittel durchströmbar ist.

[0008] Erfindungsgemäß sind entlang eines Expansionspfades mehrere Einlässe in einer feststehenden Scrollgrundplatte angeordnet, mittels derer Arbeitsmittel des Arbeitsmittelkreislaufs der Expansionsvorrichtung zuführbar ist. Dabei ist jedem Einlass in der feststehenden Scrollgrundplatte ein separates Taktventil zugeordnet, mit dem das Arbeitsmittel des Arbeitsmittelkreislaufes der Expansionsvorrichtung gesteuert und/oder geregelt zuführbar ist. Gemäß der Erfindung ist ein Expansionsverhältnis der Scrollarbeitsmaschine und/oder eine Zufuhr von Arbeitsmitteln zur Scrollarbeitsmaschine veränderbar.

[0009] Besonders vorteilhafterweise ist mittels der erfindungsgemäßen Expansionsvorrichtung eine Drehbewegung, beispielsweise zum Antrieb eines elektrischen Generators, direkt erzeugbar.

[0010] Aus dieser Drehbewegung resultiert ein vibrationsarmer Lauf der Expansionsvorrichtung, insbesondere im Vergleich zu einer alternierenden Bewegung eines herkömmlichen Kolbenexpanders, bei welchem die alternierende Bewegung zudem noch mittels eines reibungsbehafteten Getriebes in eine Drehbewegung umgewandelt werden muss.

[0011] Die Expansionsvorrichtung ist in einer möglichen Ausführungsform durch ein feststehendes Scrollelement, ein bewegliches Scrollelement und einen Exzentertrieb gekennzeichnet, wobei das feststehende Scrollelement eine feststehende Scrollgrundplatte und eine sich von der feststehenden Scrollgrundplatte erstreckende feststehende Scrollspiralwand aufweist, wobei das bewegliche Scrollelement eine bewegliche Scrollgrundplatte und eine bewegliche Scrollspiralwand aufweist, die sich von der beweglichen Scrollgrundplatte erstreckt, wobei die bewegliche Scrollspiralwand und die feststehende Scrollspiralwand miteinander in Eingriff stehen, so dass sie zumindest einen Expansionsbereich zwischen dem beweglichen Scrollelement und dem feststehenden Scrollelement bilden, wobei das bewegliche Scrollelement relativ zu dem feststehenden Scrollelement mittels des Exzentertriebs kreisend bewegbar ist und die Größe des Expansionsbereichs während dieser Kreisbewegung entlang eines Expansionspfades verän-

derbar ist. Innerhalb einer solchen Expansionsvorrichtung ist vorteilhafterweise eine Bauteilanzahl im Vergleich zu herkömmlichen Expansionsvorrichtungen, welche beispielsweise als Axialkolbenmaschine oder als Kolbenexpander ausgebildet sind, signifikant verringert. Insbesondere ist die Zahl der bewegten Bauteile verringert.

[0012] Vorteilhafterweise ist ein Arbeitsmittel des Arbeitsmittelkreislaufs der Expansionsvorrichtung zentrisch zuführbar.

[0013] In einer Ausgestaltung der Erfindung ist das im Arbeitsmittelkreislauf zirkulierende Arbeitsmittel der Expansionsvorrichtung mittels eines mittigen Einlasses in der feststehenden Scrollgrundplatte zuführbar. Gemäß der Erfindung ist das Arbeitsmittel des Arbeitsmittelkreislaufs der Expansionsvorrichtung mittels mehrerer Einlässe in der feststehenden Scrollgrundplatte entlang des Expansionspfades zuführbar. Gemäß der Erfindung ist das Arbeitsmittel des Arbeitsmittelkreislaufs der Expansionsvorrichtung mittels Taktventilen gesteuert und/oder geregelt zuführbar. Entsprechend der Erfindung ist jedem Einlass in der feststehenden Scrollgrundplatte ein separates Taktventil zugeordnet, welches besonders vorteilhafterweise separat steuer- und/oder regelbar ist.

[0014] Aus dieser variablen Zuführung des Arbeitsmittels in die Expansionsvorrichtung resultiert ein variabel einstellbares Druckniveau des Arbeitsmittels in der Expansionsvorrichtung und ein variabel einstellbarer Arbeitsmitteldurchsatz in der Expansionsvorrichtung.

[0015] Diese einfache Steuerung und/oder Regelung des Arbeitsmittelstroms erleichtert eine Systemauslegung des Arbeitsmittelkreislaufs.

[0016] Ein Expansionsdruckgefälle innerhalb der Expansionsvorrichtung ist von der Geometrie der Scrollspiralwände abhängig. Diese Geometrie ist somit zweckmäßigerweise bei der Konstruktion der Expansionsvorrichtung an die jeweiligen Bedingungen im Arbeitsmittelkreislauf anpassbar.

[0017] Die Scrollspiralwände sind vorteilhafterweise als archimedische Spiralfächen ausgeformt, welche um 180° im Uhrzeigersinn gegeneinander verdreht angeordnet sind.

[0018] Es ist somit mit sehr einfachen Mitteln möglich, den Arbeitsmittelstrom im Arbeitsmittelkreislauf und/oder in der Expansionsvorrichtung unabhängig von einem Pumpendurchsatz einer im Arbeitsmittelkreislauf angeordneten Fördereinheit zu variieren.

[0019] Besonders vorteilhafterweise ist eine Druckdifferenz zwischen einem Hochdruck- und einem Niederdruckbereich, im Folgenden auch als Expansionsgefälle bezeichnet, des Arbeitsmittelkreislaufs mittels einer Erhöhung der Anzahl der entlang des Expansionspfades angeordneten Taktventile reduzierbar und/oder anpassbar.

[0020] Aus einer solchen Reduzierung resultieren zahlreiche Vorteile, beispielsweise kann durch ein gleichzeitiges Erhöhen des Arbeitsmitteldurchsatzes im Arbeitsmittelkreislauf ein Überhitzen des Arbeitsmittels

vermieden werden.

[0021] Typischerweise ist im niedrigen Motorlastbereich ein niedriges Expansionsgefälle vorteilhaft, während im hohen Motorlastbereich ein hohes Expansionsgefälle erstrebenswert ist. Mittels der Expansionsvorrichtung ist eine besonders variable Expansion des Arbeitsmittels realisierbar, wodurch der Arbeitsmittelkreislauf und/oder die Expansionsvorrichtung flexibel an wechselnde Wärmemengeneinträge anpassbar sind/ist.

[0022] Beim Verfahren zum Betrieb einer Expansionsvorrichtung in einem Arbeitsmittelkreislauf, wobei innerhalb des Arbeitsmittelkreislaufs ein Prozessablauf durchgeführt wird, welcher dem eines Clausius-Rankine-Kreisprozesses oder eines Organic-Rankine-Kreisprozesses entspricht, wird ein bewegliches Scrollelement relativ zu einem feststehenden Scrollelement mittels eines Exzentertriebs in einer Kreisbewegung bewegt und die Größe eines zwischen dem beweglichen Scrollelement und dem feststehenden Scrollelement gebildeten Expansionsbereichs wird während dieser Kreisbewegung entlang eines Expansionspfades verändert.

[0023] Erfindungsgemäß ist das Verfahren zum Betrieb einer als Scrollarbeitsmaschine mit zumindest einem Taktventil ausgebildeten Expansionsvorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass mittels zumindest einem Taktventil ein Expansionsverhältnis der Expansionsvorrichtung **und** eine Zufuhr von Arbeitsmittel zur Expansionsvorrichtung verändert werden.

[0024] Ein der Expansionsvorrichtung zugeführter Arbeitsmittelstrom wird vorteilhafterweise mittels der separat oder gemeinsam aktudierbaren Taktventile geregelt und/oder gesteuert.

[0025] Mittels des Verfahrens ist besonders vorteilhafterweise eine variable Expansion des Arbeitsmittels in der Expansionsvorrichtung ermöglicht.

[0026] Somit kann nahezu die gesamte, im Betrieb einer Brennkraftmaschine anfallende Verlustwärmeenergie im Arbeitsmittelkreislauf und in der Expansionsvorrichtung genutzt werden, wobei die Expansionsvorrichtung an unterschiedliche, betriebszustandsabhängig anfallende Verlustwärmeenergiemengen anpassbar ist.

[0027] Dadurch wird als Vorteil der Erfindung eine Wirkungsgradsteigerung des Arbeitsmittelkreislaufs und der Expansionsvorrichtung erreicht. Durch die Nutzung der Verlustwärme der Brennkraftmaschine wird im Weiteren der Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine erhöht.

[0028] Die Expansionsvorrichtung und das Verfahren zum Betrieb der Expansionsvorrichtung können besonders vorteilhafterweise innerhalb eines jeden, nach dem Prinzip des Clausius-Rankine-Kreisprozesses oder des Organic-Rankine-Kreisprozesses betriebenen Arbeitsmittelkreislaufs eingesetzt werden, um eine optimierte Abwärmenutzung der Brennkraftmaschine zu realisieren.

[0029] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand von Zeichnungen näher erläutert.

[0030] Dabei zeigen:

- Fig. 1 schematisch einen Arbeitsmittelkreislauf mit Expansionsvorrichtung,
 Fig. 2 schematisch eine Ausführungsvariante einer Expansionsvorrichtung, die nicht alle Merkmale der Erfindung zeigt,
 Fig. 3 schematisch eine alternative, erfindungsgemäße Ausführungsvariante der Expansionsvorrichtung, und
 Fig. 4 schematisch ein Verfahrensablaufdiagramm vom Betrieb der Expansionsvorrichtung.

[0031] Einander entsprechende Teile sind in allen Zeichnungen mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0032] Die Expansionsvorrichtung 1 ist Teil eines Arbeitsmittelkreislaufs AK, in welchem ein Arbeitsmittel AM geführt wird und wobei ein in dem Arbeitsmittelkreislauf AK durchgeführter Prozessablauf dem eines so genannten Clausius-Rankine-Kreisprozesses oder eines Organic-Rankine-Kreisprozesses entspricht, wie in Figur 1 dargestellt.

[0033] Dieser Arbeitsmittelkreislauf AK umfasst eine Fördereinheit F, einen Wärmetauscher W, die Expansionsvorrichtung 1 und einen Kondensator K.

[0034] Im Prozessablauf des Clausius-Rankine-Kreisprozesses oder des Organic-Rankine-Kreisprozesses wird das flüssige Arbeitsmittel AM in einem Arbeitsmittelstrom von der Fördereinheit F dem Wärmetauscher W zugeführt. Im Wärmetauscher W wird das flüssige Arbeitsmittel AM unter konstantem Druck unter Nutzung der Verlustwärme einer Brennkraftmaschine derart erwärmt, dass es verdampft.

[0035] Der Wärmetauscher W kann dabei beispielsweise als Abgaswärmetauscher, Abgasrückführungswärmetauscher und/oder Kühlmittelwärmetauscher eine Abgaswärme und/oder eine Wärme eines Kühlmittels der Brennkraftmaschine verwenden, um das flüssige Arbeitsmittel AM zu erwärmen und zu verdampfen.

[0036] Das unter hohem Druck stehende dampfförmige Arbeitsmittel AM wird der Expansionsvorrichtung 1 zugeführt und wird in einer adiabatischen oder nahezu adiabatischen Expansion zu einem dampfförmigen Arbeitsmittel AM mit Normaldruck entspannt. In der Expansionsvorrichtung 1 wird dabei eine kinetische Energie des dampfförmigen Arbeitsmittels AM in eine mechanische Energie umgewandelt.

[0037] Beispielsweise kann die erzeugte mechanische Energie bei einer Kopplung der Expansionsvorrichtung 1 mit einem nicht näher dargestellten elektrischen Generator in eine elektrische Energie umgewandelt werden. Diese elektrische Energie kann z. B. zum Antrieb eines nicht näher dargestellten Elektromotors genutzt werden, der unterstützend zu der Brennkraftmaschine wirkt. Weiterhin kann die mittels der Expansionsvorrichtung 1 erzeugte mechanische Energie direkt über nicht näher dargestellte Anordnungen der Brennkraftmaschine zur Unterstützung zugeführt werden.

[0038] Nach der Entspannung wird das dampfförmige Arbeitsmittel AM dem Kondensator K zugeführt, in wel-

chem das dampfförmige Arbeitsmittel AM mittels einer Kühlung isobar oder nahezu isobar kondensiert und somit in einen flüssigen Aggregatzustand überführt wird, so dass der Fördereinheit F eingangsseitig das flüssige Arbeitsmittel AM zuführbar ist.

[0039] In Figur 2 ist schematisch eine Ausführungsvariante der Expansionsvorrichtung 1 dargestellt.

[0040] Die Expansionsvorrichtung 1 ist vorzugsweise als Scrollarbeitsmaschine ausgebildet, welche in Expansionsrichtung von dem im Arbeitsmittelkreislauf AK zirkulierenden Arbeitsmittel AM durchströmbar ist.

[0041] Dazu umfasst die Expansionsvorrichtung 1 ein feststehendes Scrollelement 2 und ein bewegliches Scrollelement 3. Das feststehende Scrollelement 2 hat eine runde oder scheibenförmige, feststehende Scrollgrundplatte 4 und eine feststehende Scrollspiralwand 5, die sich von der feststehenden Scrollgrundplatte 4 in Richtung des beweglichen Scrollelements 3 erstreckt. Ein Einlass 6.1 ist im Wesentlichen in der Mitte der feststehenden Scrollgrundplatte 4, beispielsweise zentrisch, ausgebildet und mit dem Arbeitsmittel AM aus dem Arbeitsmittelkreislauf AK beaufschlagbar.

[0042] Das bewegliche Scrollelement 3 hat eine runde oder scheibenförmige, bewegliche Scrollgrundplatte 7 und eine bewegliche Scrollspiralwand 8, die sich von der beweglichen Scrollgrundplatte 7 in Richtung des feststehenden Scrollelements 2 erstreckt.

[0043] Die Scrollspiralwände 5 und 8 sind als so genannte archimedische Spiralfächen ausgeformt, welche um 180° im Uhrzeigersinn gegeneinander verdreht angeordnet sind.

[0044] Ein Expansionsverhältnis innerhalb der Expansionsvorrichtung 1, welches eine Druckdifferenz zwischen einem Hochdruck- und einem Niederdruckbereich der Expansionsvorrichtung 1 bezeichnet, ist von der Geometrie der Scrollspiralwände 5 und 8 abhängig. Diese Geometrie kann somit zweckmäßigerweise bei der Konstruktion der Expansionsvorrichtung 1 an die jeweiligen Bedingungen im Arbeitsmittelkreislauf AK angepasst werden.

[0045] Die feststehende Scrollspiralwand 5 steht mit der beweglichen Scrollspiralwand 8 derart in Eingriff, dass sie zumindest einen Expansionsbereich 9.1 zwischen dem feststehenden Scrollelement 2 und dem beweglichen Scrollelement 3 bildet.

[0046] In Abhängigkeit der Geometrie der Scrollspiralwände 5 und 8 sind zwischen dem feststehenden Scrollelement 2 und dem beweglichen Scrollelement 3 weitere Expansionsbereiche 9.2 bis 9.5, wie in Figur 1 dargestellt, ausbildbar.

[0047] Diese Expansionsbereiche 9.1 bis 9.5 sind Größenveränderlich und bewegen sich in noch zu beschreibender Art und Weise kreisförmig entlang eines Expansionspfades zwischen den Scrollspiralwänden 5 und 8.

[0048] Der Expansionspfad ist der Weg, welchen jeder Expansionsbereich 9.1 bis 9.5 während einer Kreisbewegung des beweglichen Scrollelements 3 relativ zu dem feststehenden Scrollelement 2 beschreibt.

[0049] An der beweglichen Scrollgrundplatte 7 ist ein nicht dargestellter Exzentertrieb angeordnet, welcher einerseits eine kreisende Bewegung des beweglichen Scrollelements 3 relativ zu dem feststehenden Scrollelement 2 ermöglicht und andererseits eine mechanische Energie in Form einer Rotationsbewegung einer nicht dargestellten, mit dem Exzentertrieb verbundenen Welle abgibt.

[0050] Der Exzentertrieb ist vorteilhafterweise derart ausgebildet, dass das bewegliche Scrollelement 3 relativ zu dem feststehenden Scrollelement 2 in einer kreisenden Bewegung bewegbar ist, wobei das bewegliche Scrollelement 3 keine Drehbewegung um die eigenen Achsen ausführt.

[0051] Das im Arbeitsmittelkreislauf AK zirkulierende Arbeitsmittel AM ist der Expansionsvorrichtung 1 mittels des Einlasses 6.1 zuführbar. Nicht näher dargestellt ist diesem Einlass 6.1 ein herkömmliches Taktventil zugeordnet, welches eine Steuerung und/oder Regelung des der Expansionsvorrichtung 1 zuführbaren Arbeitsmittelstroms ermöglicht. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung sind neben dem Einlass 6.1 weitere Einlässe mit entsprechenden Taktventilen entlang des Expansionspfades vorgesehen. Mittels der beiden Auslässe 10.1 und 10.2 ist das expandierte Arbeitsmittel AM aus der Expansionsvorrichtung 1 abführbar. Diese Auslässe 10.1 und 10.2 sind in Abhängigkeit der Kreisbewegung des beweglichen Scrollelements 3 relativ zu dem feststehenden Scrollelement 2 am jeweiligen äußeren Ende 11.1 und 11.2 der Scrollspiralwände 5 und 8 periodisch ausbildbar.

[0052] In Figur 3 ist schematisch eine alternative, erfindungsgemäße Ausführungsvariante der Expansionsvorrichtung 1 dargestellt.

[0053] Neben dem in Figur 1 beschriebenen Einlass 6.1 sind weitere Einlässe 6.2 bis 6.5 in der feststehenden Scrollgrundplatte 4 angeordnet. Diese Einlässe 6.2 bis 6.5 sind derart entlang des Expansionspfades angeordnet, dass die Expansionsbereiche 9.1 bis 9.5 während ihrer Bewegung entlang des Expansionspfades mit Arbeitsmittel AM aus den Einlässen 6.2 bis 6.4 beaufschlagbar sind.

[0054] Nicht näher dargestellt ist einem jeden Einlass 6.1 bis 6.5 ein separates Taktventil zugeordnet. Mittels dieser separat oder gemeinsam aktuierbaren Taktventile ist eine individuelle Steuerung und/oder Regelung eines jeden der Expansionsvorrichtung 1 mittels der Einlässe 6.1 bis 6.5 zuführbaren Arbeitsmittelteilstroms ermöglicht.

[0055] In Figur 4 ist schematisch ein Verfahrensablaufdiagramm vom Betrieb der Expansionsvorrichtung 1 dargestellt.

[0056] Zur Veranschaulichung des Betriebsverhaltens der Expansionsvorrichtung 1 sind in Figur 4 die Verfahrensschritte S1 bis S4 in einem Kreisdiagramm abgebildet.

[0057] In Verfahrensschritt S1 wird der zentral angeordnete Expansionsbereich 9.1 mittels des Einlasses 6.1

mit dem unter hohem Druck stehenden dampfförmigen Arbeitsmittel AM aus dem Arbeitsmittelkreislauf AK beaufschlagt. Die Auslässe 10.1 und 10.2 sind verschlossen. Zwischen den Scrollspiralwänden 5 und 8 werden entlang des Expansionspfades weitere Expansionsbereiche 9.2 bis 9.5 gebildet.

[0058] Durch eine von der Ausdehnung oder Expansion des Arbeitsmittels AM erzeugte kinetische Energie und die daraus resultierende Kraft, welche auf die Scrollspiralwänden 5 und 8 einwirkt, wird die bewegliche Scrollspiralwand 8 und somit das bewegliche Scrollelement 3 zu der kreisenden Bewegung relativ zu dem feststehenden Scrollelement 2 angeregt.

[0059] In Verfahrensschritt S2 ist diese im Uhrzeigersinn kreisende Bewegung nach einer Bewegungsamplitude von 90° dargestellt. Die Expansionsbereiche 9.1 bis 9.3 haben ihr Volumen vergrößert. Daraus resultiert eine, im Folgenden auch als Expansion bezeichnete, Druck- und/oder Temperaturabnahme des Arbeitsmittels AM. Die Expansionsbereiche 9.4 und 9.5 haben ihre größte Volumenausdehnung erreicht und die Auslässe 10.1 und 10.2 werden geöffnet. Durch die Auslässe 10.1 und 10.2 wird das expandierte Arbeitsmittel AM dem Arbeitsmittelkreislauf AK zugeführt und im Kondensator K verflüssigt.

[0060] In Verfahrensschritt S3 ist die kreisende Bewegung des beweglichen Scrollelements 3 nach einer Bewegungsamplitude von 180° dargestellt. Die Expansionsbereiche 9.1 bis 9.3 vergrößern das Volumen während ihrer Bewegung entlang des Expansionspfades. Die Auslässe 10.1 und 10.2 erreichen ihren größten Öffnungsquerschnitt und unterstützen derart einen Rückfluss des Arbeitsmittels AM in den Arbeitsmittelkreislauf AK.

[0061] In Verfahrensschritt S4 ist die kreisende Bewegung des beweglichen Scrollelements 3 nach einer Bewegungsamplitude von 270° dargestellt. Durch die kreisende Bewegung des beweglichen Scrollelements 3 relativ zu dem feststehenden Scrollelement 2 ist ein neuer Expansionsbereich 9.1' entstanden, während sich die Expansionsbereiche 9.1 bis 9.3 weiter vergrößern und ihre Bewegung entlang des Expansionspfades in Richtung der Auslässe 10.1 und 10.2 fortsetzen. Die Auslässe 10.1 und 10.2 sind nahezu vollständig geschlossen und daraus resultierend werden die Expansionsbereiche 9.4 und 9.5 im weiteren Verlauf der kreisenden Bewegung des beweglichen Scrollelements 3 eliminiert.

[0062] Nach Abschluss einer vollständigen kreisenden Bewegung des beweglichen Scrollelements 3 relativ zu dem feststehenden Scrollelement 2 beginnt der Verfahrensablauf in Verfahrensschritt S1 erneut.

[0063] Mit der bei der Expansion des Arbeitsmittels AM generierten Kraft wird mittels des Exzentertriebs eine nicht dargestellte Welle der Expansionsvorrichtung 1 angetrieben. Dadurch kann beispielsweise ein elektrischer Generator direkt mittels der Expansionsvorrichtung 1 angetrieben werden.

[0064] Aus dieser Drehbewegung der Welle der Ex-

pansionsvorrichtung 1 resultiert vorteilhafterweise ein vibrationsarmer Lauf der Expansionsvorrichtung 1.

[0065] Nicht näher in Figur 4 dargestellt können entlang des Expansionspfades weitere Einlässe 6.2 bis 6.5 in der feststehenden Scrollgrundplatte 4 angeordnet sein. Mittels dieser zusätzlichen Einlässe 6.2 bis 6.5 werden die Expansionsbereiche 9.1 bis 9.5 während ihres Umlaufs mit dem unter hohem Druck stehenden dampfförmigen Arbeitsmittel AM aus dem Arbeitsmittelkreislauf AK beaufschlagt.

[0066] Aus dieser variablen Zuführung des Arbeitsmittels AM in die Expansionsvorrichtung 1 resultiert vorteilhafterweise ein variabel einstellbares Druckniveau des Arbeitsmittels AM in der Expansionsvorrichtung 1 und/oder ein variabel einstellbarer Arbeitsmitteldurchsatz in der Expansionsvorrichtung 1.

[0067] Diese einfache Steuerung und/oder Regelung des Arbeitsmittelstroms AM in der Expansionsvorrichtung 1 erleichtert vorteilhafterweise eine Systemauslegung des Arbeitsmittelkreislaufs AK und die Steuerung und/oder Regelung des Arbeitsmittelkreislaufs AK.

Bezugszeichenliste

[0068]

1	Expansionsvorrichtung
2	feststehendes Scrollelement
3	bewegliches Scrollelement
4	feststehende Scrollgrundplatte
5	feststehende Scrollspiralwand
6.1 bis 6.5	Einlass
7	bewegliche Scrollgrundplatte
8	bewegliche Scrollspiralwand
9.1 bis 9.5	Expansionsbereich
9.1'	Expansionsbereich
10.1, 10.2	Auslass
11.1, 11.2	Ende
AK	Arbeitsmittelkreislauf
AM	Arbeitsmittel
F	Fördereinheit
K	Kondensator
S1 bis S4	Verfahrensschritt
W	Wärmetauscher

Patentansprüche

1. Expansionsvorrichtung (1) zur Verwendung in einem Arbeitsmittelkreislauf (AK), wobei innerhalb des Arbeitsmittelkreislaufs ein Prozessablauf durchführbar ist, welcher dem eines Clausius-Rankine-Kreisprozesses oder eines Organic-Rankine-Kreisprozesses entspricht, wobei die Expansionsvorrichtung (1) als Scrollarbeitsmaschine ausgebildet ist, welche in Expansionsrichtung von einem im Arbeitsmittelkreislauf (AK) zirkulierenden Arbeitsmittel (AM) durchströmbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass**

entlang eines Expansionspfades mehrere Einlässe (6.1 bis 6.5) in einer feststehenden Scrollgrundplatte (4) angeordnet sind, mittels derer Arbeitsmittel (AM) des Arbeitsmittelkreislaufs (AK) der Expansionsvorrichtung (1) zuführbar ist, wobei jedem Einlass (6.1 bis 6.5) in der feststehenden Scrollgrundplatte (4) ein separates Taktventil zugeordnet ist, mit dem das Arbeitsmittel (AM) des Arbeitsmittelkreislaufes (AK) der Expansionsvorrichtung (1) gesteuert und/oder geregelt zuführbar ist.

2. Expansionsvorrichtung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das jedes Taktventil separat Steuer- und/oder regelbar ist.
3. Expansionsvorrichtung (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Expansionsvorrichtung (1) mechanische Energie erzeugt, die einer Brennkraftmaschine zur Unterstützung zuführbar und/oder mit einem elektrischen Generator in eine elektrische Energie umwandelbar ist.
4. Verfahren zum Betrieb einer als Scrollarbeitsmaschine mit zumindest einem Taktventil ausgebildeten Expansionsvorrichtung (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels zumindest einem Taktventil ein Expansionsverhältnis der Expansionsvorrichtung (1) und eine Zufuhr von Arbeitsmittel (AM) zur Expansionsvorrichtung (1) verändert werden.
5. Verfahren zum Betrieb einer Expansionsvorrichtung (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem niedrigen Motorlastbereich der Brennkraftmaschine ein niedriges Expansionsverhältnis und in einem hohen Motorlastbereich der Brennkraftmaschine ein hohes Expansionsverhältnis eingestellt wird.
6. Verfahren zum Betrieb einer Expansionsvorrichtung (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Druckdifferenz zwischen einem Hochdruck- und einem Niederdruckbereich des Arbeitsmittelkreislaufs, mittels einer Erhöhung der Anzahl der entlang des Expansionspfades angeordneten Taktventile reduziert und/oder angepasst wird.
7. Verfahren zum Betrieb einer Expansionsvorrichtung (1) nach Anspruch 4, wobei die Expansionsvorrichtung (1) nach Anspruch 2 ausgeführt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Druckniveau in der Expansionsvor-

richtung (1) mittels zumindest eines Taktventils variabel eingestellt wird.

Claims

1. Expansion device (1) for use in a working medium circuit (AK), wherein within the working medium circuit a process sequence can be executed which corresponds to that of a Clausius Rankine cycle or an Organic Rankine cycle, wherein the expansion device (1) is designed as a Scroll machine through which a working medium (AM) circulating in the working medium circuit (AK) can flow in the expansion direction,
characterised in that
along an expansion path, several inlets (6.1 to 6.5) are arranged in a stationary Scroll base plate (4), by means of which inlets (6.1 to 6.5) working medium (AM) of the working medium circuit (AK) can be fed to the expansion device (1), wherein each inlet (6.1 to 6.5) in the stationary Scroll base plate (4) is assigned a separate cycle valve whereby the working medium (AM) of the working medium circuit (AK) can be fed to the expansion device (1) under open-and/or closed-loop control.
2. Expansion device (1) according to claim 1,
characterised in that
each cycle valve can be controlled separately in an open and/or closed loop.
3. Expansion device (1) according to any of the preceding claims,
characterised in that
the expansion device (1) generates mechanical energy which can be fed to an internal combustion engine for support and/or can be converted into electric energy with an electric generator.
4. Method for operating an expansion device (1) according to any of the preceding claims, which is designed as a Scroll machine with at least one cycle valve,
characterised in that
by means of at least one cycle valve, an expansion ratio of the expansion device (1) and a feed of working medium (AM) to the expansion device (1) are changed.
5. Method for operating an expansion device (1) according to claim 4,
characterised in that
in a low engine load range of the internal combustion engine, a low expansion ratio is set, and in a high load range of the internal combustion engine, a high expansion ratio is set.

6. Method for operating an expansion device (1) according to claim 4,
characterised in that
a pressure differential between a high-pressure region and a low-pressure region of the working medium circuit is reduced and/or adjusted by means of increasing the number of cycle valves arranged along the expansion path.
7. Method for operating an expansion device (1) according to claim 4, the expansion device (1) being designed in accordance with claim 2,
characterised in that
at least one pressure level in the expansion device (1) is adjusted variably by means of at least one cycle valve.

Revendications

1. Dispositif d'expansion (1) destiné à être utilisé dans un circuit de liquide de travail (AK), un processus pouvant se dérouler à l'intérieur du circuit de liquide de travail, ledit processus correspond au processus à circuit Clausius-Rankine ou à un processus à circuit organique-Rankine, le dispositif d'expansion (1) étant conçu sous la forme d'une machine de travail à défilement, qui dans le dispositif d'expansion peut être parcouru par un liquide de travail (AM) circulant dans le circuit de liquide de travail (AK), **caractérisé en ce que** le long d'un chemin d'expansion sont disposées plusieurs admissions (6.1 à 6.5) dans une plaque de base de défilement (4) fixe, au moyen desquelles le liquide de travail (AM) du circuit de liquide de travail (AK) peut être introduit dans le dispositif d'expansion (1), chaque admission (6.1 à 6.5) étant associée dans la plaque de base de défilement fixe (4) à une vanne à fonctionnement cyclique, avec laquelle le liquide de travail (AM) du circuit de liquide de travail (AK) est commandé et/ou introduit de manière dosée dans le dispositif d'expansion (1).
2. Dispositif d'expansion (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** chaque vanne à fonctionnement cyclique peut être commandée et/ou réglée individuellement.
3. Dispositif d'expansion (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dispositif d'expansion (1) produit de l'énergie mécanique, qui peut être introduite dans un moteur à combustion interne pour la prise en charge et/ou peut être convertie par un générateur électrique en énergie électrique.
4. Procédé de fonctionnement d'une machine de travail à défilement ayant au moins un dispositif d'expansion (1) conçu sous la forme d'une vanne à fonction-

nement cyclique selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**au moyen d'au moins une vanne à fonctionnement cyclique un rapport d'expansion du dispositif d'expansion (1) et un acheminement du liquide de travail (AM) vers le dispositif d'expansion sont modifiés. 5

5. Procédé de fonctionnement d'un dispositif d'expansion (1) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** dans une plage de faible charge du moteur à combustion interne un faible rapport d'expansion est réglé et dans une plage de charge moteur élevée du moteur à combustion interne est réglé un rapport d'expansion élevé. 10

6. Procédé de fonctionnement d'un dispositif d'expansion (1) selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'**une différence de pression entre une plage de faible pression et une plage de haute pression du circuit de liquide de travail, au moyen d'une augmentation du nombre de vannes en fonctionnement cyclique disposées le long du chemin d'expansion est réduite et/ou adaptée. 15 20

7. Procédé de fonctionnement d'un dispositif d'expansion (1) selon la revendication 4, le dispositif d'expansion (1) est conçu selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'**au moins un niveau de pression est réglé de manière variable dans le dispositif d'expansion (1) au moyen d'au moins une vanne à fonctionnement cyclique. 25 30

35

40

45

50

55

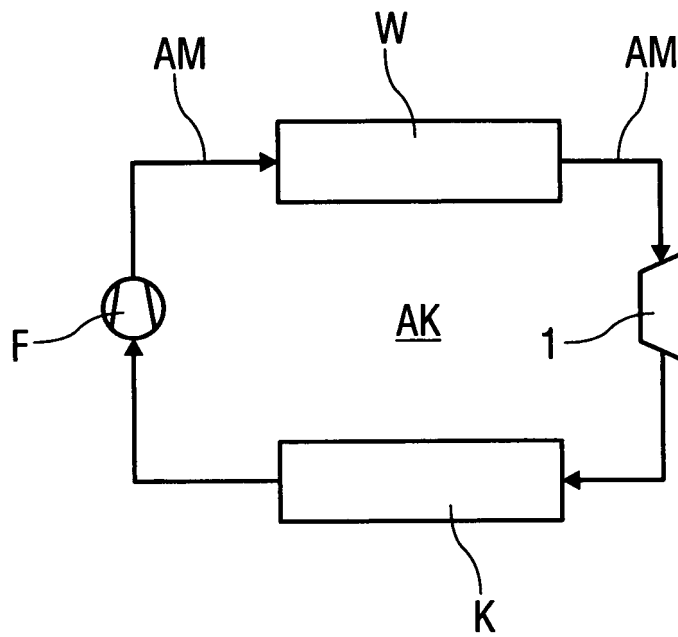


FIG 1

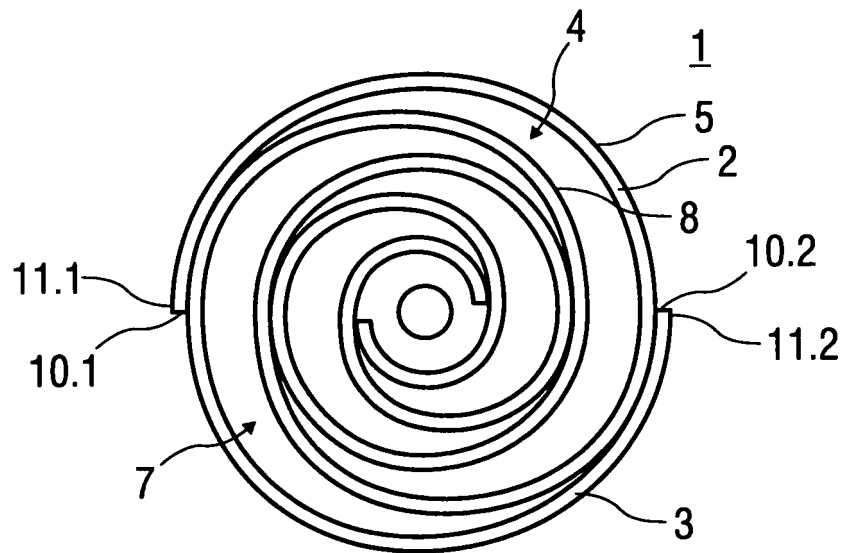
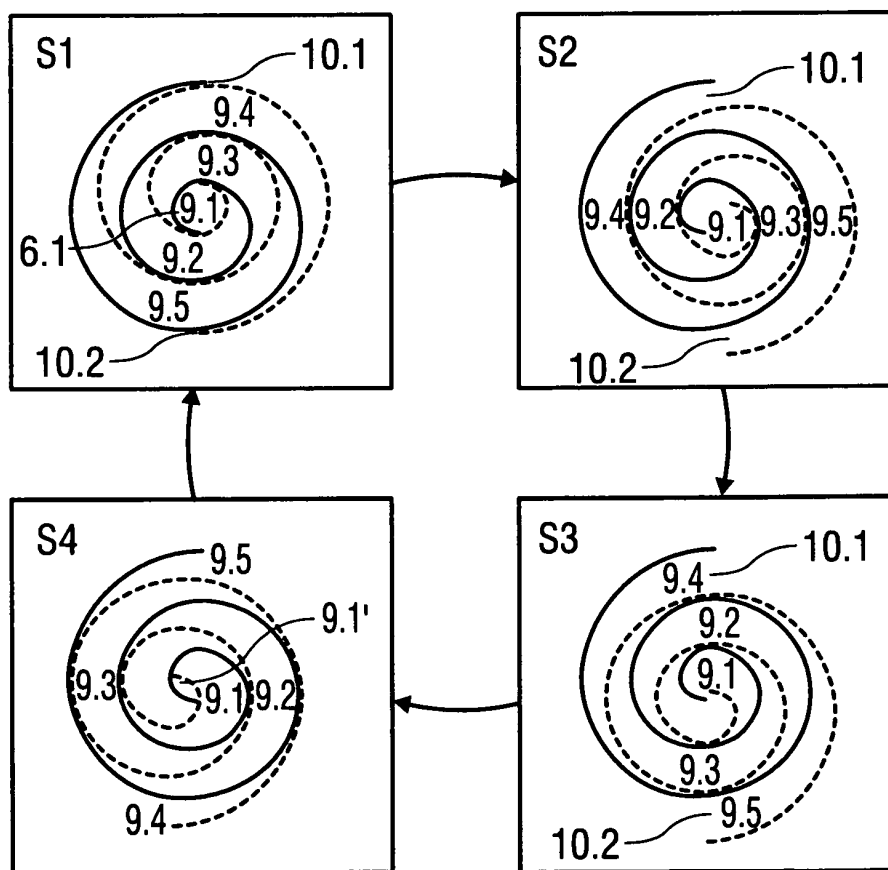
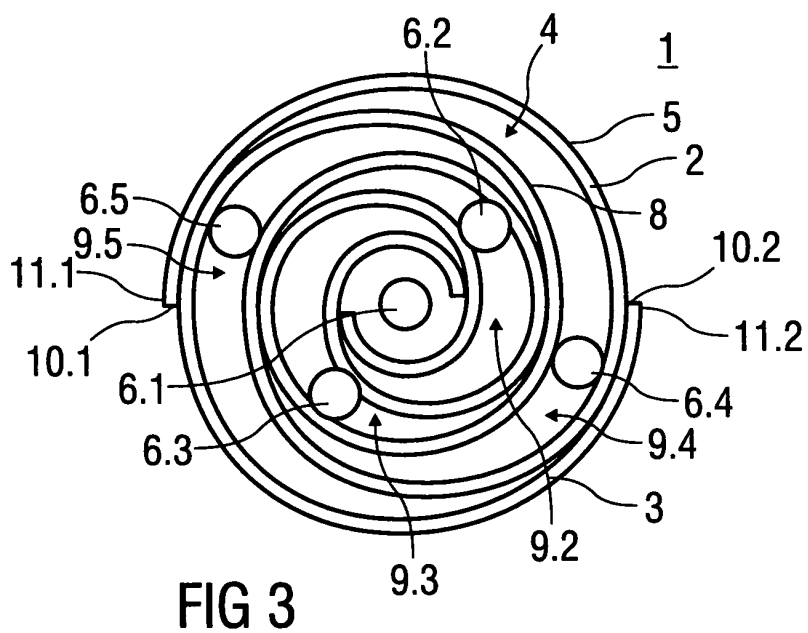


FIG 2



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 2004255591 A1 [0003]
- JP 2006046223 A [0004]