(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 4 217 594 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
29.05.2024 Patentblatt 2024/22

(21) Anmeldenummer: **21772942.5**

(22) Anmeldetag: **07.09.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F01K 7/32 *(2006.01)* ***F01K 19/10*** *(2006.01)*
F01K 7/12 *(2006.01)* ***F01K 3/14*** *(2006.01)*
F01K 25/10 *(2006.01)*

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F01K 7/32; F01D 1/36; F01K 7/12; F01K 7/16; F01K 19/10; F01K 25/103; F01K 3/14; F05D 2210/13

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/AT2021/060317

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2022/061381 (31.03.2022 Gazette 2022/13)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR UMWANDLUNG VON WÄRMEENERGIE**

APPARATUS AND METHOD FOR CONVERTING THERMAL ENERGY

APPAREIL ET PROCÉDÉ DE CONVERSION D'ÉNERGIE THERMIQUE

(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
Benannte Validierungsstaaten:
MA

(30) Priorität: **28.09.2020 AT 508162020**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.08.2023 Patentblatt 2023/31

(73) Patentinhaber: **Enerscale GmbH**
9542 Afritz am See (AT)

(72) Erfinder:
- **FLEISCHER, Gerhard, P.**
  9535 Schiefling am Wörthersee (AT)
- **OBERWALDER, Hermann**
  9542 Afritz am See (AT)

(74) Vertreter: **Wirnsberger & Lerchbaum Patentanwälte OG**
Mühlgasse 3
8700 Leoben (AT)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 415 976
EP-A1- 3 056 694
CN-A- 102 817 799

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).

EP 4 217 594 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie mittels eines Kreisprozesses mit einem Wärmetauscher, einem Speicher für ein Betriebsmedium, einer Vorlaufleitung, einer Turbine und einer Rücklaufleitung mit mindestens einer Rückspeiseeinrichtung gemäß Anspruch 1.

[0002] Weiter betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie in einem Kreisprozess, wobei einem Betriebsmedium in einem Speicher Wärmeenergie zugeführt wird, wobei das Betriebsmedium verdampft und/oder ein Druck im Betriebsmedium erhöht wird, wonach das Betriebsmedium in einer Turbine Energie abgibt, wonach das Betriebsmedium in den Speicher rückgeführt wird gemäß Anspruch 8.

[0003] Zur Umwandlung von Wärme in mechanische Energie und allenfalls weiter in elektrische Energie sind insbesondere Kreisprozesse wie ein Claudius-Rankine-Kreisprozess bekannt. Hierbei vollzieht ein Energieträger- oder Betriebsmedium einen Phasenwechsel, wobei im Regelfall Wasser als Betriebsmedium eingesetzt wird. Eine Variante des Claudius-Rankine-Kreisprozesses verwendet eine niedrig siedende Flüssigkeit. Auch gibt es eine Betriebsweise mit superkritischem Zustand des Betriebsmediums. Das heißt, es wird der superkritische Zustand des Betriebsmediums nicht verlassen und es gibt im System somit keinen Phasenwechsel, wodurch auch der Kondensationseffekt nicht ausgenutzt wird. Aufgrund eines somit erreichten einphasigen Kreislaufs muss dabei viel Arbeit zum Zurückpumpen des Mediums in einen Speisetank bzw. Speicher aufgebracht werden, was einem Gesamtwirkungsgrad der Anlage abträglich ist.

[0004] Auch ist beispielsweise aus der EP 3 056 694 A1 ein Kreisprozess bekannt, der mit Kältemitteln arbeitet und mindestens zwei beheizte Druckbehälter und eine weitere Wärmequelle als thermische Kondensatpumpe aufweist.

[0005] Die DE 101 26 403 A1 beschreibt ein System mit zwei Druckbehältern, wobei jeweils in einer Kammer oberhalb des Betriebsmediums ein Gas zur Pufferung eingesetzt wird.

[0006] Aus der EP2415976 A1 und aus der CN102817799A sind weitere Wärmekraftmaschinen bekannt.

[0007] Die vorliegende Erfindung soll die Nachteile des Standes der Technik vermeiden und eine Vorrichtung angeben, welche den Einsatz von Energiequellen mit einer niedrigen Temperatur, beispielsweise ab 40 °C, zur emissionsfreien und effizienten Erzeugung von mechanischer Energie und in weiterer Folge elektrischer Energie ermöglicht und einen geringen apparativen Aufwand erfordert.

[0008] Weiter soll ein entsprechendes Verfahren angegeben werden.

[0009] Die erste Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Vorrichtung der eingangs genannten Art gelöst, bei der die Turbine als Scheibenläuferturbine ausgestaltet ist.

[0010] Bei einer derartigen Vorrichtung können Betriebsmedien verwendet werden, die einen niedrigen Siedepunkt aufweisen und somit auch Wärme ab ca. 40 °C aufnehmen können, wobei dadurch sehr günstig auch Abwärme oder Solarenergie als Wärmequelle eingesetzt werden können. So kann durch den Einsatz einer Scheibenläuferturbine, die auch als Reibschichtturbine oder Tesla-Turbine bezeichnet wird, eine Kondensation des Betriebsmediums auch in der Turbine selbst erfolgen, wodurch ein separater Kondensator oder zweiter Druckbehälter entfallen kann.

[0011] Die eingesetzte Scheibenläuferturbine weist üblicherweise mehrere nebeneinander auf einer Achse drehbar angeordnete Scheiben in einem Gehäuse auf. Ein Strahl des Betriebsmediums, üblicherweise Wasser, wird vorzugsweise parallel zu den Scheiben auf diese Scheiben durch eine Eintrittsöffnung im Gehäuse geleitet. Durch eine Adhäsionskraft werden die Scheiben dann in Rotationsbewegung um die Achse versetzt. Weiter wird der Strahl durch eine Reibung an den Scheiben abgebremst. Seitenwände des Gehäuses lenken den Strahl auf eine Kreisbahn um, wobei die Scheiben weiter angetrieben werden. Dabei wird eine Geschwindigkeit des Strahles reduziert, wodurch der Strahl abkühlt und eine Kondensation in der Turbine erfolgt.

[0012] Da durch die Kondensation des Betriebsmediums eine höhere Viskosität entsteht, werden dadurch auch die Scheiben stärker angetrieben. Bei üblichen Turbinen mit Schaufeln würde eine Kondensation diese Schaufeln stark beschädigen.

[0013] Nachdem dabei keine hochbelastbaren Materialien benötigt werden, sind auch die Produktionskosten niedrig und wird eine hohe Lebensdauer erreicht.

[0014] Die Rückspeiseeinrichtung kann grundsätzlich auf jede aus dem Stand der Technik bekannte Weise ausgebildet sein, beispielsweise als Pumpe.

[0015] Günstig ist es, wenn die als Scheibenläuferturbine ausgestaltete Turbine mehrere nebeneinander auf einer Achse drehbar angeordnete Scheiben in einem Gehäuse aufweist, wobei die Oberflächen der Scheiben mit Mikrostrukturen versehen sind. Dadurch können optimale Eigenschaften einer Oberflächenreibschicht zur Aufrechterhaltung einer laminaren Strömung erzielt werden.

[0016] Besonders vorteilhaft hat sich erwiesen, wenn die als Scheibenläuferturbine ausgestaltete Turbine mehrere nebeneinander auf einer Achse drehbar angeordnete Scheiben in einem Gehäuse und im Gehäuse einen Einlassdüsenstock mit einer Geometrie, die ein Einspritzen des Betriebsmediums zwischen die Scheiben ermöglicht, aufweist. Damit können Störungen der Strömung und entstehende Verluste durch ein Aufprallen auf die Stirnseiten der Scheiben vermieden werden.

[0017] Weiter hat sich günstig erwiesen, wenn die als Scheibenläuferturbine ausgestaltete Turbine mehrere

nebeneinander auf einer Achse drehbar angeordnete Scheiben in einem Gehäuse und im Gehäuse einen Einlassdüsenstock mit einer Geometrie, die eine Erzeugung eines rotierenden Strahles des Betriebsmediums ermöglicht, aufweist. Dadurch erhält man einen Doppelhelixstrahl, der einen Oberflächenreibschichteffekt verbessert.

[0018] Mit Vorteil ist vorgesehen, dass in die Turbine eine Körperschallmessung zur Identifikation von laminarer und turbulenter Strömung integriert ist. Damit kann der Kreisprozess so gesteuert werden, dass in der Turbine weitestgehend eine laminare Strömung vorliegt und somit Verluste durch Verwirbelungen vermieden werden. Eine Steuerung kann beispielsweise erfolgen, indem ein Durchfluss durch die Turbine mittels einer entsprechenden Steuereinrichtung, insbesondere mittels eines steuerbaren Ventils, geändert wird.

[0019] Zur Steuerung des Kreisprozesses ist bevorzugt vorgesehen, dass ein Ventil zur Regelung einer Durchflussmenge vorgesehen ist. Es kann dann mittels einer Ventilstellung beispielsweise eine Drehzahl der Turbine und/oder eine abgegebene elektrische Leistung geregelt werden. Die Durchflussmenge kann beispielsweise derart geregelt werden, dass eine laminare Strömung in der Turbine aufrechterhalten wird.

[0020] Günstig ist es, wenn die Turbine mit einem Generator verbindbar, insbesondere verbunden, ist. Dadurch kann gewonnene mechanische Energie in einfacher Weise in Strom umgewandelt werden, wobei hierzu bisher ungenutzte Abwärme oder Solarwärmeenergie eingesetzt werden kann.

[0021] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Generator in die Turbine integrierbar, insbesondere integriert, ist. Dadurch wird die Anlage kompakter und es können Verbindungsprobleme zwischen Turbine und Generator vermieden werden.

[0022] Als günstig hat sich erwiesen, wenn der Speicher für das Betriebsmedium über einen insbesondere im Inneren des Speichers liegenden Wärmetauscher mit einer Wärmequelle verbindbar ist. Damit kann sehr günstig die Wärme auf das Betriebsmedium übertragen werden.

[0023] Bevorzugt ist vorgesehen, dass als Betriebsmedium CO_2 eingesetzt ist. Durch die niedrige Verdampfungstemperatur von CO_2 kann schon bei einem niedrigen Druck die Wärmeenergie beispielsweise aus Abwärme aufgenommen werden. Das CO_2 verdampft dann beispielweise unter Aufnahme von Wärmeenergie im Speicher, wonach es über die Vorlaufleitung zur Turbine gelangt, in welcher das gasförmige CO_2 unter Abgabe von mechanischer Energie kondensiert, wonach das flüssige CO_2 mittels der Rückspeiseeinrichtung in den unter einem höheren Druck als der Turbinenausgang stehenden Speicher transportiert wird, in welche wiederum eine Verdampfung durch Wärmezufuhr erfolgt.

[0024] In der Regel liegt das Betriebsmedium zwischen dem Turbinenausgang und dem Speicher in zumindest teilweise flüssiger, vorzugsweise ausschließlich flüssiger, Form vor, zumal eine Kondensation in der Turbine erfolgen kann.

[0025] Es hat sich bewährt, dass die Vorrichtung für einen Druck des Betriebsmediums an der Turbine von mehr als 74 bar, vorzugsweise mehr als 100 bar. ausgebildet ist, um insbesondere einen superkritischen Zustand des Betriebsmediums an der Turbine zu ermöglichen.

[0026] Insbesondere bei Einsatz von CO_2 als Betriebsmedium kann dann ein superkritischer Zustand bereits bei niedrigen Temperaturen von beispielsweise 40 °C erreicht werden, wodurch auch bei entsprechend niedrigen Temperaturen anfallende Abwärme genutzt werden kann. Bevorzugt ist die Turbine bzw. die Vorrichtung dann dazu ausgelegt, dass eine Kondensation des Betriebsmediums vom superkritischen Zustand in den gasförmigen und in den flüssigen Zustand in der Turbine erfolgt.

[0027] Günstig ist es, wenn zwischen der Turbine und dem Speicher zumindest ein Ventil vorgesehen ist und die Rückspeiseeinrichtung zur Erzeugung einer zeitlich wechselnden Kraft auf das Betriebsmedium ausgebildet ist, um im Betriebsmedium eine Druckschwingung zu erzeugen. Durch Aufbringung einer Kraft- bzw. Druckschwingung auf das Betriebsmedium zwischen dem Turbinenausgang und dem Speicher kann das Betriebsmedium in eine Schwingung bzw. Oszillation versetzt werden, wobei insbesondere in einem Bereich einer Resonanzfrequenz des Betriebsmediums ein Aufschwingen erfolgt und somit besonders hohe Druckamplituden erreichbar sind. Mit einer derartigen Druckamplitude kann eine Druckdifferenz zwischen dem Speicher und dem Turbinenausgang überwunden werden, sodass das Medium auf besonders effiziente Weise in den Speicher bzw. auf ein höheres Druckniveau gefördert werden kann, und zwar auch dann, wenn das Medium bereits ab dem Turbinenausgang in ausschließlich flüssiger Form vorliegt, also wenn eine vollständige Kondensation in der Turbine erfolgt. Dadurch kann mit der Vorrichtung ein Verfahren mit einem besonders hohen Wirkungsgrad umgesetzt werden.

[0028] Die Rückspeiseeinrichtung kann grundsätzlich auf verschiedenste Weisen ausgebildet sein, beispielsweise als elektromechanische Einrichtung, mit welcher eine Kraft bzw. ein Druck mit definierter Amplitude und Frequenz auf das Betriebsmedium aufbringbar ist, beispielsweise mit einer elektromagnetisch betätigten Membrane oder einem elektromagnetisch betätigten Kolben.

[0029] Bevorzugt ist mit der Rückspeiseeinrichtung eine Kraft auf das Betriebsmedium mit einer Frequenz von mehr als 1 Hz, insbesondere mehr als 10 Hz, vorzugsweise mehr als 100 Hz, besonders bevorzugt mehr als 1000 Hz, aufbringbar, um eine Resonanzfrequenz des Betriebsmediums in der Vorrichtung anregen zu können.

[0030] Die Rückspeiseeinrichtung kann auch eine Druckmesseinrichtung aufweisen, mit welcher beispielsweise ein Druck im Betriebsmedium zwischen dem Turbinenausgang und dem Speicher messbar ist, um bei-

spielsweise iterativ eine Frequenz zu bestimmen, bei welcher eine Resonanz des Betriebsmediums vorliegt und gezielt eine Kraftanregung mit dieser Frequenz auf das Betriebsmedium aufzubringen, sodass hohe Druckamplituden mit geringem Aufwand erreichbar sind, um die Druckdifferenz zwischen Speicher und Turbine auf einfache Weise zu überwinden.

[0031] Mit Vorteil ist vorgesehen, dass die Rückspeiseeinrichtung als ein Resonanzrohrsystem ausgebildet ist. Dadurch kann das Betriebsmedium in einfacher Weise in Oszillation versetzt werden, vorzugsweise in eine Oszillation mit einer Resonanzfrequenz, und damit eine Druckdifferenz zwischen einer Rücklaufleitung der Turbine und einer Vorlaufleitung zwischen dem Speicher für das Betriebsmedium und der Turbine überwunden werden.

[0032] Um ein Zurückströmen des Betriebsmediums vom Speicher zum Turbinenausgang zu vermeiden, ist zwischen dem Turbinenausgang und dem Speicher üblicherweise mindestens ein Ventil vorgesehen, welches nur eine Strömung vom Turbinenausgang zum Speicher zulässt und eine Strömung in entgegengesetzter Richtung verhindert. Ein solches Ventil kann auch als Einwegventil bezeichnet werden. Dieses Ventil kann auch zur Regelung einer Durchflussmenge eingesetzt werden, wenngleich auch ein gesondertes Ventil oder eine andere Steuereinrichtung hierfür vorgesehen sein kann.

[0033] Besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass vor oder nach der Rückspeiseeinrichtung mindestens ein Ventil zur Steuerung der Fließrichtung des Betriebsmediums vorgesehen ist, wobei das mindestens eine Ventil vorzugsweise als Ventil ohne bewegliche Teile ausgeführt ist. Damit kann eine Langlebigkeit und eine geringe Wartungsanforderung des Systems unterstützt werden.

[0034] Besonders bevorzugt wird hierbei ein sogenanntes Teslaventil eingesetzt, welches keine beweglichen Teile aufweist, wobei eine Ventilwirkung dadurch erreicht wird, dass eine Durchströmung des Ventils in unterschiedlichen Richtungen einen unterschiedlichen Strömungswiderstand aufweist, sodass praktisch nur eine Strömung in einer Richtung möglich ist.

[0035] Eine günstige Variante ist es, wenn die Rückspeiseeinrichtung eine gefederte nicht gedämpfte Masse, beispielsweise einen Kolben oder eine Membrane, aufweist, wobei die Masse auch alternativ gedämpft sein kann. Mit einer derartigen Masse in einem abgeschlossenen Volumen kann günstig die Schwingung angeregt und in Resonanz gebracht werden, wobei eine Amplitude ansteigend verläuft und damit eine Druckdifferenz zwischen einer Rücklaufleitung der Turbine und einer Vorlaufleitung zwischen dem Speicher für das Betriebsmedium und der Turbine überwunden werden kann.

[0036] Üblicherweise werden mit der Rückspeiseeinrichtung im Betriebsmedium Schwingungen bzw. Oszillationen mit einer Frequenz von einigen Hz bis zu 10 kHz erzeugt. Die Schwingungen werden durch zugeführte Energie erzeugt, mit welcher beispielsweise ein Kolben oder eine Membrane zyklisch angetrieben werden.

[0037] Eine vorteilhafte alternative Variante der Vorrichtung besteht darin, dass die Rückspeiseeinrichtung Feldspulen, die ein magnetisches bzw. elektromagnetisches Feld erzeugen, aufweist, wobei sich diese in einem Inneren eines abgeschlossenen Volumens oder außerhalb eines abgeschlossenen Volumens befinden können. Durch diese Feldspulen, die mit elektrischer Energie gespeist werden, lässt sich die Erzeugung von Schwingungen und einer Resonanz sehr gut regeln, insbesondere wenn als Betriebsmedium ein magnetisches Fluid eingesetzt wird. Damit kann eine Druckdifferenz zwischen einer Rücklaufleitung der Turbine und einer Vorlaufleitung zwischen dem Speicher für das Betriebsmedium und der Turbine günstig überwunden werden.

[0038] Das abgeschlossene Volumen, auf welches die Feldspulen wirken, kann beispielsweise ein Abschnitt der Rücklaufleitung bzw. einer Verbindungsleitung zwischen Turbinenausgang und Speicher sein, um dort Schwingungen im Betriebsmedium zu erzeugen. Hierzu kann als Betriebsmedium ein magnetisches Medium eingesetzt werden. Alternativ kann die Schwingung auch mittelbar durch ein magnetisches Medium in das Betriebsmedium eingeleitet werden.

[0039] Die Feldspulen können somit in einer Rücklaufleitung, welche den Turbinenausgang und den Speicher verbindet, oder außerhalb dieser Rücklaufleitung angeordnet sein, um auf ein in der Rücklaufleitung befindliches Medium zu wirken, welches bevorzugt als magnetisches Medium bzw. magnetisches Fluid ausgebildet ist. Hierzu können dem Betriebsmedium beispielsweise weniger Nanometer große magnetische Partikel beigemengt sein.

[0040] Die weitere Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, wobei in der Turbine eine Kondensation des Betriebsmediums erfolgt.

[0041] Damit kann auch eine Kondensationsenergie gewonnen werden, wodurch ein besonders hoher Wirkungsgrad auch bei niedrigen Temperaturen erreichbar ist. Üblicherweise wird hierbei eine Scheibenläuferturbine eingesetzt, welche auch als Reibschichtturbine, Boundary-Layer-Turbine oder Tesla-Turbine bekannt ist.

[0042] Mit Vorteil wird als Betriebsmedium CO_2 eingesetzt. Damit können auch Wärmequellen mit sehr niedrigen Temperaturen genutzt werden.

[0043] Günstig ist es, wenn das Betriebsmedium, insbesondere CO_2 die Wärmeenergie unter einem Druck von bis zu 73 bar, vorzugsweise 65 bar bis 73 bar, aufnimmt und dabei verdampft. Ein Druck im Speicher kann somit beispielsweise 72 bar betragen, um unter Verdampfung des Betriebsmediums Wärme bei einer Temperatur von beispielsweise 40 °C aufzunehmen. Am Turbinenausgang ist ein Druck in aller Regel geringer als im Speicher. So kann das Betriebsmedium am Turbinenausgang beispielsweise bei einem Druck von etwa 64 bar und 20 °C in flüssiger Form vorliegen.

[0044] Alternativ oder ergänzend kann vorgesehen sein, dass das Betriebsmedium einen superkritischen

Zustand erreicht, insbesondere bei einem Druck von mehr als 74 bar, vorzugsweise bei einem Druck von mehr als 100 bar, und in der Turbine eine Kondensation vom superkritischen Zustand in einen gasförmigen Zustand und in einen flüssigen Zustand erfolgt. Dies ist insbesondere bei Einsatz von CO_2 als Betriebsmedium bereits bei vergleichsweise geringen Temperaturen möglich, sodass hier bei niedrigen Temperaturen anfallende Abwärme genutzt werden kann.

[0045] Auch bei Erreichen eines superkritischen Zustandes ist vorgesehen, dass in der Turbine eine vollständige Kondensation des Betriebsmediums in den flüssigen, gegebenenfalls auch zumindest teilweise in den festen, Zustand erfolgt.

[0046] Wenn in einer Rücklaufleitung Druck und Temperatur gemessen und mit einem Druck und einer Temperatur in einer Vorlaufleitung verglichen werden, wobei eine Durchflussmenge des Betriebsmediums in der Rücklaufleitung durch ein in der Rücklaufleitung angeordnetes Ventil geregelt wird, kann besonders günstig eine sehr gute Lastregelung bei gleichzeitig geringer Komplexität erreicht werden. Hierzu wird üblicherweise die Durchflussmenge mittels eines Ventils geregelt, welches bevorzugt zwischen dem Turbinenausgang und dem Speicher angeordnet ist.

[0047] Günstig ist es, wenn eine Rückführung des Betriebmediums von der Turbine in den Speicher unter Druckerhöhung des Betriebsmediums mittels einer Rückspeiseeinrichtung erfolgt, mit welcher eine zeitlich wechselnde Kraft auf das Betriebsmedium aufgebracht wird.

[0048] Üblicherweise ist in einer Rücklaufleitung zwischen Turbinenausgang und Speicher ein Ventil vorgesehen, sodass bei jeder Druckschwingung, bei welcher eine Amplitude einen Druck im Speicher überschreitet, Betriebsmedium in den Speicher gefördert wird, jedoch aufgrund des Ventils kein Rückfluss vom Speicher zum Turbinenausgang erfolgt.

[0049] Dadurch kann eine Druckdifferenz zwischen Turbine und Speicher auf einfache Weise überwunden werden, sodass ein besonders hoher Wirkungsgrad erreicht wird und auch eine Nutzung von Abwärme bei einer Temperatur von beispielsweise 40 °C möglich ist. Besonders vorteilhaft hat sich erwiesen, dass das Betriebsmedium durch die Rückspeiseeinrichtung in Oszillation versetzt wird, insbesondere in eine Schwingung mit einer Resonanzfrequenz des Betriebsmediums. Damit kann die Druckdifferenz zwischen einer Rücklaufleitung der Turbine und einer Vorlaufleitung zwischen dem Speicher für das Betriebsmedium und der Turbine besonders günstig und einfach überwunden werden. Üblicherweise liegt das Betriebsmedium in einem Bereich der Rückspeiseeinrichtung in ausschließlich flüssiger Form vor, weswegen eine Resonanzfrequenz in der Regel bei mehr als 1 kHz liegt.

[0050] Um eine günstige Oszillation des Betriebsmediums zu erzeugen sind durch ein Resonanzrohrsystem, eine gefederte und gegebenenfalls gedämpfte Masse oder durch ein magnetisches Fluid gegeben, welches durch ein magnetisches Wechselfeld in Schwingungen versetzt wird. Zur Erzeugung der Schwingungen wird in der Regel Fremdenergie eingesetzt, wobei die Schwingungen natürlich auch mit Energie erzeugt werden können, die mittels der Turbine bzw. eines mit der Turbine verbundenen Generators erzeugt wird.

[0051] Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen der Erfindung ergeben sich anhand der nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispiele. In den Zeichnungen, auf welche dabei Bezug genommen wird, zeigen:

Fig.1 eine erfindungsgemäße Vorrichtung;
Fig.2 eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit Resonanzrohrsystem;
Fig.3 eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit gefederter nicht gedämpfter Masse;
Fig.4 eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit gefederter und gedämpfter Masse;
Fig.5 eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit Feldspulen innerhalb eines abgeschlossenen Volumens;
Fig.6 eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit Feldspulen außerhalb eines abgeschlossenen Volumens.

[0052] Fig. 1 zeigt ein Schema einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Kreisprozesses, wobei Wärme in mechanische Energie und weiter in elektrische Energie umgewandelt wird.

[0053] Die Vorrichtung 1 besteht im Wesentlichen aus einer Turbine 2, einem Speicher 3 für das Betriebsmedium, einem Wärmetauscher 4, einer Vorlaufleitung 5 zwischen Speicher 3 und Turbine 2, um ein Betriebsmedium vom Speicher 3 zur Turbine 2 zu fördern, einer Rücklaufleitung 6 nach der Turbine 2, um das Betriebsmedium von einem Turbinenausgang zum Speicher 3 zurück zu fördern, einem Ventil 7 zur Regelung eines Durchflusses.

[0054] Ferner ist ein Drucksensor 8 vorgesehen, mit welchem das Ventil 7 gesteuert werden kann.

[0055] Um das Betriebsmedium vom Turbinenausgang zum Speicher 3 zu fördern, wobei im Speicher 3 ein höherer Druck als am Turbinenausgang vorherrscht, ist in der Rücklaufleitung 6 eine Rückspeiseeinrichtung 9 vorgesehen.

[0056] Als Betriebsmedium wird bevorzugt CO_2 eingesetzt, da es einen niedrigen Siedepunkt aufweist. Der kritische Punkt liegt bei 31 °C und 73,9 bar. Ein Phasenübergang zwischen flüssig und gasförmig erfolgt bei CO_2 bereits bei einem Druck etwa 72 bar bei einer Temperatur von nur 30 °C, wodurch ein Phasenübergang zur Energieaufnahme und - abgabe auch bei einer bei niedrigen Temperaturen zugeführten Wärme genutzt werden kann. So kann das Betriebsmedium im Speicher beispielsweise bei einem Druck von 72 bar vorliegen, wobei diesem mittels des Wärmetausches Abwärme bei einer Temperatur von 40 °C zugeführt wird, wobei das Betriebsmedium verdampft, wonach es in der Turbine auf

einen Druck von etwa 64 bar entspannt wird, dabei auf Umgebungstemperatur von beispielsweise 20 °C abkühlt und vollständig kondensiert, wobei über die Turbine Arbeit abgegeben wird.

[0057] Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass das Betriebsmedium bei einem Druck von mehr als 74 bar, beispielsweise bei etwa 100 bar, im Speicher (3) vorliegt und durch eine Wärmezufuhr einen superkritischen Zustand erreicht, von welchem es in der Turbine (2) vollständig in einen gasförmigen Zustand und gleichzeitig oder anschließend in einen flüssigen Zustand kondensiert.

[0058] Bei entsprechenden Druckverhältnissen in der Vorrichtung (1) kann auch vorgesehen sein, dass in der Turbine ein zumindest teilweiser Phasenübergang des Betriebsmediums in einen festen Zustand beispielsweise bei einer Temperatur von 20 °C erfolgt, sodass sich Trockeneispartikel bilden, welche aufgrund des Einsatzes einer ScheibenläuferTurbine ebenfalls unproblematisch für die Turbine (2) sind. Dadurch kann auch eine bei einer geringen Temperatur von beispielsweise nur 40 °C anfallende Wärme zur Stromerzeugung genutzt werden.

[0059] Es können natürlich auch andere Betriebsmedien wie Kältemittel eingesetzt werden, beispielsweise R744 oder R134a.

[0060] Die Wärme aus einer Wärmequelle 10 wird dem Betriebsmedium über einen im Speicher 3 angeordneten Wärmetauscher 4 zugeführt. Dabei kann entweder Primärenergie, aber bevorzugt Abwärme beispielsweise aus einem industriellen Prozess mit einer Temperatur von ca. 40 °C eingesetzt werden. Es können aber auch Wärmequellen 10 mit einer niedrigeren Temperatur genutzt werden. Speziell günstig kann damit auch Solarenergie genutzt werden.

[0061] Als Turbine 2 wird eine Scheibenläuferturbine eingesetzt. Diese ist auch unter Reibschichtturbine, Boundary-Layer-Turbine 2 oder Tesla-Turbine 2 bekannt. Diese Scheibenläuferturbine weist mehrere nebeneinander auf einer Achse drehbar angeordnete Scheiben auf, welche in einem Gehäuse mit Seitenwänden, einer Einlassöffnung und einer Auslassöffnung angeordnet sind. Ein Strahl des Betriebsmediums, bisher meist Wasser, wird parallel zu den Scheiben auf diese Scheiben durch die Eintrittsöffnung geleitet. Durch eine Adhäsionskraft werden die Scheiben in Bewegung um die Achse versetzt. Durch eine Reibung wird der Strahl abgebremst. Durch die Seitenwände wird der Strahl auf eine Kreisbahn umgelenkt und treibt dabei weiter die Scheiben an. Da nur die Lager der Achse geringe Toleranzen aufweisen müssen und keine hochbelastbaren Materialien benötigt werden, sind auch die Produktionskosten niedrig und es ist eine hohe Lebensdauer zu erwarten. Da durch die Kondensation des Betriebsmediums in der Turbine 2 eine höhere Viskosität entsteht, werden dadurch auch die Scheiben stärker angetrieben. Bei üblichen Turbinen 2 mit Schaufeln würde eine Kondensation diese Schaufeln stark beschädigen. Die Energiegewinnung erfolgt dann in weiterer Folge durch eine Druckreduktion des Betriebsmediums in der Turbine 2.

[0062] Zur Steuerung des Kreisprozesses werden am Turbinenausgang in der Rücklaufleitung 6 Druck und Temperatur gemessen und mit dem Druck und der Temperatur in der Vorlaufleitung 5 verglichen. Sodann kann der Kreisprozess über ein in der Rücklaufleitung 6 angeordnetes Ventil 7 zur Durchflussmengenregelung geregelt werden. Dadurch ist eine sehr gute Lastregelung bei gleichzeitig geringer Komplexität möglich.

[0063] Das Betriebsmedium wird dann nach dem Ventil 7 einer Rückspeiseeinrichtung 9 zugeführt, welche hier als Pumpe ausgebildet ist.

[0064] In den in den Fig. 2 bis Fig. 6 dargestellten Ausführungsbeispielen ist die Rückspeiseeinrichtung 9 dazu ausgebildet, das Betriebsmedium in Schwingungen zu versetzen, um eine Druckdifferenz zwischen dem Turbinenausgang und dem Speicher 3 zu überwinden.

[0065] Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung 1 mit einer als Resonanzrohr 11 ausgebildeten Rückspeiseeinrichtung 9. Hier kann ein eine Fluidsäule des Betriebsmediums in einem Volumen 12 in rohrähnlicher Form hin und her schwingen und dadurch beispielsweise in Eigenresonanz sein und damit in Verbindung mit einem Ventil die Druckdifferenz zwischen der Rücklaufleitung 6 der Turbine 2 und der Vorlaufleitung 5 zwischen dem Speicher 3 für das Betriebsmedium und der Turbine 2 überwinden. Eine Schwingungsanregung kann beispielsweise durch eine elektromagnetisch angetriebene Membran erfolgen.

[0066] In Fig. 3 ist eine weitere Variante einer erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 mit einer gefederten Masse 13 dargestellt. Hier wird mit dieser Masse 13, die eine Membran, beispielsweise auch ein Kolben, sein kann, innerhalb eines abgeschlossenen Volumens 12, die Schwingungen im Betriebsmedium angeregt und das Betriebsmedium im Volumen in Resonanz gebracht, was entsprechend die Amplitude ansteigend verlaufen lässt. Im Zustand der Resonanz wird nur mehr ein Bruchteil der ursprünglich eingesetzten Anregungsenergie benötigt, was zu einem verbesserten Wirkungsgrad führt und einen besonders effizienten Transport des Betriebsmediums in den Speicher 3 gewährleistet. Hier ist das abgeschlossene Volumen 12 als Zylinder dargestellt, in dem die Masse 13 mittels einer Feder 14 schwingen kann. Die Schwingungen werden dabei durch Einsatz von Fremdenergie beispielsweise elektromechanischer Energie erzeugt.

[0067] Fig. 4 zeigt eine Vorrichtung 1 ähnlich der in Fig. 3 dargestellten. Hier wird jedoch die Masse 13 mittels eines Dämpfers 15 an überhöhten Amplituden, die im System negative Auswirkungen haben könnten, gehindert. Trotzdem kann auch hier eine Druckdifferenz zwischen der Rücklaufleitung 6 der Turbine 2 und der Vorlaufleitung 5 zwischen dem Speicher 3 für das Betriebsmedium und der Turbine 2 gut überwunden werden.

[0068] Eine weitere Möglichkeit zur Erzeugung einer Oszillation ist in Fig. 5 dargestellt. Hier wird die Oszillation mittels eines magnetischen Fluids erzeugt, welches

durch Feldspulen 16 in Schwingungen versetzt wird, wobei mit den Feldspulen 16 ein elektromagnetisches Wechselfeld erzeugbar ist.

[0069] Zur Steuerung der Fließrichtung des Betriebsmediums ist hier zwischen Ventil 7, welches hier nur zur Durchflussmengenregelung eingesetzt wird, und Rückspeiseeinrichtung 9 ein zusätzliches Einwegventil 17 vorgesehen. Alternativ kann die Fließrichtung in der Vorrichtung 1 natürlich auch durch ein entsprechend ausgebildetes Ventil 7 sichergestellt werden, sodass kein zusätzliches Einwegventil 17 erforderlich ist.

[0070] Das Einwegventil 17 kann wie das Ventil 7 natürlich auch nach der Rückspeiseeinrichtung 9 bzw. zwischen der Rückspeiseeinrichtung 9 und dem Speicher 3 vorgesehen sein.

[0071] Bei der Variante gemäß Fig. 5 sind die Feldspulen 16 innerhalb eines abgeschlossenen Volumens 12 angeordnet.

[0072] Eine ähnliche Variante ist in Fig. 6 dargestellt, wobei hier im Gegensatz zu Fig. 5 die Feldspulen 16 außerhalb des abgeschlossenen Volumens 12, beispielsweise eines Zylinders, angeordnet sind. Nachdem das mit den Feldspulen 16 erzeugte elektromagnetische Feld in das Volumen 12 eindringen kann, ist auch hier eine Schwingungsanregung des magnetischen Fluids möglich.

[0073] Mit der oben beschriebenen Vorrichtung 1 und dem erfindungsgemäßen Verfahren kann bisher ungenutzte Abwärme zu wirtschaftlich günstigen Bedingungen in elektrische Energie umgewandelt werden. Dabei kann beispielsweise industrielle Abwärme im Temperaturbereich von ca. 40 °C bis über 300 °C zur Verstromung eingesetzt werden. Auch kann Solarwärme zur zusätzlichen Stromerzeugung genutzt werden. Durch das grundsätzlich abgeschlossene System kann dieses auch in abgelegenen Gegenden ohne Anschluss an sonstige Energieversorgungsleitungen günstig und vorteilhaft eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (1) zur Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie mittels eines Kreisprozesses mit einem Wärmetauscher (4), einem Speicher (3) für ein Betriebsmedium, einer Vorlaufleitung (5), einer Turbine (2) und einer Rücklaufleitung (6) mit mindestens einer Rückspeiseeinrichtung (9), **dadurch gekennzeichnet, dass** die Turbine (2) als Scheibenläuferturbine mit vollständiger Kondensation des Betriebsmediums ausgestaltet ist, wodurch ein separater Kondensator entfallen kann.

2. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, wobei die als Scheibenläuferturbine ausgestaltete Turbine (2) mehrere nebeneinander auf einer Achse drehbar angeordnete Scheiben in einem Gehäuse aufweist, wobei die Oberflächen der Scheiben mit Mikrostrukturen versehen sind.

3. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, wobei die als Scheibenläuferturbine ausgestaltete Turbine (2) mehrere nebeneinander auf einer Achse drehbar angeordnete Scheiben in einem Gehäuse und in dem Gehäuse einen Einlassdüsenstock mit einer Geometrie, die ein Einspritzen des Betriebsmediums zwischen die Scheiben ermöglicht, aufweist.

4. Vorrichtung (1) nach Anspruch 1, wobei die als Scheibenläuferturbine ausgestaltete Turbine (2) mehrere nebeneinander auf einer Achse drehbar angeordnete Scheiben in einem Gehäuse und in dem Gehäuse einen Einlassdüsenstock mit einer Geometrie, die eine Erzeugung eines rotierenden Strahles des Betriebsmediums ermöglicht, aufweist.

5. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei zwischen der Turbine (2) und dem Speicher (3) zumindest ein Ventil (7) vorgesehen ist und die Rückspeiseeinrichtung (9) zur Erzeugung einer zeitlich wechselnden Kraft auf das Betriebsmedium ausgebildet ist, um im Betriebsmedium eine Druckschwingung zu erzeugen, wobei bevorzugt vorgesehen ist, dass die Rückspeiseeinrichtung (9) als Resonanzrohr (11) ausgebildet ist.

6. Vorrichtung (1) nach Anspruch 5, wobei die Rückspeiseeinrichtung (9) Feldspulen (16), die ein magnetisches Feld erzeugen, aufweist.

7. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das mindestens eine Ventil (7) zwischen einem Turbinenausgang und dem Speicher (3) angeordnet ist, welches eine Strömung des Betriebsmediums vom Turbinenausgang zum Speicher (3) ermöglicht und in entgegengesetzter Richtung verhindert, wobei bevorzugt vorgesehen ist, dass das mindestens eine Ventil (7) als Ventil (7) ohne bewegliche Teile ausgeführt ist, insbesondere als Teslaventil.

8. Verfahren zur Umwandlung von Wärmeenergie in mechanische Energie in einem Kreisprozess, mit einer Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 wobei einem Betriebsmedium in einem Speicher (3) Wärmeenergie zugeführt wird, wobei das Betriebsmedium verdampft und/oder ein Druck im Betriebsmedium erhöht wird, wonach das Betriebsmedium in einer Turbine (2) Energie abgibt, wonach das Betriebsmedium in den Speicher (3) rückgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Turbine (2) eine vollständige Kondensation des Betriebsmediums erfolgt, wodurch ein separater Kondensator entfallen kann.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei das Betriebsmedium einen superkritischen Zustand erreicht, insbe-

sondere bei einem Druck von mehr als 74 bar, vorzugsweise bei einem Druck von mehr als 100 bar, und in der Turbine eine Kondensation vom superkritischen Zustand in einen gasförmigen Zustand und in einen flüssigen Zustand erfolgt.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, wobei in einer Rücklaufleitung (6) Druck und Temperatur gemessen und mit einem Druck und einer Temperatur in einer Vorlaufleitung (5) verglichen werden, wobei eine Durchflussmenge des Betriebsmediums in der Rücklaufleitung (6) durch ein in der Rücklaufleitung (6) angeordnetes Ventil (7) geregelt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei eine Rückführung des Betriebsmediums von der Turbine (2) in den Speicher (3) unter Druckerhöhung des Betriebsmediums mittels der Rückspeiseeinrichtung (9) erfolgt, mit welcher eine zeitlich wechselnde Kraft auf das Betriebsmedium aufgebracht wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei das Betriebsmedium durch die Rückspeiseeinrichtung (9) in Oszillation, insbesondere in Resonanz, versetzt wird, wobei bevorzugt vorgesehen ist, dass die Oszillation des Betriebsmediums durch ein Resonanzrohr (11) erzeugt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei die Oszillation des Betriebsmediums durch eine gefederte Masse (13) erzeugt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei die Masse (13) gedämpft wird.

15. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Betriebsmedium ein magnetisches Fluid aufweist oder durch ein magnetisches Fluid gebildet ist und die Oszillation durch ein magnetisches Wechselfeld erzeugt wird.

Claims

1. A device (1) for converting thermal energy into mechanical energy by means of a cyclic process with a heat exchanger (4), a storage unit (3) for an operating medium, a supply line (5), a turbine (2) and a return line (6) with at least one feed-back device (9), **characterized in that** the turbine (2) is designed as a disc rotor turbine with complete condensation of the operating medium, thereby eliminating the need for a separate condenser.

2. The device (1) according to claim 1, wherein the turbine (2) designed as a disc rotor turbine has multiple discs arranged rotatably side by side on an axis in a housing, wherein the surfaces of the discs are provided with microstructures.

3. The device (1) according to claim 1, wherein the turbine (2) designed as a disc rotor turbine has multiple discs arranged rotatably side by side on an axis in a housing and in the housing has an inlet nozzle assembly with a geometry that allows injection of the operating medium between the discs.

4. The device (1) according to claim 1, wherein the turbine (2) designed as a disc rotor turbine has multiple discs arranged rotatably side by side on an axis in a housing and in the housing has an inlet nozzle assembly with a geometry that allows generation of a rotating jet of the operating medium.

5. The device (1) according to any one of claims 1 to 4, wherein at least one valve (7) is provided between the turbine (2) and the storage unit (3), and the feed-back device (9) is designed to generate a temporally varying force on the operating medium, in order to create a pressure oscillation in the operating medium, wherein it is preferably provided that the feed-back device (9) is designed as a resonance tube (11).

6. The device (1) according to claim 5, wherein the feed-back device (9) comprises field coils (16) that generate a magnetic field.

7. The device (1) according to any one of claims 1 to 6, wherein the at least one valve (7) is arranged between a turbine outlet and the storage unit (3), which allows a flow of the operating medium from the turbine outlet to the storage unit (3) and prevents a flow in the opposite direction, wherein it is preferably provided that the at least one valve (7) is implemented as a valve (7) without moving parts, in particular as a Tesla valve.

8. A method for converting thermal energy into mechanical energy in a cyclic process, with a device (1) according to any one of claims 1 to 7, wherein heat energy is supplied to an operating medium in a storage unit (3), wherein the operating medium is vaporized and/or pressure in the operating medium is increased, after which the operating medium releases energy in a turbine (2), after which the operating medium is returned to the storage unit (3), **characterized in that** complete condensation of the operating medium takes place in the turbine (2), thereby eliminating the need for a separate condenser.

9. The method according to claim 8, wherein the operating medium reaches a supercritical state, in particular at a pressure of more than 74 bar, pref-

erably at a pressure of more than 100 bar, and condensation from the supercritical state to a gaseous state and a liquid state takes place in the turbine.

10. The method according to claim 8 or 9, wherein pressure and temperature are measured in a return line (6) and compared with a pressure and a temperature in a supply line (5), wherein a flow rate of the operating medium in the return line (6) is regulated by a valve (7) arranged in the return line (6).

11. The method according to any one of claims 8 to 10, wherein
a return of the operating medium from the turbine (2) to the storage unit (3) with an increase in pressure of the operating medium is carried out by means of the feed-back device (9), with which a temporally varying force is applied to the operating medium.

12. The method according to any one of claims 8 to 11, wherein
the operating medium is subjected to oscillation, in particular resonance, by the feed-back device (9), wherein it is preferably provided that the oscillation of the operating medium is generated by a resonance tube (11).

13. The method according to claim 12, wherein
the oscillation of the operating medium is generated by a spring-loaded mass (13).

14. The method according to claim 13, wherein
the mass (13) is damped.

15. The method according to claim 12, wherein
the operating medium comprises a magnetic fluid or is formed by a magnetic fluid and the oscillation is generated by a magnetic alternating field.

Revendications

1. Dispositif (1), destiné à transformer de l'énergie thermique en énergie mécanique au moyen d'un processus cyclique, à l'aide d'un échangeur thermique (4), d'un accumulateur (3) pour un fluide de service, d'une conduite aller (5), d'une turbine (2) et d'une conduite retour (6) avec au moins un système de renvoi (9), **caractérisé en ce que** la turbine (2) est conçue sous la forme d'une turbine à rotor en disque à condensation complète du fluide de service, ce qui permet de renoncer à un condensateur séparé.

2. Dispositif (1) selon la revendication 1, la turbine (2) conçue sous la forme d'une turbine à rotor en disque comportant plusieurs disques placés en rotation côte à côte sur un axe dans un carter, les surfaces des disques étant munies de microstructures.

3. Dispositif (1) selon la revendication 1, la turbine (2) conçue sous la forme d'une turbine à rotor en disque comportant plusieurs disques placés en rotation côte à côte sur un axe dans un carter et dans le carter un porte-buse d'entrée d'une géométrie qui permet une injection du fluide de service entre les disques.

4. Dispositif (1) selon la revendication 1, la turbine (2) conçue sous la forme d'une turbine à rotor en disque comportant plusieurs disques placés en rotation côte à côte sur un axe dans un carter et dans le carter un porte-buse d'entrée d'une géométrie qui permet de générer un jet en rotation du fluide de service.

5. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, entre la turbine (2) et l'accumulateur (3) étant prévue au moins une soupape (7) et le système de renvoi (9) étant conçu pour générer sur le fluide de service une force variant dans le temps, pour générer une vibration de pression, étant prévu de préférence que le système de renvoi (9) soit conçu sous la forme d'un tube de résonance (11).

6. Dispositif (1) selon la revendication 5, le système de renvoi (9) comportant des bobines inductrices (16), qui génèrent un champ magnétique.

7. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, l'au moins une soupape (7) étant placée entre une sortie de turbine et l'accumulateur (3), qui permet une circulation du fluide de service de la sortie de turbine vers l'accumulateur (3) et qui l'empêche dans la direction opposée, étant prévu de préférence que l'au moins une soupape (7) soit réalisée sous la forme d'une soupape (7) sans parties mobiles, notamment d'une soupape Tesla.

8. Procédé, destiné à transformer de l'énergie thermique en énergie mécanique dans un processus cyclique à l'aide d'un dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans un accumulateur (3) de l'énergie thermique étant alimentée vers un fluide de service, le fluide de service étant évaporé et / ou une pression dans le fluide de service étant augmentée, suite à quoi, le fluide de service restituant de l'énergie dans une turbine (2), suite à quoi, le fluide de service est recyclé dans l'accumulateur (3), **caractérisé en ce que** dans la turbine (2) a lieu une condensation complète du fluide de service, en conséquence de quoi, il peut être renoncé à un condensateur séparé.

9. Procédé selon la revendication 8, le fluide de service atteignant un état supercritique, notamment à une pression supérieure à 74 bar, de préférence à une pression supérieure à 100 bar, et dans la turbine ayant lieu une condensation de l'état supercritique en un état gazeux et en un état liquide.

10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, dans une conduite retour (6) étant mesurées la pression et la température et étant comparées avec une pression et une température dans une conduite aller (5), un débit du fluide de service dans la conduite retour (6) étant réglé par une soupape (7) placée dans la conduite retour (6).

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, un recyclage du fluide de service de la turbine (2) dans l'accumulateur (3) ayant lieu sous augmentation de la pression du fluide de service au moyen du système de retour (9), à l'aide duquel une force variant dans le temps est appliquée sur le fluide de service.

12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, le fluide de service étant amené en oscillation, notamment en résonance par le système de renvoi (9), étant prévu de préférence que l'oscillation du fluide de service soit générée par un tube de résonance (11).

13. Procédé selon la revendication 12, l'oscillation du fluide de service étant générée par une masse (13) suspendue.

14. Procédé selon la revendication 13, la masse (13) étant amortie.

15. Procédé selon la revendication 12, le fluide de service comportant un fluide magnétique ou étant constitué par un fluide magnétique et l'oscillation étant générée par un champ magnétique alternatif.

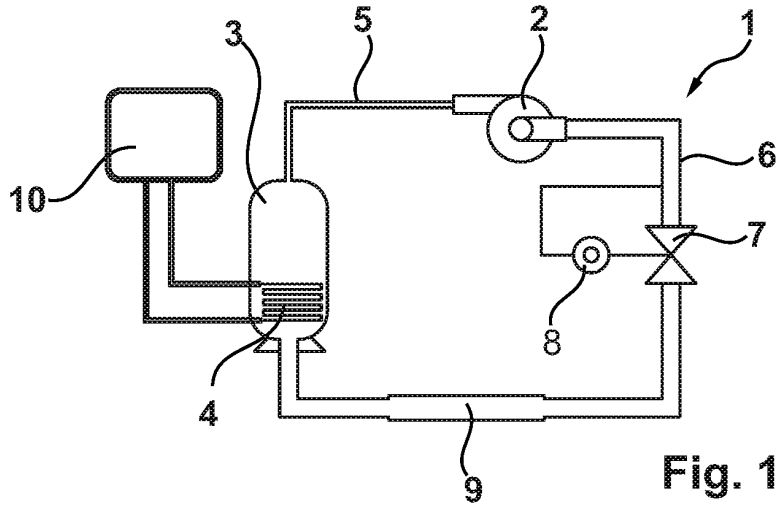


Fig. 1

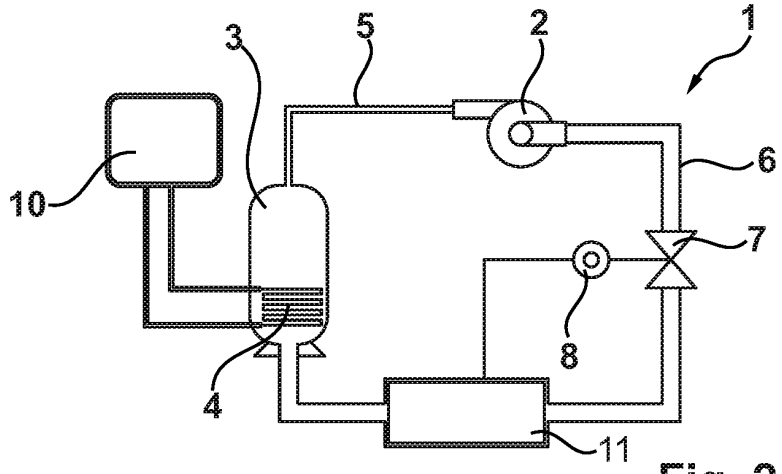


Fig. 2

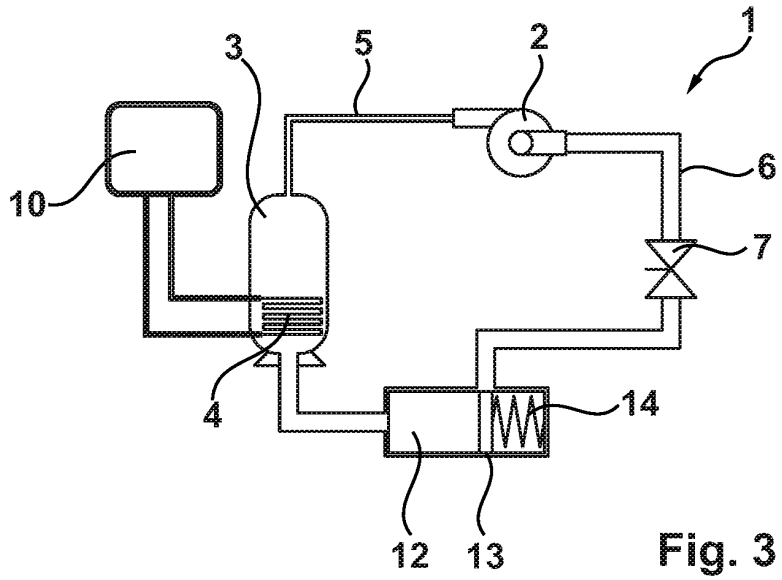


Fig. 3

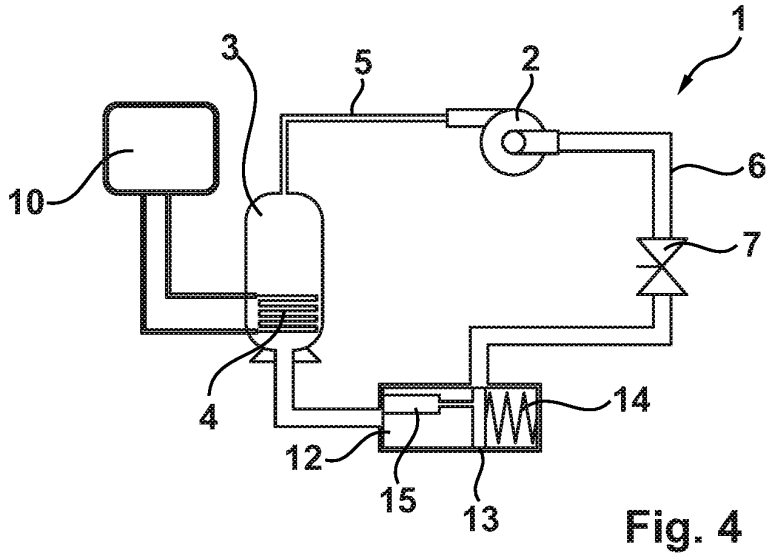


Fig. 4

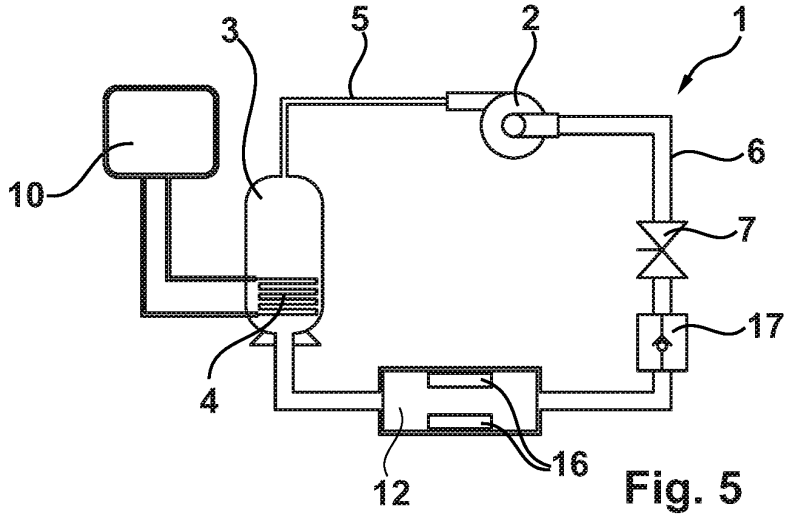


Fig. 5

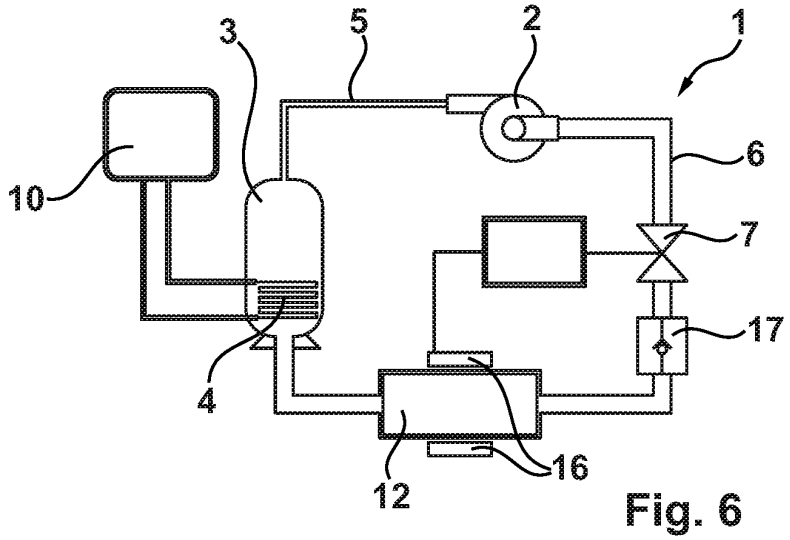


Fig. 6

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

- EP 3056694 A1 **[0004]**
- DE 10126403 A1 **[0005]**
- EP 2415976 A1 **[0006]**
- CN 102817799 A **[0006]**